SLUTTRAPPORT

Prosjekt Ocean Farm 1

OCEAN FARMING
A SALMAR COMPANY

SAMMENDRAG

Fiskeridirektoratet åpnet i november 2015 for tildeling av Utviklingstillatelser innen akvakultur. Utviklingstillatelsene er en midlertidig ordning med særtillatelser som kan tildeles prosjekter som innebærer betydelig innovasjon og betydelige investeringer. Formålet er å legge til rette for utvikling av teknologi som kan bidra til å løse en eller flere av de miljø- og arealutfordringene som akvakulturnæringen står overfor, for eksempel ved konstruksjon av prototyper og testanlegg, industriell design, utstyrsinstallasjon og fullskala prøveproduksjon. Prøveordningen opphørte i november 2017.

SalMar etablerte i 2014 sitt eget «prosjekt»-selskap, Ocean Farming AS, som fikk som mandat å utvikle, bygge og drifte de første årene et havbasert oppdrettsanlegg for laks. Grunnfilosofien for gjennomføringen av oppgaven var at prosjektet skulle gjennomføres i henhold til praksis fra norsk oljeindustri, hvor grunnlagsdokumentet for gjennomføring av prosjektet skulle være en «Plan for utvikling og drift». Gjennom 2015 inngikk OF samarbeidsavtaler med aktuelle leverandører for bygging av Havmerde-anlegget.

Ocean Farming AS (OF) søkte 27. november 2015 om tildeling av tillatelser til sitt prosjekt Havbasert Fiskeoppdrett, Ocean Farm 1 (OF1). OF1 er et fullskala pilotanlegg med et vesentlig høyere antall fisk og biomasse i forhold til en konvensjonell merde. I brev fra Fiskeridirektoratet datert 26.2.2016 ble OF tildelt 8 Utviklingstillatelser for realisering av OF1. Tildelingen forutsatte at prosjektet ble gjennomført i henhold til direktoratets krav i tilsagnet om Utviklingstillatelser samt OF sine egne forutsetninger og krav. En sluttrapport skal utarbeides når prosjektet ansees gjennomført i tråd med vilkårene. Med denne sluttrapporten anser OF at de fastsatte målkriterier for å være oppfylt.

OF anser prosjektet gjennomført iht. gitte krav pr. utgangen av november 2019. Denne sluttrapporten gir en evaluering av resultatene og gjennomføringen av prosjektet.

Byggefasen av anlegget startet 1.3.2016. En milepel for prosjektet var utsett av fisk i anlegget før 1.10.2017, noe som tilsa en meget stram tidsplan for bygging. Anlegget ble bygget i Kina med store utstyrsleveranser fra Norge. Transporten fra verftet startet juni 2017. Installasjon og ferdigstillelse av OF1 på Frohavet ble utført i september, og anleggssertifikat i henhold til NYTEK-forskriften ble godkjent 27.9.2017. Opprinnelig investeringsestimat ved start bygging av anlegget var 665 MNOK. Sluttkostnaden ble 720 MNOK. Kostnadsøkningene skyldes tilført nytt arbeid, ekstraordinære valutaeffekter, akselerasjon av tidsplan ved verft og skipstransport.

Første fisk ble satt ut i anlegget den 27.9.2017. Oppdrettsperioden varte til 20.1.2019 – da ble siste uttak av fisk avsluttet. Parallelt med utsett av smolt ble det satt ut rensefisk (rogn-kjeks, grøngylt og berggylt). Andre utsett av fisk startet 22.8.2019. Ved utgangen av november 2019 har således anlegget vært operativt i 26 måneder.

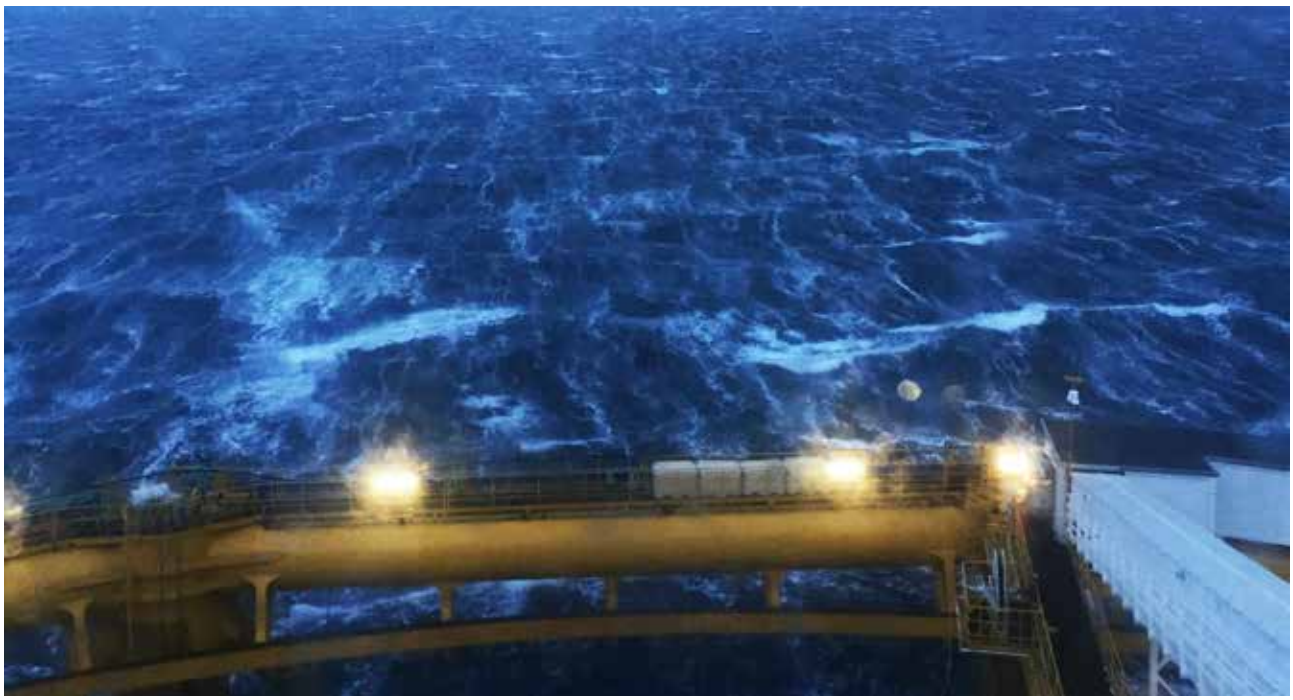
De første 12 månedene av første utsett av fisk viste meget positive resultater mht. fiskehelse, tilvekst og dødelighet av fisk. Standardavviket for fiskens størrelse ble også redusert gjennom produksjonen. I perioden november til desember 2018 økte dødeligheten noe grunnet Cardiomyopati-CMS, samt sår som følge av håndtering / slitasjeskader i forbindelse med uttak av fisk. Slitasjeskader var en konsekvens av en teknisk svakhet i design i uttakssonen for fisk. Dette ble er modifisert og utbedret underveis i leveringsperioden. Total dødelighet gjennom første utsett av fisk ble 7%. Det har ikke vært behov for avlusing i perioden. Helsekontroll av fisken fra utsett til utslakting er utført av Åkerblå. Resultater etter de første tre månedene av andre utsett av fisk viser så langt meget tilfredsstillende resultater av tilvekst og fiskevelferd for laks.

OF1 har opplevd en alvorlig uønsket hendelse etter at anlegget ble satt i drift. Hendelsen inntraff natt til 3. september 2018 etter at vanninntrengning i skyveskottet medførte at anlegget krenget slik at ytre ring kom ned i havflaten. Dermed oppsto det mulighet for fisk å svømme ut mellom øvre del av nettingstrukturen. Ocean Farming har utarbeidet en rapport til Fiskeridirektoratet om hendelsen, dens årsaker, konsekvenser (rømt fisk) og tiltak for å unngå en tilsvarende hendelse i fremtiden.

Et program for å dokumentere driftsfasen ble utviklet før anlegget ble satt i drift. Dette omfattet praktisk uttesting av anlegget, HMS for personell, fiskevelferd og ytre miljø. Læring og erfaringer fra denne «piloteringsfasen» har medført at OF har iverksatt 14 oppgraderings- og forbedringsprosjekter slik at anlegget pr. november 2019 ansees å være fullt ut i henhold til opprinnelige planer og krav. Kostnadene for disse prosjektene har medført en økning i planlagte driftsinvesteringer på 157 MNOK. Som et ledd i denne prosessen har DNV GL utført en uavhengig gjennomgang av prosjektet pr. november 2019 som understøtter OF sin vurdering.

Norske industrielle leveranser utgjorde over 50% av de samlede investeringene i OF1-prosjektet.

OF har vektlagt å inkludere driftspersonell under byggingen av anlegget. Dette for å sikre kvalitet i utførelse av arbeidene og for



at driftspersonell skal lære utstyret og anlegget å kjenne, og for å bygge et sterkt eierskap i prosjektet. Kompetansekrav til driftspersonell for dette anlegget vil være ulik i forhold til et konvensjonelt anlegg. OF har derfor sammen med NTNU Ocean Training, Kongsberg Maritime og Global Maritime utviklet kursprogram som blant annet dekker drift og stabilitet. Dette programmet ble gjennomført før anlegget ble satt i drift. Et revidert kursopplegg for alle ansatte ble gjennomført ved NTNU i februar 2019, med et særskilt fokus på sikkerhet under drift («safety awareness»).

Driftspersonellet har vært fordelt på 3 skift der de er 9 dager om bord og har 12 dager fri samt at det er 2 dager med overlapp mellom hvert skift. Slik sikres overføring av erfaringer mellom skiftene. Det er blitt rapportert om en fraværsskade i driftsperioden.

Ocean Farming har sammen med Kongsberg Maritime gjennomført et eget teknologiprogram for overvåkning av fisk og ytre miljø. Resultatet er at OF1 nå har installert et verktøy for å kunne overvåke og understøtte styring av anlegget/operasjoner. Formålet er å oppnå effektiv drift, god fiskevelferd samt overvåkning av påvirkning av ytre miljø/bærekraft. NTNU er blitt knyttet til programmet slik at erfaringer fra prosjektet kan videreføres inn i relaterte undervisningsmiljøer. Som et ledd i dette inngikk SalMar i desember 2017 en avtale om et femårig gaveprofessorat innen akvakultur kybernetikk.

Ecotone har på oppdrag fra OF utført en kartlegging av tilstanden på havbunnen under anlegget før og etter første utsett av fisk. Metoden er hyperspektral avbildning. Resultatene viser en marginal påvirkning av bunnforholdene. NTNU gjennomførte i perioden mai–september 2018 målinger av øvre vannlag fra prøvestasjon nedstrøms fra OF1 samt en referansestasjon antatt å være lite påvirket av OF1. Økologisk tilstand for begge stasjonene vurderes som meget god, ikke forskjellig fra naturtilstanden i og utenfor Frohavet. I forbindelse med utsett 2 av fisk gjennomførte Ecotone i oktober 2019 en ny kartlegging av havbunnen underanlegget som referanse for dette utsettet.

I oktober 2019 besluttet SalMar å etablere et eget selskap, SalMar Ocean AS, hvis oppgave er å videreutvikle havbasert fiskeoppdrett i eksponerte farvann. Ocean Farming sitt personell, erfaring og kompetanse vil danne grunnlaget i dette nye selskapet. Drift av OF 1 inngår i det nye selskapet.

Denne sluttrapporten gir en deskriptiv fremstilling omkring gjennomføring, læring og forbedring av Ocean Farm 1 prosjektet. Videre er denne rapport søkt tilrettelagt på en måte som gjør at kunnskapen opparbeidet gjennom utviklingsprosjektet kommer hele næringen til gode. Alle sentrale aktører som har deltatt i prosjektet er listet i rapportens vedlegg 2. Navngitte leverandører vil besitte underliggende kunnskap og kompetanse, erfaringer og teknisk detaljinformasjon fra prosjektet som hele næringen og andre kan benytte seg av.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Innledning **5**

2 Plan for utvikling og drift **6**

3 Byggefase, inklusiv transport og installasjon **7**

4 Operasjonsresultater **9**

4.1 Organisering 9

4.2 HMS og arbeidsmiljø for personell 9

4.3 Fisk – foring, tilvekst og fiskevelferd 9

4.4 Teknologiprogram for overvåkning av fisk og miljø 14

4.5 Ytre miljø 16

4.5.1 Sjøbunnskartlegging av fauna/sedimenter 16

4.5.2 Påvirkning av vannmassene 17

4.6 Alvorlig uønsket hendelser 18

5 Erfaringer/læring - OF 1 oppgraderings- og forbedringsprosjekter **20**

5.1 Forbedringsprosjekter til opprinnelig design 20

5.2 Klassenotasjon av OF1 i DNV GL 23

5.3 Studie av neste generasjon OF-anlegg 23

6 Evaluering av OF1-prosjektet **24**

7 Videre planer **25**

Vedlegg **26**

Dokumentnummer: OF_SR_16122019
Utarbeidet av: Gunnar Myrebøe
Godkjent av: Arvid Hammernes

1 Innledning

Ocean Farming (OF) ble i tilsagnsbrev fra Fiskeridirektoratet datert 26.2.2016 tildelt 8 Utviklingstillatelser for realisering av sitt pilotprosjekt Havbasert Fiskeoppdrett.

Fiskeridirektoratet har i kapittel 6.8 «Fremdriftsrapportering og målkriterier» punkt 6.2 i dette brevet nedfelt følgende krav til dokumentasjon:

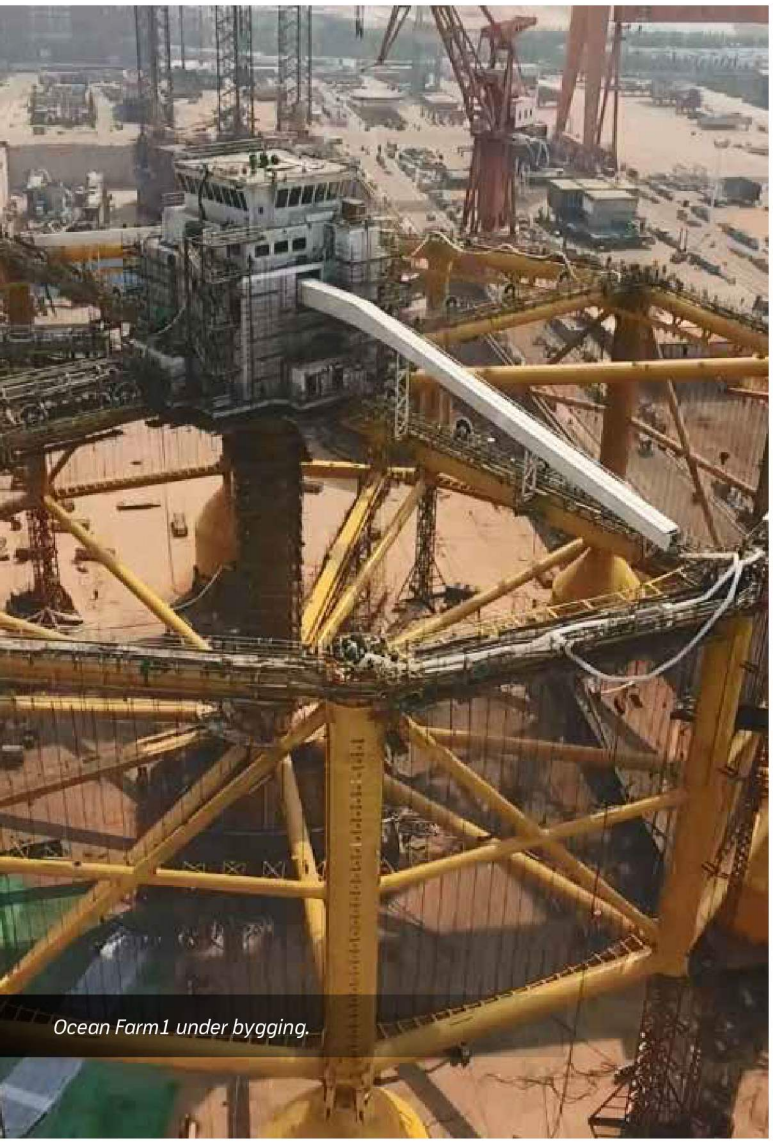
Prosjektet skal utarbeide og fremlegge for Fiskeridirektoratet en sluttrapport som inneholder resultatene fra programmet beskrevet i punkt 5.1. Sluttrapporten skal med utgangspunkt i resultatene inneholde en evaluering av prosjektet.

Denne sluttrapporten oppsummerer erfaringer fra OF1-prosjektet fra definert startdato 01.01.2015 til dato for utført uavhengig gjennomgang av prosjektet 01.12.2019.

Gjennom denne sluttrapporten, og underveis i utviklingsfasen, mener Ocean Farming at vi har dokumentert utviklingsprosjektet på en metodisk forsvarlig måte, jfr. laksetildelingsforskriftens § 23b fjerde ledd, første punktum. Videre er denne rapport søkt tilrettelagt på en måte som gjør at kunnskapen opparbeidet gjennom utviklingsprosjektet kommer hele næringen til gode, jfr. forskriftens § 23b fjerde ledd annet punktum.

Sluttrapporten inneholder også betydelig informasjon om innhold i leveranser fra underleverandører. Det er avklart med disse at denne informasjon i denne sluttrapport fra Ocean Farming ikke inneholder opplysninger som det er behov for å unnta fra offentlighet. Som grunnlag for prosjektet har imidlertid involverte leverandører utarbeidet i sum titusenvis av sider med analyser, tegninger og øvrig dokumentasjon av design. Alt dette er materiale som vil være tilgjengelig for næringen, og leverandører som måtte ønske å delta i konkurransen om fremtidig utstyrsleveranse til næringen. For Ocean Farming er det ikke behov for å unnta noe av dette underliggende, detaljerte materiale fra offentlighet. Det vil for oss heller ikke komme i strid med patentrettslige interesser, jfr. Nærings- og fiskeridepartementets beskrivelse av unntak for slike tilfeller i retningslinjer om utviklingstillatelser. Denne sluttrapport inneholder informasjon og link til alle viktige leverandører til OF 1, slik at interessenter kan ta direkte kontakt med disse. Det vil også være mest relevant og forsvarlig faglig, etter som disse innehar den mest detaljerte og oppdaterte kunnskap om sine leveranser.

OF har i prosessen avklart kravet om kunnskapsdeling med alle leverandørene til OF 1, og alle av disse har en omfattende informasjon om sin leveranse som er tilgjengelig for næringens utøvere eller andre som har ønske om en kommersiell eller forskningsmessig bruk av denne kunnskapen. I den grad det underliggende, detaljerte materiale inneholder forretningssensitiv informasjon som av den grunn må unntas offentlighet, vil den enkelte leverandør måtte vurdere dette på selvstendig grunnlag. Alle leverandørene har omfattende kunnskap om OF 1 som de ønsker å stille til disposisjon for utøvere i næringen som ønsker å benytte dette for å utvikle sin virksomhet.



Ocean Farm1 under bygging.

Transport fra Kina til Norge

2 Plan for utvikling og drift av OF1

SalMar etablerte i 2014 sitt eget «prosjekt»-selskap, Ocean Farming AS, som fikk som mandat å utvikle, bygge og drifte første året et havbasert oppdrettsanlegg for laks. Kompetanse fra norsk offshore industri og norsk oppdrettsindustri var grunnleggende. OF utarbeidet sitt eget styringssystem for oppgaven, og selskapet fikk sitt eget styre.

Grunnfilosofien for gjennomføringen av oppgaven var at prosjektet skulle gjennomføres i henhold til praksis fra norsk oljeindustri, hvor grunnlagsdokumentet for gjennomføring av prosjektet skulle være en «Plan for utvikling og drift». Et OF-lederteam skulle benytte leverandører som ansees som særskilt kompetente, hadde ressurser og entusiasme for å gjennomføre dette fullskala pilotprosjektet.

Gjennom 2015 inngikk OF samarbeidsavtaler med alle aktuelle leverandører for bygging av Havmerde-anlegget (se vedlegg 2). Alle leverandører skulle utføre eget designarbeid (etter regning) og klargjøre for signering av byggekontrakter. Global Maritime AS (GM) koordinerte alle leverandørers designarbeid, inklusivt krav til detaljdesign for en verftskontrakt.

Gjennom prosjekteringen av havmerden har man søkt å utvikle en driftsmodell som kan bidra til å åpne mer åpne havområder for fiskeoppdrett.

Skroget til havmerden består av en halvt nedsenkbar fagverk-konstruksjon. Ballasttanker er arrangert i bunn for å kunne heve/senke innretningen fra operasjonskondisjon til inspeksjonskondisjon mellom hvert utsett av fisk. En sentermodul plassert over hoveddekk inneholder blant annet kontrollrom, boligkvarter, siloer for lagring av fiskefôr, maskinrom og laboratorium.

Nettingstrukturen består av et rigid hovednett som dekker sider og bunn av havmerden. Den er festet til skroget ved forspente liner. Et ytre sekundærnett dekker hele omkretsen av merden fra hoveddekk ned til og med skvalpesonen. Både nett og fiberliner besår av Dyneema fiber dekket av polyuretan.

Havmerden har et integrert trengearrangement for håndtering av fisk. Det består av et roterende skyveskott med en nedsenk- bar rigid nettingstruktur samt to faste skott med nedsenkbar rigide nettingstruktur. Dette gjør det mulig å dele anlegget inn i 3 soner. Den ene av sonene har en hevbar bunn og benyttes til bl.a. uttak av fisk for lasting over i brønnbåt. Med dette systemet vil all håndtering av fisk kunne foregå inne i anlegget uavhengig av den ytre nettingstrukturen.

Skyveskott er utrustet med børster for å samle død fisk som pumpes opp via sentersøylen til havmerden. Det er også utrustet med en høytrykks spylerigg for vasking av hovednett.

Forankringssystemet består av åtte liner som er satt sammen av fiber, kjetting og ankre.

Installasjon ute på Frohavet

3 Byggefase, inklusive transport og installasjon

Det er utarbeidet en egen rapport for prosjekterings- og byggefasen av Ocean Farm 1. Følgende erfaringer er beskrevet og oppsummert i nevnte rapport:

Organisering

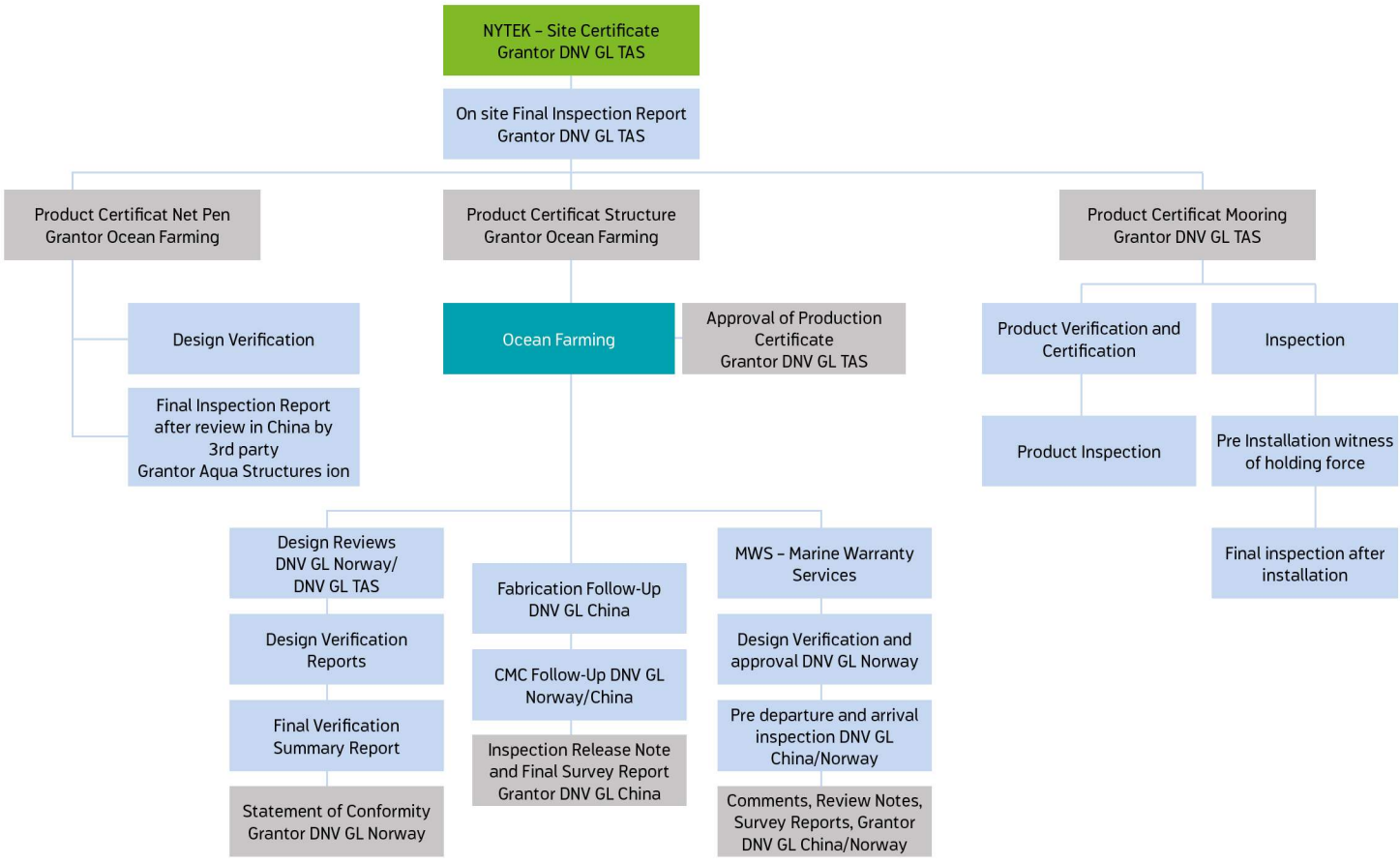
Valgt modell for organisering og gjennomføring av prosjekterings- og byggefasen av anlegget har fungert godt.

Regelverk

For å kunne overholde krav til sikkerhetsnivå i NYTEK-forskriften har OF lagt til grunn at man skal ha et tilsvarende sikkerhetsnivå for dette anlegget som for en «Mobile Offshore Drilling Unit» (MODU) på norsk sokkel. DNV GL ledet en prosess hvor man har benyttet oljeindustriens tilnærming for en samsvarsuttalelse («Acknowledgement of Compliance» – AoC). Resultatet av denne prosessen er oppsummert i en egen «Regulatory Framework» for Havmerd-anlegget. Dette er en metode som er godt egnet for å kunne dokumentere krav til sikkerhetsnivå for pilotprosjekter hvor design avviker fra kjente og utprøvde konsepter.

Gjennom designfasen har DNV GL vurdert designløsninger opp mot det etablerte regelverket. Dette har vært en tids- og ressurskrevende prosess som med det har fungert som en tilsvarende grundig kvalitetssikringsprosess.

Figur 3.1 viser prosessen fra tredje parts uavhengig verifikasjon av design til utstedelse av anleggssertifikat for OF1.



Figur 3 Diagram sertifisering utført av DNV GL

Byggefase 2016–2017
OF mottok meldingen om tildeling av utviklingstillatelser 28.2.2016. Dette medførte en beslutning om å realisere prosjektet og påbegynne byggefasen 1.3.2016. Et viktig tema for OF styre var i hvilken grad utsatt dato for byggestart (i forhold til grunnplan startdato 1.1.2016) risikoeksponerte dato for utsett av fisk til våren 2018. Det ble besluttet å opprettholde målet om ferdigstillelse og første utsett av fisk innen 1.10.2017.

Installasjon av utstyr og testing av utstyr og anlegg ble gjennomført i perioden januar–mai 2017. Start for transport av anlegg ble 17.6.2016.

OF hadde et eget oppfølgingsteam på verftet ledet av OF teknisk prosjektleder. Gjennom de siste 12 månedene var også store deler av driftsorganisasjonen i Kina for oppfølging/læring.

Tatt i betraktning den stramme tidsplanen for bygging av anlegget ansees denne fasen som meget krevende, men godt gjennomført av alle parter.

Transport av anlegg
Verftet var ansvarlig for transport av anlegget fra Kina til lokalitet på Frohavet. For å sikre tilfredsstillende seilingstid ble en taubåt fra Solstad Offshore (tidligere Farstad Offshore) knyttet opp fra Singapore. Dette var operativt meget vellykket og medførte at seilingstiden ble på 80 dager, hvorav 7 var venting på vær rundt Sør-Afrika.

Transportløsning for denne typen anlegg som Havmerden er tidkrevende og kostbar. Det må legges stor vekt på valg av egnet fartøy.

Forankringssystem og installasjon
Kontrakten for forankringssystem og installasjon av anlegg ble inngått i august 2016. Solstad Offshore utførte pre-installasjon av forankringssystem (mai 2017) og installasjon av Havmerden i september 2017.

Installasjonsarbeidene ble meget godt og effektivt utført.

Ferdigstillelse av anlegg
Respektive utstyrsleveranser ble i all hovedsak testet og sertifisert ved verft. Sjøtester av anlegget ble flyttet fra Kina til Norge grunnet tidsbesparelser og ble gjennomført rett etter ankomst i september 2017. I tillegg ble det i perioden 5.–26. september utført påkrevde opprettingsarbeider i henhold til krav i NYTEK-forskriften og NS9415.

DNV GL utførte en uavhengig tredjepartsverifikasjon av anlegget som resulterte i at DNV GL TAS kunne utstede et Anleggssertifikat 27. september 2017.

Samme dag ble OF1 formelt overført fra OF Prosjekt til OF Drift.

Kvalitet og HMS
Prosjektet er blitt gjennomført i henhold til «Styringssystem for Ocean Farming AS». Det er ikke blitt rapportert om personskader fra noen av utstyrsleverandørene i byggefasen. Verftet har rapportert to fallhendelser uten varige skader eller fravær.

Investerings-estimat
Kostnadsestimat ved start av bygging av anlegget (1.3.2016) var 665 MNOK. Sluttkostnad per 16.2.2018 viser total investeringskostnad lik 720 MNOK.

Kostnadsøkningene skyldes tilført nytt arbeid (15 MNOK), ekstraordinære valutaeffekter (10 MNOK) og akselerasjon av tidsplan verft/skipstransport (30 MNOK).

Overlevering av anlegg til driftsorganisasjonen
Anlegget ble satt i drift etter utstedelse av anleggssertifikat fra DNV GL den 27. september 2017.

Ocean Farming hadde etablert en plan i samarbeid med alle leverandører hvor det ble påkrevd testing av utstyr/systemer i driftsfasen for å bekrefte definerte funksjonskrav og ytelser. Testperioden varte ut første kvartal 2018.

Testperioden viser at de ulike systemene i hovedsak fungerer i henhold til definerte krav. Anleggets bevegelseskarakteristikk når det eksponeres for miljøkrefter fra vind, bølger og strøm er i overensstemmelse med utførte analyser.

Under testperioden har man imidlertid identifisert forbedringsmuligheter for flere av systemene på anlegget. Dette er nærmere omtalt i kapittel 5.

4 Operasjonsresultater

Dette kapittelet oppsummerer operasjonelle resultater fra anlegget ble satt i drift 27.9.2017 frem til en til dato for utført uavhengig gjennomgang av prosjektet 01.12.2019. Anlegget har således vært i drift i en periode på 26 måneder. Første produksjonssyklus ble utført i perioden 27.9.2017 til 20.01.2019. Andre produksjonssyklus er pågående hvor utsett av fisk startet 22.8.2019.

4.1 Organisering

OF har vektlagt å inkludere driftspersonell under byggingen av anlegget. Dette ble gjort for å sikre kvalitet i utførelse av arbeidene og for at driftspersonell skal lære utstyret og anlegget å kjenne, og for å bygge et sterkt eierskap i prosjektet. OF startet derfor rekruttering av driftspersonell medio 2016, og fra høsten 2016 ble flertallet av dette personellet integrert i OF sitt byggeteam på verft i Kina. Overlevering av anlegget fra OF Prosjekt til OF Drift ble således «sømløs».

Kompetansekrav til driftspersonell for dette anlegget vil være ulik i forhold til et konvensjonelt anlegg. OF har derfor sammen med NTNU Ocean Training, Kongsberg Maritime og Global Maritime utviklet et kursprogram som bla. dekker drift og stabilitet. Dette programmet ble gjennomført før anlegget ble satt i drift. Som en del av tiltak etter en alvorlig uønsket hendelse (ref. kap. 4.6) har man videreutviklet kursprogrammet.

Under utviklingen av driftsorganisasjonen har man videre vektlagt å etablere en turnus som skal ivareta en god kontinuitet av daglige operasjoner. Driftspersonellet er fordelt på 3 skift der de er 9 dager om bord og har 12 dager fri samt at det er 2 dager med overlapp mellom hvert skift. Slik sikres overføring av erfaringer mellom skiftene, og så langt har denne turnusen fungert meget godt.

Ocean Farming har utviklet operasjonsmanual for anlegget som igjen er integrert i selskapets styringssystem. Dette systemet dekker også alle elementene i ISM-koden da driften av anlegget har ren rekke likhetstrekk med drift av skip og flyttbare innretninger.

Man har også erfart at den operative organisasjonen på anlegget bør være mer lik som på et fartøy for best mulig å kunne ivareta daglig drift og beredskapssituasjoner.

4.2 HMS og arbeidsmiljø for personell

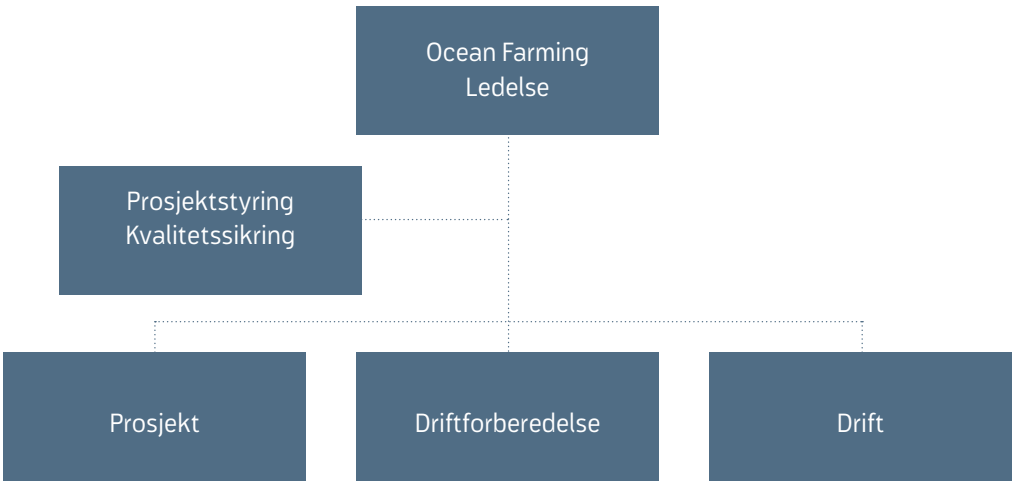
Mål: Dokumentere resultater med hensyn til arbeidsmiljø for personell om bord i anlegget.

Det er blitt rapportert om en fraværsskade i driftsperioden. Ingen ansatte i Ocean Farming har sluttet siden prosjektet startet. Det er rapportert om en sykemelding i driftsperioden.

4.3 Fisk – foring, tilvekst og fiskevelferd

Mål: Gjennomføre nedfelt fôringsstrategi for første utsett av fisk, og måle/analysere positive/negative effekter i forhold til forventet tilvekstkurve.

Den første produksjonssyklusen ble det mottatt 1 038 439 smolt med en snittstørrelse på 233 gram. For den andre produksjonssyklusen ble det mottatt 1 156 240 smolt med en snittstørrelse på 230 gram.



Figur 4.1.1 Organisasjonsstruktur for Ocean Farming

Fôring og tilvekst

Før anlegget ble satt i drift ble det utarbeidet en strategi der man startet med overvannsfôring og deretter gradvis introdusere undervannsfôring for å trekke fisken dypere i anlegget. Ved oppstart av den første produksjonssyklusen ble overvannsfôring benyttet de 4 første ukene. Deretter ble det kun benyttet undervannsfôring, foruten rutinemessige tester av overvannsfôringssystemet. Ved oppstart av den andre produksjonssyklusen ble perioden med overvannsfôring redusert til tre uker.

Det er gjort forsøk på å fôre på ulike dybder i anlegget og erfaringene så langt er at fisken følger utfôringspunktene uavhengig av dybde. Den dybden man oftest fôrer på ligger mellom 6-7 meter.

Hovedandelen av fôret som er benyttet har høyt energiinnhold. I tillegg ble det også benyttet fôringredienser som styrker fiskens eget forsvarssystem samt virker frastøtende på lakselus. Slike fôringredienser ble brukt på over halvparten av fôrvolumet. Fisken ble fôret etter registrert appetitt. Egne fôr til rensefisk ble gitt. Alle fôrkvaliteter ble levert av Skretting.

Det er blitt utført ukentlige individkontroller av fisken. Disse viser at størrelsesfordelingen av biomassen er jevn. Standardavviket for fiskens størrelse ble redusert fra 23 % til 18 % gjennom perioden fra smolt ble satt ut i merden til uttak av slaktefisk under første utsett av fisk.

Fra individkontroller og registrering ved slakting har man erfart at fisken fra OF1 har en kondisjonsfaktor på 1,24. Dette samsvarer med observasjoner med at fisken har hatt en mer langstrakt «villaks»-fasong med smalere haleparti enn tradisjonell oppdrettslaks. Foreløpige vurderinger er at et stort tilgjengelig areal og volum i merden kan bidra til denne utviklingen.

Tilveksten i OF1 fra utsett av fisk september 2017 til fisk ble satt på sulting har vært høyere enn forventet tilvekstkurve (ST100). Utfordringer med uttaksonen for fisk medførte at uttaket kom senere i gang enn planlagt. Dette medførte tapt utfôring og tilvekst på slutten av produksjonen. Dette illustreres av skjæringspunkt i figur 4.3.1.

Tettheten av fisk i merden var på det meste rundt 90 % av maksimal tillatt biomasse. I perioden med etablert uttakssone for fisk var tettheten av fisk på det meste rundt 97 % av maksimal tillatt biomasse.

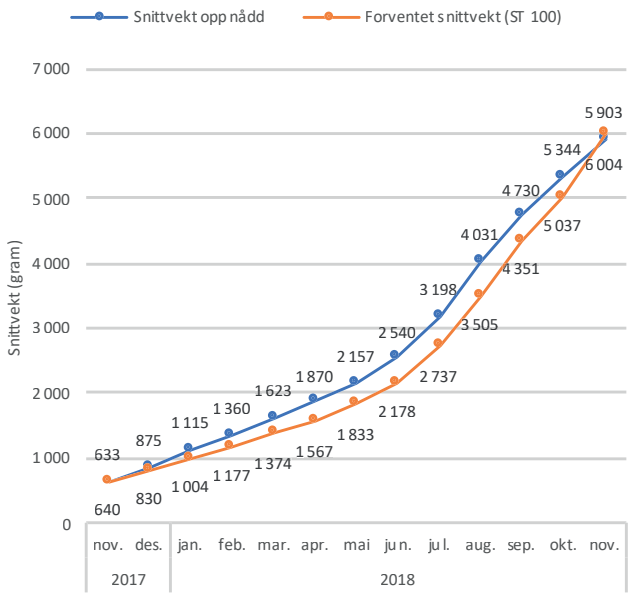
Tilveksten fra utsett av fisk i august 2019 ligger høyere enn forventet tilvekstkurve, ref. figur 4.3.2.

Fiskens oppførsel i OF1

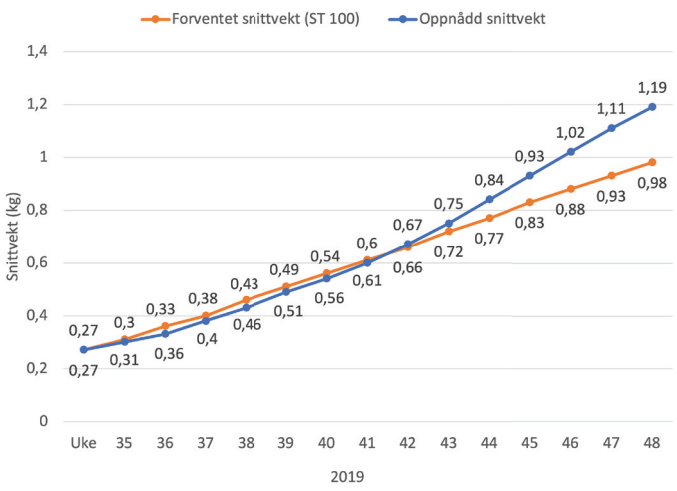
Observasjoner med ekkolodd viser følgende:

- Det er stor svømmeaktivitet i merda, fisken viser et mye rikere atferds-repertoar enn det KM har observert med ekkolodd i mindre merder (<200 000 fisk).
- Fisken viser tydelig respons på fôring.
- Fisken danner flere stimer enn KM har observert med ekkolodd i mindre merder.

Undervannsfôring



Figur 4.3.1 Biomasse tilvekstskurvefor produksjonsperioden. ST100 – Gjennomsnittlig tilveksthastighet oppnådd i Salmar de siste 5 kalenderår



Figur 4.3.2

- Fôring 6-10 m under vann gjør at fisken i lange perioder holder seg nede.
- Fiskens bruker hele merdvolumet uavhengig av vannstrøm
- Fisken viser karakteristisk døgnatferd

Bakgrunnsstøyen i merden er under hørbart område for laksen. Dette er nærmere beskrevet i vedlegg 3.

Velferdsindikatorer er også vurdert ifb. med individkontroller gjennom hele produksjonen.

Rensefisk

Parallelt med utsett av smolt er det blitt satt ut rensefisk. Man har benytter en kombinasjon av rognkjeks produsert av SalMar Settefisk og lokalfanget grøngylt og berggylt. Rensefisken fôres med fôrautomater, håndfôring og poser med pellet som henges ut på ulike steder og ulike dyp rundt merden. I andre utsett av fisk har man hatt forhøyet dødelighet på rensefisk der det har vært påvist tenacibaculum på rognkjeks og atypisk furunkulose på grøngylt og berggylt. I følge Åkerblå er ikke denne dødeligheten knyttet til drift eller forhold i havmerden.

Dødelighet laks

Dødeligheten gjennom første utsett av fisk har totalt sett vært lavere enn snittet for SalMar sine anlegg i samme region. Månedlig dødelighet av fisk var i snitt 0,28 % i de 12 første månedene og 0,61 % i perioden september – november 2018. I perioden november - desember økte dødeligheten noe grunnet Cardiomyopati-CMS, samt sår som følge av håndtering / slitasjeskader i forbindelse med uttak av fisk. Slitasjeskader var en konsekvens av en teknisk svakhet i design av fronten mellom hevbar nettingbunn og hovednetting i uttakssonen for fisk. Svakheten i fronten ble ikke avdekket før hevbar nettingbunn ble utsatt for belastningen av en betydelig biomasse under uttak av fisk. Overgangen mellom nettingene ble endret og problemet løst underveis i leveringsperioden. I etterkant av uttak av all fisk fra merden ble ILA og PD påvist på rutinemessige screeningpøver. Diagnosene ble ikke verifisert.

Akkumulert dødelighet i innværende utsett av fisk er 1,44 % per 1.12.2019.

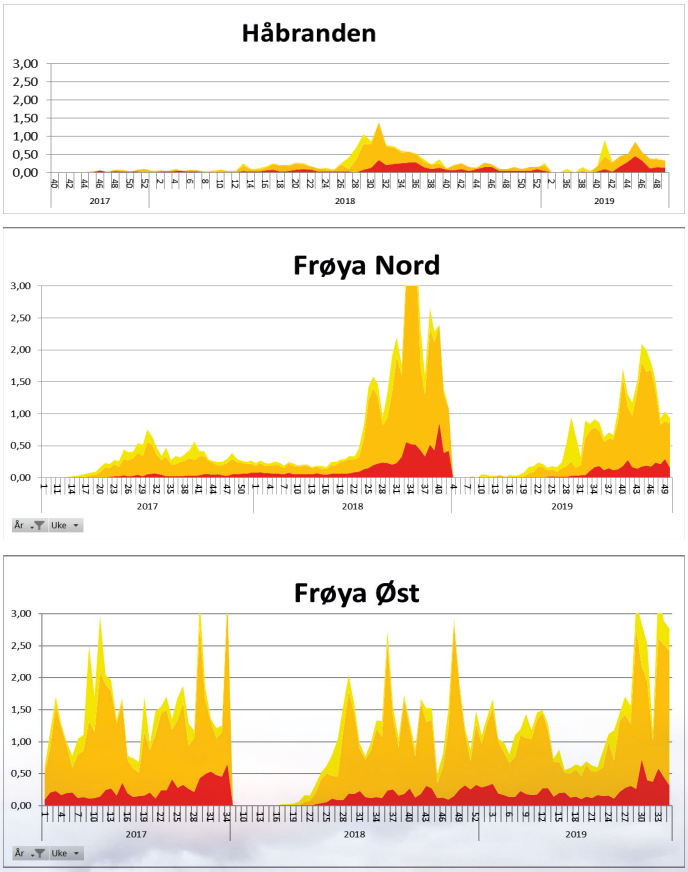
Det er ikke observert økt dødelighet eller skader på laks etter eller i forbindelse med uvær.

Svinn, rømning av fisk

Telling av fisk inn i anlegget og fisk ut av anlegget etter første produksjonssyklus viste en netto differanse på 15 887 fisk (1,5 % av fisk inn i anlegget). Mattilsynet sin rapport «Tap av laksefisk i sjø» viser at svinn fra oppdrettsanlegg typisk ligger mellom 1,3–2,3 %. I forbindelse med rømningshendelsen (kap. 4.6) ble tallet på gjenfangst 82 fisk. Vurderinger utført av Global Maritime indikerer at varighet for mulig rømning og åpning mot fri sjø for dette ansees som begrenset.

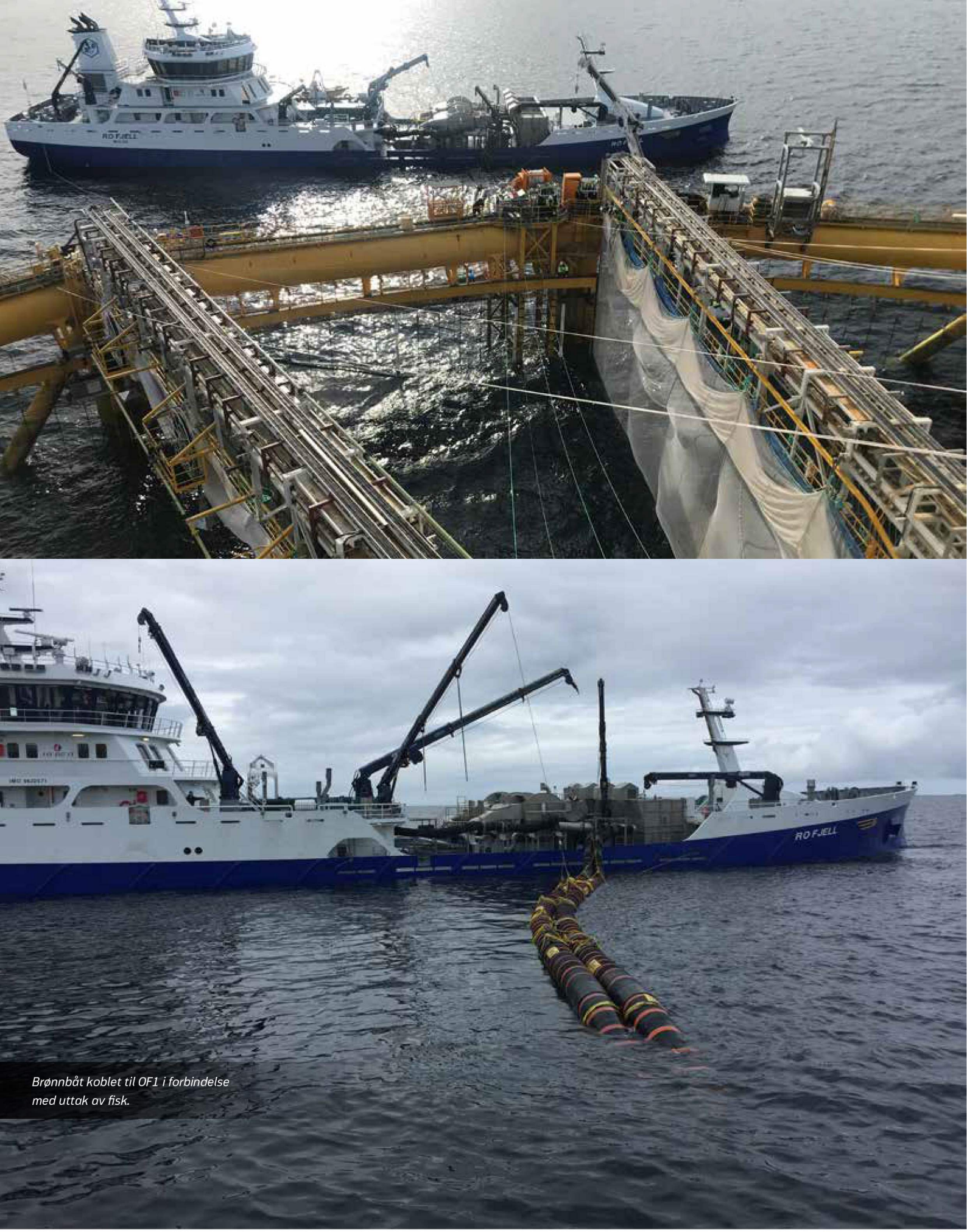
Lakselus

Det har ikke vært behov for avlusning som har medført håndtering av fisk. Figur 4.3.3. viser påslag av lakselus ved OF1 (Håbranden) sammenlignet med sonene Frøya Øst og Frøya Nord.



Figur 4.3.3 Statestikk lakselus. Kilde Havbruksdata.

Mottak av fiskefôr



Brønnbåt koblet til OF1 i forbindelse med uttak av fisk.

Helsekontroll
Åkerblå AS har ansvar for helsekontroll ved lokalitet Håbranden. De har laget en egne oppsummeringsrapporter vedrørende fiskevelferd og fiskehelse:

Resultater oppsummert fra rapporten G2017:

- **Fiskehelse og fiskevelferd** vurderes som totalt sett god under produksjon av første generasjon i havmerden på Håbranden. Det har vært god helse og moderat dødelighet på laks helt fram til oppstart utslakting. Rask vekst, godt hold, jevn størrelse og meget lav forekomst av tapere gjennom hele produksjonen tyder på god fôring hvor all fisk har tilgang på fôr. Det har ikke vært behov for avlusning, noe som har gitt kontinuerlig fôring og minimalt med håndtering.
- Det har vært en uheldig økning i dødelighet på grunn av **slitasje, sår og CMS** i november 2018 til januar 2019. Utløsende årsak er utfordringer med leveringsarrangementet som viste seg å ikke være optimalt utformet. Dette er modifisert og forbedret underveis i leveringsperioden.
- For **rensefisk** har det vært moderat forøket dødelighet, men det er ikke påvist regulære utbrudd av smittsom sykdom. Det observeres betydelige mengder rensefisk av god fiskehelse ved avsluttet produksjonsperiode.
- **Biosikkerhet** er tilfredsstillende ivaretatt. Det er egen båt for transport av personell som har egen kai uten kontakt med andre lokaliteter. Det er ikke benyttet sørvisbåter til oppdrag utover transport av utstyr og fôr. For levering av smolt er benyttet brønnbåt dedikert kun til smolt-transport. Rensefisk er transportert med båt spesialisert på rensefisk-transport.
- Grunnet kommunikasjonssvikt/misforståelse foreligger svar på PCR-prøver for desember 2018 etter endt utslakting. Prøvene viser positive for både **ILA-virus (deletært) og SAV2**. Ingen av diagnosene er verifisert. Både klinikk/obduksjon og histopatologi fra 08.01.2019 indikerer kun CMS, så det er ikke mistanke om klinisk ILA eller PD.

Resultater oppsummert fra rapporten G2019:

- **Fiskehelse og fiskevelferd** for laks vurderes som meget god i perioden fra utsett til og med november 2019. Laksen har godt hold, jevn størrelse og meget lav forekomst av tapere. Dette tyder på god fôring hvor all fisk har tilgang på fôr. Det har ikke vært behov for avlusning som krever håndtering. Det er ikke påvist spesielle sykdommer og ikke håndterings- eller miljørelaterte skader.
- **Fiskehelse og fiskevelferd for rensefisk** har vært til dels dårlig for alle arter. Årsak til at det generelt har vært høy dødelighet særlig på rognkjeks men også på leppefisk i 2019 er ukjent. Når det påvises de samme diagnosene på ulike anlegg tyder det på at utenforstående faktorer (f.eks. smittepress) er viktige og jeg kan ikke tilskrive dette særlig til drift eller forhold i havmerda.
- **Biosikkerhet** er tilfredsstillende ivaretatt. Rutiner som for G2017.

Mattilsynet har i perioden 27.09.2017–01.12.2019 utført tre tilsyn av OF1. Tilsynsrapportene er i sin helhet vedlagt denne rapporten.

Lasteslanger fra brønnbåt koblet til OF1.

Individkontroll

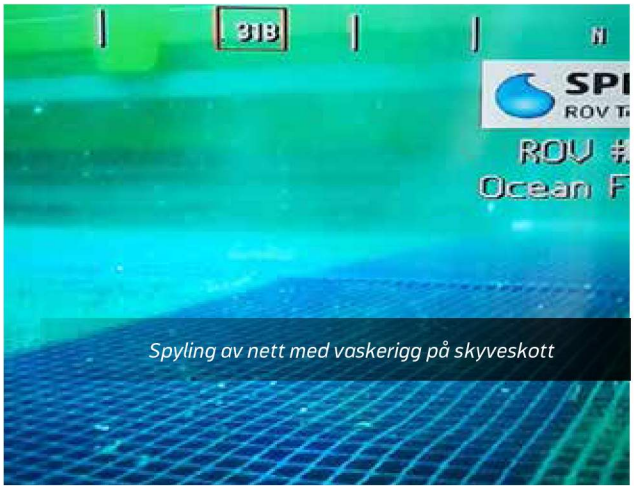
Skyveskott utrustet med børster og vaskerigg

4.4 Teknologiprogram for overvåkning av fisk og miljø

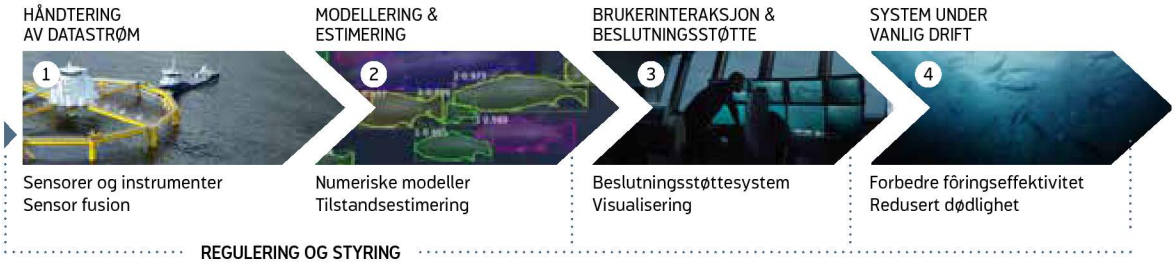
Mål: Optimalisere Havmerdeanlegget med hensyn til effektiv drift, fiskehelse og miljø/bærekraft.

Dette er et teknologiprogram som startet i 2016. Kongsberg Maritime er sentral i dette arbeidet godt støttet av NTNU miljøer. Som et ledd i dette arbeidet inngikk SalMar i desember 2017 et femårig gave-professorat med NTNU innen akvakultur-kybernetikk.

Kongsberg Maritime har, i tillegg til omfattende sensor og systemleveranser til Ocean Farm 1, ledet OF Teknologiprogram i perioden 2017–2019. Hovedmålet med programmet har vært å ta fram en ny generasjon overvåknings- og beslutningsstøttesystem for optimal og bærekraftig produksjon av laks. Første versjon av beslutningsstøttesystemet er levert, og man har høstet erfaringer og innsikt i løpet av første utsett som man vil bruke i den videre utviklingen av systemet. I løpet av første utsett har Kongsberg Maritime hatt stort fokus på å sikre datafangsten fra sensorene om bord, og det er nå samlet et rikt datasett som basis for videre analyser, metode- og verktøyutvikling, samt som et sporingsverktøy. En høykapasitets dataforbindelse til land er etablert.



Spyling av nett med vaskerigg på skyveskott



Figur 4.4 Trinnvis utvikling av beslutningsstøtte-system for effektiv drift, fiskevelferd og miljø/bærekraft

Fisk i OF1

Kriterier for fiskevelferd er omfattende beskrevet i Fishwell-håndboka. I vurderingen av fiskevelferd er overvåking av fiskens miljø og atferd viktig. På OF1 gjøres kontinuerlige målinger av oksygen, temperatur, vannstrøm og saltholdighet på flere vanndyp og flere steder i hele merden. Støybildet i merden måles med hydrofon. Ekkolodd og kamera overvåker fisken i merdvolumet. Et eget visningsverktøy viser alle sensordata i sanntid både i kontrollrommet på OF1 og i land over en egen bredbåndsforbindelse. Alle sensordata lagres fortløpende og i parallell og historiske data kan hentes hurtig fram for visning og analyse. Informasjon fra ekkoloddene om hvor fisken står i merden brukes av automasjonsløsningen for utforing. Data er tilrettelagt for maskinlæring.

Miljødata dokumenterer at kravet til fiskevelferd er tilfredsstilt i hele vekstperioden. Ekkolodd og kamera viser at fisken har sunn atferd både i forhold til aktivitet og appetitt. Perioder med høy vannstrøm eller høye bølger ser ikke ut til å påvirke fiskens adferd vesentlig. Bakgrunnsstøyen i merden ligger under høreterskelen for laks.

OF anser således at OF1 har fått installert et verktøy for å kunne overvåke og understøtte styring for å oppnå effektiv drift, god fiskevelferd og et godt vannmiljø for fisk.

Levering av ensilasje

Sensor	Bruk av informasjon
14 EK80 ekkolodd	Fiskens atferd/velferd, vertikal og horisontal fordeling av fisk, biomasseindeks, fiskestørrelse, vekst, fôrspill, uttak.
4 kamera	Apetitt, fôrspill, fôringskontroll, oppførsel, sykdom. Skader på not, fiskevelferd.
20 oksygen	Fiskevelferd og sikkerhet for fisken, input til beslutning om fôrmengde, appetitt.
16 Temperatur	Fiskevelferd, input til beslutning om fôrmengde
ADCP horisontal ADCP vertikal	Vannhastighet måles i flere punkter i et vertikalt og horisontalt profil
AWAC	Bølgemåling og vertikal strømningsprofil ved merda
4 Vector	Måler vannhastighet på 4 punkter inne i merden
Salinitet, konduktivitet	Vannkvalitet
Hydrofon	Måler akustisk støy, avgjøre om lydbildet er stressende for fisken.
Turbiditet	Måler partikler i vannet
Fluorometer	Måler algeblomstring
PAR – Photosynthetic Active Radiation	Måler lyset som driver algeblomstringen
MRU – Motion Reference Unit	Hiv, stamp og rull i merda

Tabell 4.4 Sensorer som er installert under havoverflaten

4.5 Ytre miljø

4.5.1 Sjøbunnskartlegging av fauna/sedimenter

Mål: Avbilde havbunnen rundt Havmerden før og etter første utsett av fisk for derved å analysere grad av miljøpåvirkning på fauna/sedimenter fra anlegget

Ecotone har på oppdrag fra Ocean Farming utviklet og gjennomført et miljøkartleggingsprogram av anlegget Ocean Farm 1, basert på selskapets patenterte teknologi «Undervanns Hyperspektral Avbildning» (UHI). Et vanlig kamera detekterer kun tre farger (rødt, grønt og blått), mens UHI kan registrere et kontinuerlig spekter av farger. Gjennom spesialutviklede analyseprogram brukes denne fargeinformasjonen til å automatisk gjenkjenne og kartlegge organismer og objekter som ellers er vanskelige eller tidkrevende å registrere manuelt. Denne tilnærming til miljøkartlegging er unik i aquakultur sammenheng, da metoden gir anlegget et detaljert arealkart over både objekter (utvalgte arter) og sediment-kvalitet, inklusive endringer over tid. Kartleggingen ble gjennomført ved hjelp av ROV (Remotely Operated Vehicle) og i fire omganger:

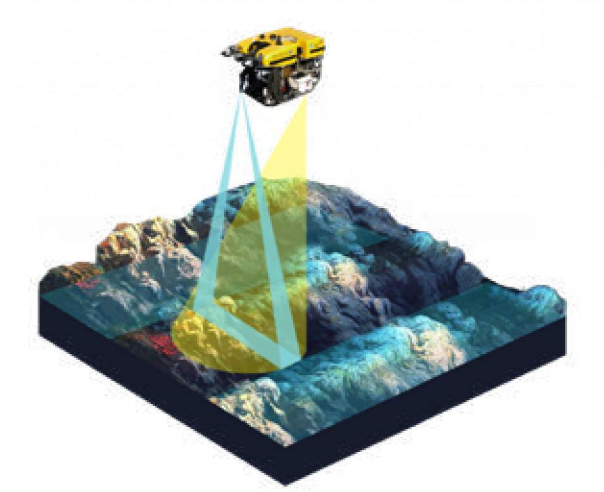
1. Baseline, før Ocean farm 1 ble installert, Mai / August 2017
2. Maksimum Total Biomasse (MTB), August 2018, ved slutten av den første produksjonssyklusen
3. I brakkleggingsperiode, April 2019
4. Ca. 1 mnd. etter utsett av andre produksjonsrunde laks, September/Oktober 2019

Metoden har vist seg å være meget effektiv for å kartlegge bentisk fauna på en god og oversiktlig måte. Ved bruk spesial-programvare ble det gjort en klassifisering hvor man automatisk talte og verifiserte organismer på sjøbunnen. Resultatet er et oversiktskart med totalt 12 transekter (snittlinjer for undersøkelse av vegetasjon) på 1 eller 2 km lengde. Totalt ble det kjørt 14 km transekt-linjer, noe som dekket mellom ca. 15 400 m2 (1 m høyde) og 24 700 m2 (2 m høyde). Siden dette ble gjort over tre år har man vært i stand til å detektere eventuelle endringer både i organismer og sediment lag.

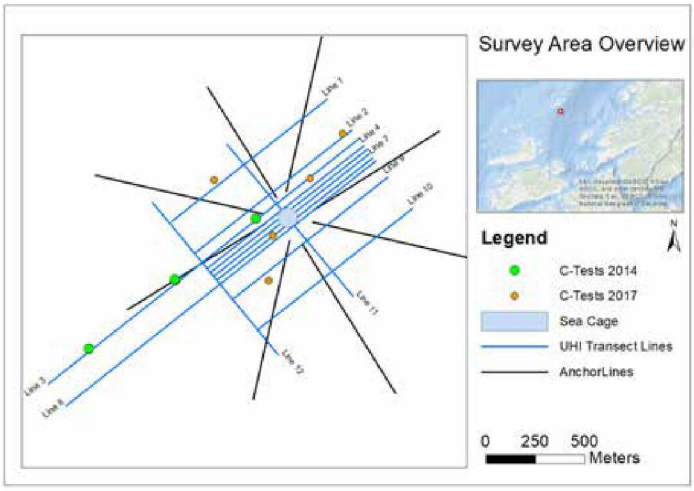
Resultatene fra surveyene viser at man kan identifisere avgrensede områder hvor det er mindre observasjoner av noen arter ett år etter utsett. Samtidig observeres nye arter som ikke var der tidligere, som for eksempel breiflabb.

Det er også observert en visuell forandring på sedimentet på hav- bunnen. Det har blitt utviklet en klassifiseringsmetode for påvirket sediment basert på både visuell tolkning og maskinassistert klassifisering, hvor man bruker hyperspektrale signaturer til å detektere endringer. Begge metodene viser potensiale til å detektere yttergrensene av sediment påvirkning i området.

Metoden som er utviklet kan ikke si noe om tykkelse på sediment, kun utbredelse og delvis beskaffenhet. For å få en vurdering av tykkelse og kvalitet på sedimentene ble NIVA (Norsk Institutt for Vannforskning) engasjert for å gjennomføre en sediment-profil-analyse (Sediment Profile Imaging – SPI). Analysen og



Figur 4.5.1 Sjøbunnskartlegging med UHI.



Figur 4.5.2 Oversikt over kartleggingsområdet med 12 transekt-linjer på til sammen 14 km. Posisjonen til havmerden vises i midten. C-testene er utført av Åkerblå.

klassifiseringen av områdene indikerer at deponert materiale ble absorbert i økosystemet (via naturlig bioturbasjon), og at det ikke var noe merkbart mønster i statusen på utvalgte steder i forhold til deres avstand fra Ocean Farm 1 (Hovedresultatene fra denne studien er gitt i egen rapport fra NIVA, samt gjengitt i Ecotone sin slutt- rapport).

De undersøkelsene som er gjennomført i dette prosjektet beskriver et bunnmiljø som klarer å håndtere belastningen fra Ocean Farm 1. Det skjer en mindre oppbygging av sedimenter og en endring i artsmangfold i deler av det kartlagte området, men bilder av sedimentprofil og analyse av grabbeprøver viser at nedfall blir naturlig spredd eller bioturbert, og området får tilstandsklasse 1 per B-prøve 4.7.2019 iht. NS-9410:2016).

Teknologisamarbeidet mellom Ocean Farming og Ecotone har ledet fram til en ny og meget lovende metode for arealbasert kartlegging av miljøtilstand i og rundt et oppdrettsanlegg. Metoden er hurtig og effektiv, hvor resultater kan foreligge dager etter gjennomført survey, og gir betydelig økt kunnskap om anleggets miljøstatus og endring av dette sett i forhold til de metodene som anvendes i dag (B- og C-prøvetaking). Den visuelle arealkartleggingen som her er demonstrert gir en unik mulighet til å følge utvikling og restitusjon av områder med intens oppdrettsaktivitet over tid og kan komplementere og på sikt erstatte dagens metoder og gi oppdrettsnæringen og myndigheter et nytt og bedre verktøy for miljøkartlegging.

Ecotone har også, gjennom et utviklingsprosjekt, testet UHI på AUV og gjennomført en survey på 2400 m dyp, noe som åpner for mer effektiv kartlegging av større havområder.

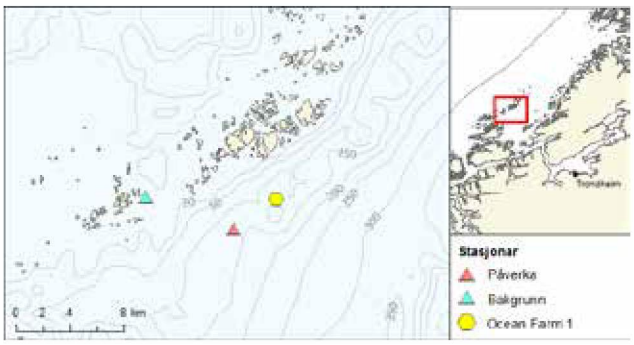
4.5.2 Påvirkning av vannmassene

NTNU ved institutt for biologi gjennomførte i perioden mai–september 2018 undersøkelser på vannkvalitet oppstrøms og nedstrøms OF1. Det vises til vedlegg (ref. 8) for tilhørende rapport. Formålet med denne undersøkelsen var å måle effekten av næringssaltutslipp fra OF1 på næringssalter og økosystemet i omkringliggende vannmasser, samt å vurdere kjemisk og økologisk tilstand i vannmassene.

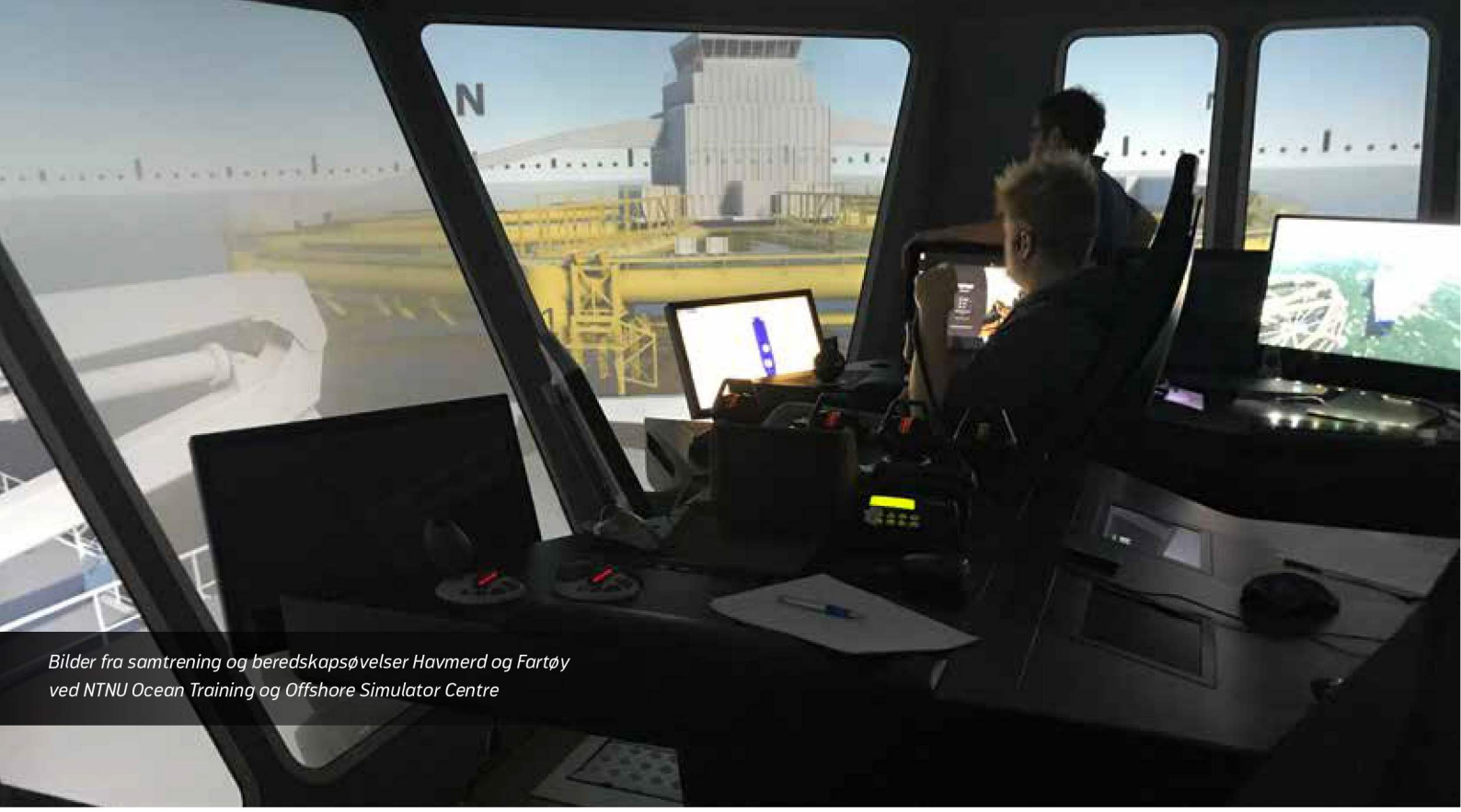
Det ble tatt 9 prøver (fra 1 til 10 m dybde) fra slutten av mai til midten av september (fra en stasjon nedstrøms OF1 (påvirket stasjon PVS) og en oppstrøm-stasjon antatt upåvirket (bakgrunnsstasjon BAS)). Perioden juni–september representerer sommerperioden med næringssaltbegrensning av økosystemet. Før og etter denne perioden er næringssalter tilført fra naturen i overskudd i vannmassene. Prøver ble analysert for konsentrasjoner av ammonium (NH4), nitrat (NO3), fosfat (PO4), partikulært organisk karbon (POC), partikulært organisk fosfor (POP) og klorofyll a (CHLA).

Det ble ikke funnet noen signifikante skiller i målingene mellom PVS og BAS som kan indikere påvirkning fra OF1. Resultatene indikerer en svak fosforbegrensning på begge stasjonen, noe som i teorien kunne knyttes til en påvirkning fra oppdrettsanlegg. Siden effekten var tilstede både på BAS og PVS kan dette tyde på at OF1 ikke er kilden til dette. En svak tendens mot fosforbegrensning er for øvrig typisk for vannmassene i Midt-Norge.

Biomasse-målingene var lave, og CHLA samt indikatorene PON/POP, som er følsomme for påvirkning av utslipp, viste verdier vel innenfor det som blir ansett som upåvirket tilstand i denne type vannmasser. Undersøkelsen viser ikke skille i økologisk og kjemisk tilstand mellom vann nedstrøms eller oppstrøms (upåvirket) av OF1.



Figur 4.5.3. Plassering av prøvestasjoner oppstrøms/nedstrøms Ocean Farm 1. Stasjonen oppstrøms er representativ for vann som strømmer inn i Frohavet fra ytre vannmasser.



Bilder fra samtrening og beredskapsøvelser Havmerd og Fartøy ved NTNU Ocean Training og Offshore Simulator Centre

Økologisk tilstand for begge stasjonene vurderes som meget god, ikke forskjellig fra naturtilstanden i og utenfor Frohavet. Indikatorer for kjemisk tilstand var aldri i nærhet av etablerte grenseverdier, og lik for begge stasjonene.

4.6 Alvorlig uønsket hendelse

OF1 har opplevd en alvorlig uønsket hendelse etter at anlegget ble satt i drift. Hendelsen inntraff natt til 3. september 2018 etter at vanninntrengning i skyveskottet medførte at anlegget krenget slik at ytre ring kom ned i havflaten. Dermed oppsto det mulighet for fisk å svømme ut mellom øvre del av nettingstrukturen.

Ocean Farming utarbeidet en rapport til Fiskeridirektoratet om hendelsen, dens årsaker og konsekvenser (rømt fisk). Ocean Farming engasjerte også DNV GL til å foreta en uavhengig gjennomgang av hendelsesforløp og årsaksanalyse. Dette medførte at en rekke forbedringsaktiviteter/prosjekter ble iverksatt for å unngå en tilsvarende hendelse i fremtiden. Disse tiltakene ble ferdigstilt før andre utsett av fisk.

DNV GL oppsummerer med at følgende elementer hver for seg bidrog til den utilsiktede krengningen av OF1:

- Ventilåpninger i skyveskott stod åpne
- Mannhull i skyveskott stod åpne
- Lekkasje i ballastrør inne i ballasttanker

EO alarm- og varslingssystem var ikke aktivert grunnet utfordringer med et stort antall feilmeldinger. OF1 har over 20 000 målepunkter som kan gi en alarm.

Operasjonelle vurderinger vedrørende metode for ballastering av skyveskottet etter krengeprøve i september 2017 bidro også til den uønskede hendelsen.

I forbindelse med påfølgende revisjon av analyse for rømming av fisk fra OF1 har man i selskapets styringssystem særlig vektlagt en bedre operasjonalisering av barrierer samt identifisere mulige svekkelser av barrierer.

Det er gjort forbedringer av design, inkludert en ny nettingbarriere som skal tette åpning mellom hovednetting og gangbaner på hoveddekk. Videre er det foretatt en risikovurdering og klassifisering av alarmer etter kritikalitet.

I samarbeid med NTNU Ocean Training og Offshore Simulator Center har man også videreutviklet kompetanseprogrammet for operatører om bord OF1. Det ble spesielt lagt vekt på at programmet ble samkjørt med selskapets egne planer og instrukser for drift og beredskap. Målet har vært å heve kompetansen innen:

- Stabilitet og ballastering
- BRM/ERM/CRM Samtrening Havmerd – Fartøy
- ISM og Sikkerhetsstyringssystem
- Fullskala beredskapsøvelser sammen med Hovedredningssentralen HRS og Fiskeridirektoratet FMC

Til kursprogrammet ble det også utviklet en modell av OF1 for bruk i simulator.

Personell fra brønnbåt og fôrbåt som betjener OF1 ble invitert til å delta under samtrening og beredskapsøvelsene.

Ved implementering av oppfølgingspunkter og anbefalinger fra DNV GL anser OF at de design- og driftsmessige årsakene som førte til den uønskede hendelsen å være utbedret.

Bilder fra samtrening og beredskapsøvelser Havmerd og Fartøy ved NTNU Ocean Training og Offshore Simulator Centre

5 Erfaringer og læring – OF1 oppgraderings- og forbedringsprosjekter

5.1 Forbedringsprosjekter til opprinnelig design

Som beskrevet i Ocean Farming sin søknad om utviklingstillatelser og program for første utsett av fisk er det påkrevd å ytelsesteste alle anleggets systemer i forhold til operasjonelle krav og mål. Avhengig av resultater ville forbedringsaktiviteter bli igangsatt.

Gjennom pilotfasen er det utført 14 forbedringsprosjekter, inkludert aktiviteter i teknologiprogram, som omfatter oppgradering av både marine- og fisketekniske systemer.

Siden dette er et pilotprosjekt, ble det budsjettert med 35MNOK til oppgraderings og forbedringsprosjekter. Påløpte kostnader for disse prosjektene har imidlertid vært i størrelsesorden 122 MNOK ut over opprinnelig estimat. En av driverne til dette har vært oppgradering av ballastsystem. Det har vist seg å være et komplekst prosjekt å utføre offshore.

I tråd med Styringssystem for Ocean Farming skal læring og erfaringer bearbeides inn i en kvalitetssirkel hvor erfaringer, forslag til forbedringer, implementering av forbedringsforslag og utsjekk av virkemåte skal gjennomføres.

OF følger en tematisk tilnærming hvor alle utfordringer, feil og mangler som påvirker driften blir rapportert av driftspersonell om bord OF1 og eventuelt våre samarbeidspartnere, eks. gjennom vårt teknologiprogram. Dette blir så registrert og aktiviteter prioritert basert på risiko, omfang, påvirkning av daglig drift etc. Her finner man alt fra små forbedringer, til store operasjoner som alle i sum er med på å løfte kvaliteten på OF1. De ulike aktivitetene omfatter alt fra enkle operasjonelle forbedringer til HMS forbedringer.

Alle aktiviteter har blitt fortløpende vurdert av OF ledelse sammen med driftspersonell om det vil medføre krav til ytterligere risikovurdering eller designendringer som har inngripen i lastbærende struktur, HMS og eller NYTEK-relaterte deler av driften.

Man har bevisst valgt å fortsette den samme praksisen med å sikre kvalitet og kompetanse rundt beslutningsgrunnlag ved å videreføre samarbeidet med Global Maritime og Kongsberg Maritime samt DNV GL innen systemintegrering og tredje part uavhengig verifikasjon. Alle leverandører av systemer hvor det er utført forbedringsprosjekter har vært involvert i disse. Dette har også bidratt til å øke den operasjonelle forståelsen til leverandørene.

En oversikt av forbedrings- og oppgraderingsprosjekter er gjengitt i tabellen nedenfor.

Oppgradering av ballastsystem.

System	Formål/Årsak	Tilførte forbedringer
Ny barriere mot rømming av fisk	Det er et av tiltakene etter uønsket hendelse som førte til rømming av fisk. En ny nettingbarriere er installert. Den fungerer som en forlengelse av hovednett og dekker åpning mellom hovednett og gangbaner på hoveddekk.	Barrieren hindrer fisk å rømme selv ved en krengning hvor øvre ringpontong er i kontakt med vannflaten.
Trenge arrangement for håndtering av fisk	Effektivisering og forenkling av systemet.	Antall nett i agrementet er redusert fra fire til to. Guideliner til nettene kan nå festes med ROV-anker i bunnen av uttakssone. Nytt vinsjesystem med større fleksibilitet rundt endring av vinkel til nett under trenging av fisk. Utvidet plattform i ytterkant av utakksonen.
Dødfisksystem	Mer effektiv sortering mellom laks og rensefisk og individkontroll av død fisk.	Håndtering av død fisk er flyttet fra sentersøyle til et nytt rom bygd tilknyttet sentermodul på hoveddekk. Død fisk pumpes via doble vakuumtanker til en vannutskiller. Transportvann føres via et eget rørsystem til under havmerden slik at for å unngå at det kommer i kontakt med vannvolumet inne i merden. Fisken førers videre over et sorteringsbord for registrering av vekt, størrelse og for å sortere ut rensefisk. Det er arrangert fasiliteter for obduksjon og prøveuttak ved sorteringsbånd.
Ballastsystem	Det ble avdekket galvanisk korrosjon i lederør (caisonner) i ballasttankene. Dette var forårasket av feil sammensetning av materialer mellom lederør og ballastpumper. Det ble utviklet et nytt design med ny katodisk beskyttelse. Lederør i ballasttankene ble byttet ut. Slanger til nedsenkbare ballastpumper i lederør ble også byttet ut med stigerør.	Bidrar til økt levetid for pumpesystemet og caisonner i ballasttankene.
Mottak av fiskefôr	Erfaringsmessig har det vist seg at fartøy som lever fiskefôr begrenset av signifikante bølger over 2m. Selv om OF1 ligger tilnærmet uten bevegelse i vannet har man ønsket å legge til rette for at fôrfartøy kan operere i høyere sjøtilstander. Man har derfor forlenget mottaks anker for fiskefôr på OF1.	Dette bidrar til økt fleksibilitet for fartøy som leverer fôr og bidrar til å øke forutsigbarhet for mottak av fiskefôr.
Lysstyring av fisk	Dette er gjort i samspill med leverandører og etter innspill fra Havforskningsinstituttet. I SalMar har man erfart eksempler av noe høyere innblanding av kjønnsmoden fisk ved bruk av post smolt. Da man bruker post smolt i OF1 har man ønsket å være proaktiv med å installere flere undervannslys. I tillegg til undervannslys på hver søyle i periferi og sendersøyle er det installert 12 nye undervanslys inne i merden. Disse er tilkoblet vinsjer slik at man kan justere ønsket dybde de er plassert samt heises opp ved kjøring av skyveskott.	Øker tilgjengelig effekt av lys per areal i merden.

System	Formål/Årsak	Tilførte forbedringer
ROV-system	Fleksibilitet ifb. med inspeksjoner og vasking av nett når skyveskott benyttes til å dele inn havmerden i flere soner.	Inspeksjon og redundant løsning for henholdsvis renhold og uttak av død fisk.
Individkontroll av fisk	Gangbaner på hoveddekk hvor man utfører individkontroll av fisk ligger rundt 8m over havflaten. Det er installert et eget nett i uttakssonen for fisk, hvor den heises opp til hoveddekk med våthåv. Fisken tilbakeføres til havmerden via et spiralformet rørsystem.	Dette bidrar til at man kan ta fisk opp til hoveddekk og tilbake til merden med en skånsom metode.
Overvåkning av trafikk rundt OF1	AIS om bord OF1 overvåker om fartøy er på kollisjonskurs mot innretningen. Det er også koblet opp mot E0 alarmsystem slik at operatører kan bli varslet utenom normal arbeidstid eller ved ubemannet kontrollrom.	Varsling om det er fare for sammenstøt med eksterne fartøy i området. Brukes også til overvåkning av fartøy med hensyn på biosikkerhet.
Adkomst mellom fartøy for personelltransport og OF1	Det installeres gangvei i tilknytning til den ene dokkingstasjonen. Gangvei er ferdig prosjektert og er planlagt installert første kvartal 2020.	Bidrar til å øke sikkerhet og forutsigbarhet for overgang av personell mellom OF1 og fartøy.
Risikobasert inspeksjons-program	Sammen med DNV GL er det utarbeidet et tilpasset tilsynsprogram som strekker seg over hele design levetid – 25 år. Det vil utføres periodisk besiktigelse basert på samme prinsippene som for offshore konstruksjoner. Miljødata som vind, bølger og strøm som virker på OF1 logges via instrumentering om bord og sendes via skyløsning til DNV GL. De kan da oppdatere sine modeller for eksempelvis utmatting basert på faktiske krefter som virker på innretningen.	Bidrar til økt forutsigbarhet og kontroll for strukturell integritet for OF1.
Drifts og vedlikeholds system	Sammenlignet med en konvensjonell lokalitet er OF1 utrustet med mange drifts- og sikkerhetsrelaterte systemer som krever daglig drift og vedlikehold, lignende som på skip og flyttbare innretninger. Det er installert et drift og vedlikeholdssystem hvor alle systemer om bord er registrert iht. SFI-koder. Her er alle brukermanualer og anbefalinger om vedlikehold fra ulike systemleverandører lagt inn. Systemet gir også en oversikt over sertifikater og lager/bestilling av reservedeler	Bidrar til forutsigbarhet og kontroll for daglig drift og redusert nedetid for systemer.
Kursprogram NTNU	Videreutvikle kompetanse i organisasjonen	Flerferdighet og barrierestyring

Tabell 5.1 Oversikt forbedringsprosjekter

5.2 Klassenotasjon av OF1 i DNV GL

Erfaringer rundt drift og vedlikehold av OF1 viser at den har flere fellestrekk med skip og flyttbare innretninger.

For å bidra til å opprettholde best mulig kvalitet i den videre driften har OF sett på mulighetene for å legge OF1 under en klassenotasjon lignende en offshore innretning.

DNV GL har utviklet klasseregler for Offshore fish farming units and installations - DNVGL-RU-OU-0503. Klasse notasjonen av OF1 er basert på disse reglene.

Det er brukt sammenligningsgrunnlag i klasse notasjon OI, POSMOOR (Offshore Installation-Position Mooring) med DNV GL der sertifikater og dokumenter overvåkes på lik måten som på skip og offshore innretninger.

Programverktøyet DNV Exchange kontrollerer de overordnede sertifikatene utstedt av DNV GL dynamisk, og gir alle parter som eier, operatør og DNV GL full kontroll over sertifikatenes status.

Systemet er utviklet med tanke på at operatøren skal ha full kontroll over sine sertifiseringer og kan tydelig med en grafisk fremstilling i god tid fornye sine sertifikater.

Programvaren er også tilpasset slik at den kan implementere andre dokumenter som er i bruk i havbruksnæringen.

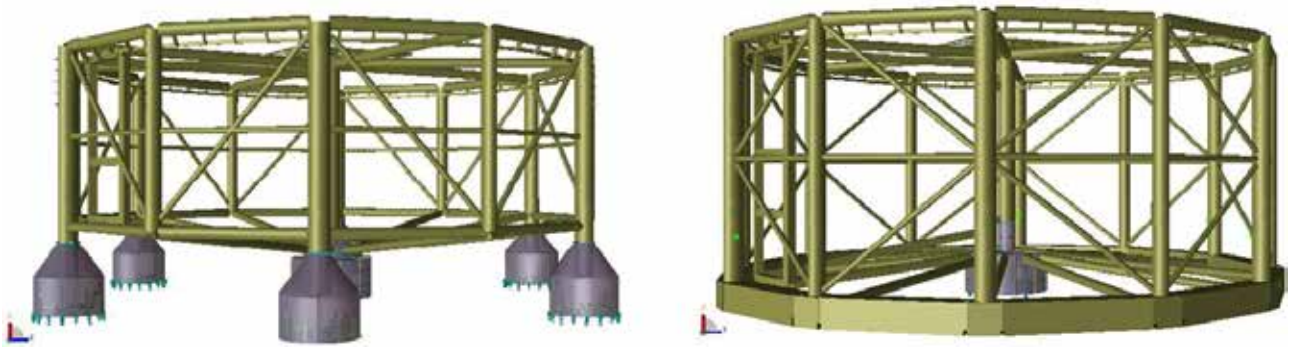
Det risikobaserte inspeksjonsprogrammet er også implementert inn i dette dynamiske data verktøyet. Det gir alle parter innsikt i den overordnede delen av inspeksjonsprogrammet som pågår og vil da ha full kontroll over strukturens tilstand. Samt være et hjelpemiddel i planlegging av fremtidige vedlikehold og forlenget levetid.

5.3 Studie av en neste generasjon OF-anlegg

OF læreprosess inkluderer også å vurdere hvilke forbedringer/endringer som bør gjøres på en versjon 2 (neste generasjon) av et OF-anlegg. Dette er dokumentert i en studie fra Global Maritime. Anleggets funksjonskrav opprettholdes. Fokus her er lagt på design av hovedstrukturen og skyveskottet. Hovedstruktur endres fra ballasttanker til oppdrift gjennom en ringformet bunnpontong. Skyveskottet festes på en øvre ringbjelke og til en skinne på bunnpontongen. Det er dermed ikke behov for en øvre bjelke på skyveskottet, noe som bedrer innretningens fribord. En versjon 2 kan være aktuelt i vesentlig mer værharde områder enn Frohavet.

Figur 5.1 viser forskjell på OF1 og en neste generasjon av et OF-anlegg:

- Kolonnehøyder økes med 3 m
- Tilgjengelig biomassevolum økes med 25 %, vekt av anlegg økes med 5–10 %
- Redusert kompleksitet av bygging og transport av anlegg
- Indikativ reduksjon i investert enhetskost (kr/kg fisk) på rundt 20 %



Figur 5.1 Forskjell mellom OF1 (venstre) og neste generasjon OF anlegg (høyre)

6 Evaluering av OF1-prosjektet

Ocean Farm 1 er et fullskala pilotprosjekt, som har vært krevende og lærerikt. Som oppsummert i kapittel 4 anser Ocean Farming at anlegget fungerer i henhold til design og nedfelte krav fra direktoratet. Dette inkluderer:

- Anleggets stabilitet i eksponert hav (bølger, vind, strøm)
- HMS og arbeidsmiljø for personell
- God fiskevelferd og tilvekst
- God bærekraft i forhold til ytre miljø

Svakheter er dog blitt identifisert. Erfaringer etter første utsett av fisk har medført at en rekke forbedringsprosjekter som nå er gjennomført. Dette inkluderer ikke minst tiltak rette mot mulig fremtidig rømming av fisk.

DNV GL gjennomførte 14.8.2019 første inspeksjon av OF1 iht. det risikobaserte inspeksjonsprogrammet. Resultater herfra viser ingen tegn til avvik vedørende anleggets strukturelle integritet.

Fartøysoperasjoner tilknyttet OF1 har fungert etter de forutsetninger og modifikasjoner som er utført på fartøyene. Imidlertid er man sårbar så lenge henholdsvis 'en brønnbåt, 'en fôrbåt og 'en ensilasjebåt kan operere i tilknytning til OF1. Skal man operere på mer eksponerte områder enn Frohavet vil det kreves en ytterligere utvikling av lossesystemer for fiskefôr på eksisterende fôrbåter.

OF1 er et anlegg med et vesentlig høyere antall fisk og biomasse i forhold til en konvensjonell merde. En stabil og kontinuerlig overvåkning av fisk og miljø har derfor vært nødvendig. Gjennom dette prosjektet har man vist at det er mulig å operere et slikt anlegg og samtidig ivareta fiskevelferd og sikkerhet for personell.

Denne sluttrapporten viser hvordan andre interessenter kan påbegynne en prosess for utvikling og bygging av en tilsvarende havmerde eller deler av et slikt anlegg. Det er viktig å understreke at det har medgått totalt rundt 3 millioner direkte arbeidstimer for OF 1 prosjektet. OF 1 er basert på en rekke forutsetninger som miljødata for design formål, regelverk krav, konstruksjons krav, og tilsvarende må ethvert nytt anlegg gjennomgå sine forutsetninger før prosjekteringsarbeider kan igangsettes.

OF 1 har titusenvis av underliggende sider med analyser, tegninger, prosedyrer o.l. tilpasset dette anlegget, og som til slutt ble akseptert av myndigheter før anleggssertifikat ble utstedt. Bare i forbindelse med DNV GL sin verifikasjon av prosjektet er over 1300 dokument gjennomgått.

SalMar har gjennom OF 1 prosjektet ervervet kunnskap og kompetanse for utvikling av tilsvarende anlegg som OF 1. Dette omfatter operativ forståelse av hvordan drifte slikt et anlegg på en bærekraftig måte, og teknologisk og biologisk kunnskap til å velge utstyr for et senere anlegg.

Denne sluttrapport inneholder informasjon og link til alle viktige leverandører til OF 1, slik at interessenter kan ta direkte kontakt med disse. Det vil også være mest relevant og forsvarlig faglig, etter som disse innehar den mest detaljerte og oppdaterte kunnskap og kompetanse om sine leveranser.

Gjennom byggefasen og i den videre utviklingen i form av oppgradering og forbedringsprosjekter har OF investert til sammen 877MNOK i OF1 prosjektet. Av dette utgjorde norske industrielle leveranser over 50%.

DNV GL har gjennom oktober/november 2019 utført en uavhengig gjennomgang av OF1 prosjektet. De har da vurdert resultatoppnåelse, en vurdering opp mot målkriterier i tillatelsen fra myndighetene samt relevante deler av OF sin søknad om utviklingstillatelser med fokus på forbedringsprosjektene, se vedlegg 10.

Uttak prøver av fisk fra OF1

Fartøy for personelltransport i dokkingstasjon

7 Videre planer

I oktober 2019 besluttet SalMar å etablere et eget selskap, SalMar Ocean AS, hvis oppgave er å videreutvikle havbasert fiskeoppdrett i eksponerte farvann. Ocean Farming sitt personell, erfaring og kompetanse vil danne grunnlaget i dette nye selskapet. Drift av OF 1 inngår i det nye selskapet.

OF Teknologiprogram vil bli videreført i et SalMar Ocean Teknologiprogram med fortsatt fokus på eksponert havoppdrett, god HMS for personell, fiskevelferd og ytre miljø/bærekraft. Programmet utføres i samarbeid Kongsberg Maritime, med NTNU og utvalgte teknologiaktører som deltagere. Dette er et fireårig program med mulighet for forlengelse.

SalMars gaveprofessorat innen Akvakultur kybernetikk ble aktivt fra 1.1.2019, og vil vare i fem år. Dette har allerede resultert i et tett samarbeid med NTNU som vil bidra til ytterligere kompetansebygging for Norge og havbruksnæringen.

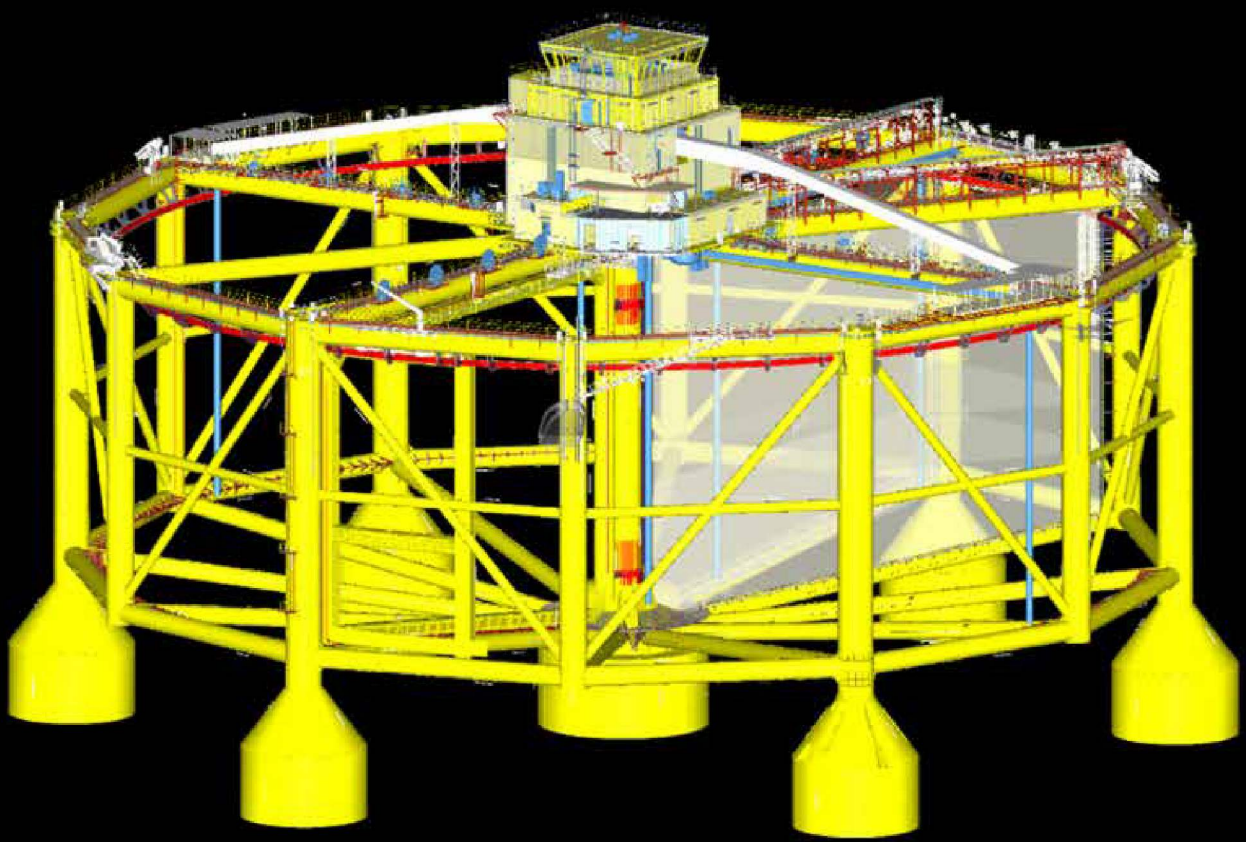
Vedlegg

1. 3D bilder OF1 27
2. Leverandører 31
3. Rapport fra Kongsberg Maritime – Teknologiprogram for OF1 34
4. Rapport fra Ecotone – Sjøbunnskartlegging for OF1 70
5. DNV GL – Teknisk tilstand OF1 etter første utsett av fisk 104
6. Åkerblå - Oppsummeringsrapport fiskehelse og fiskevelferd 128
7. Mattilsynet – Tilsyn 2017-2019 136
8. NTNU Miljøundersøking i Frohavet 2018 146
9. NTNU Ocean Training – Kompetanseprogram Sikkerhet og Samtrening for Havbruk 156
10. DNV GL – Gjennomgang av OF1 prosjektet 160

Referanser

Rapporter sendt Fiskeridirektoratet gjennom byggefasen og driftsfasen

1. 3D bilder OF1

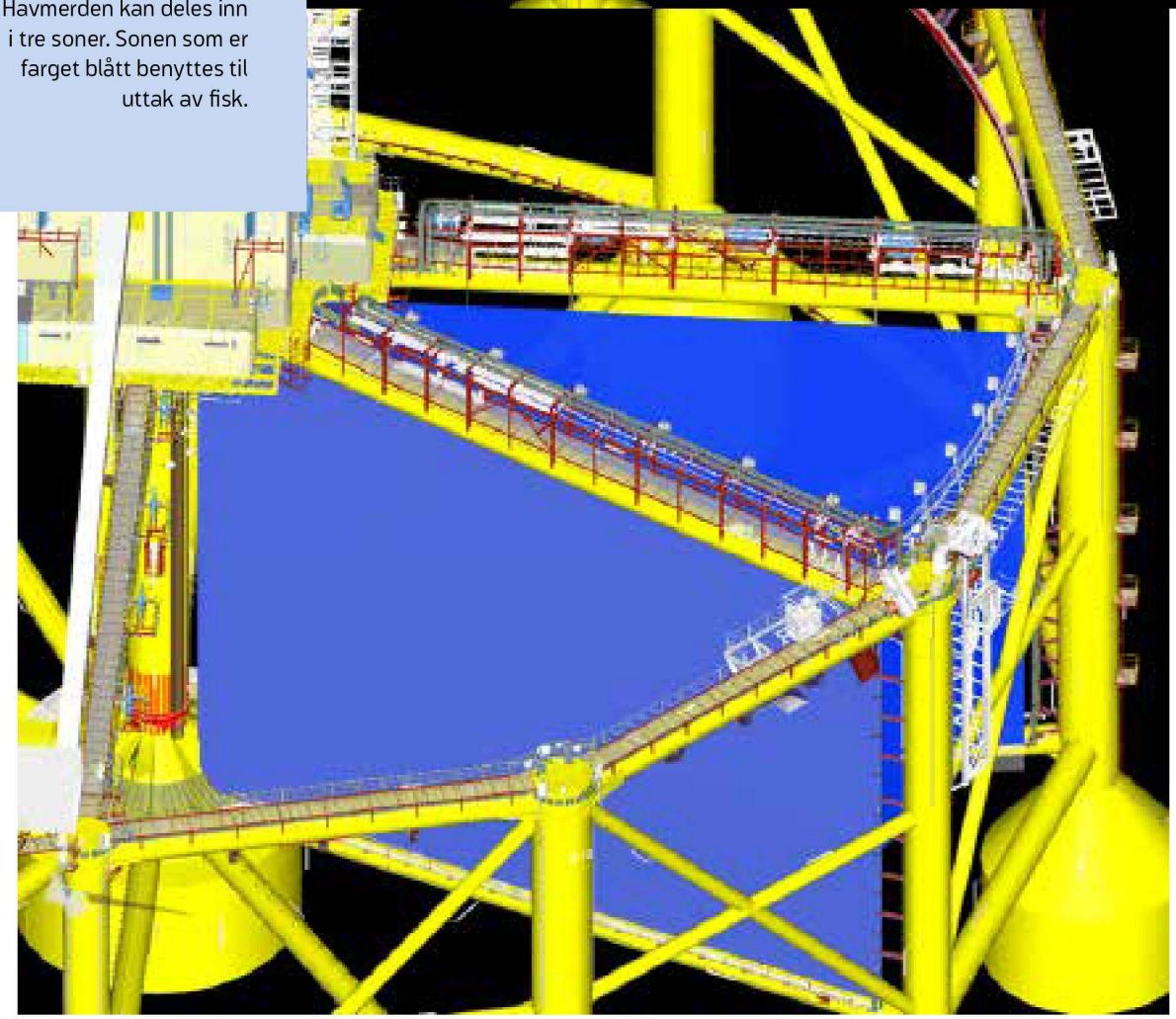


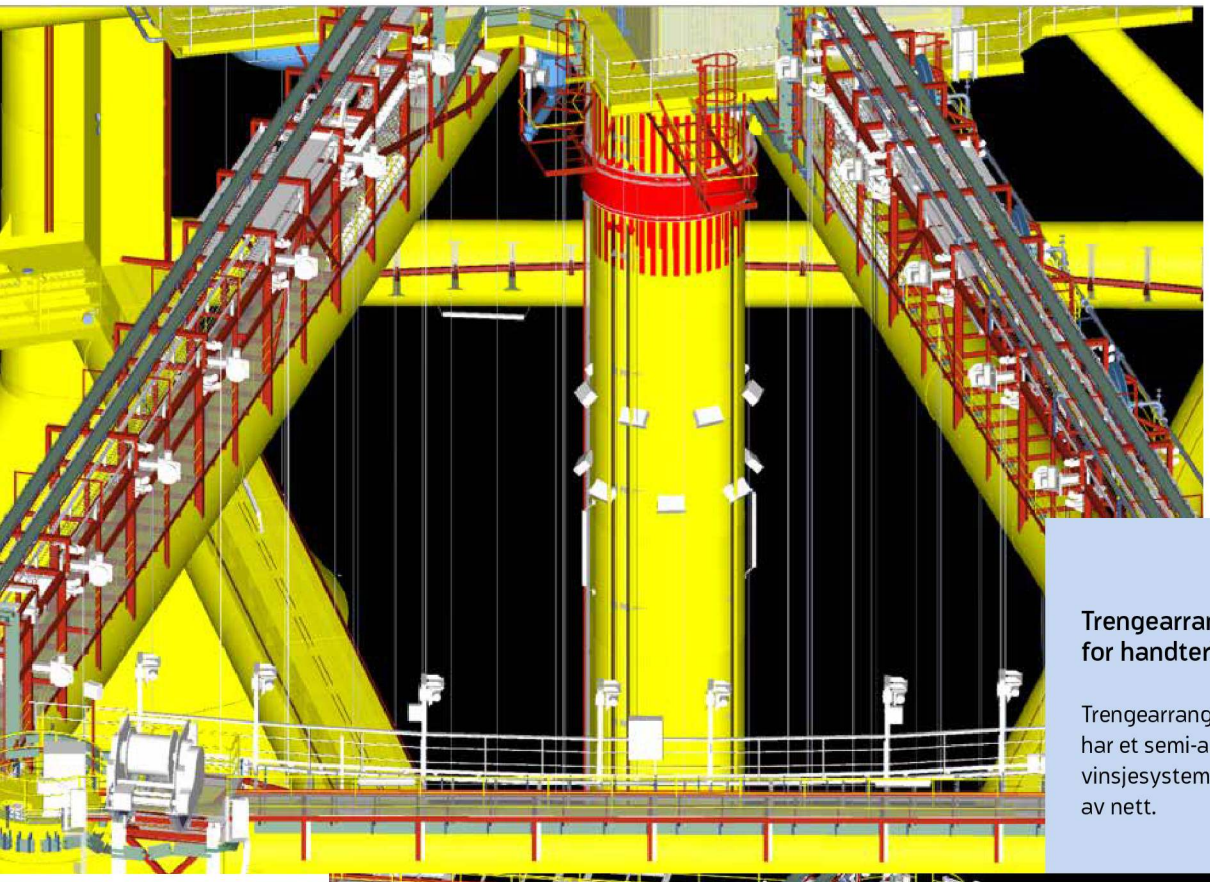
Teknisk informasjon

Total høyde 69 m
Diameter 110 m
Volum 250.000 m³
Operasjonsdypgang 43 m
Vekt 7300 t

Trengearrangement for handtering av fisk

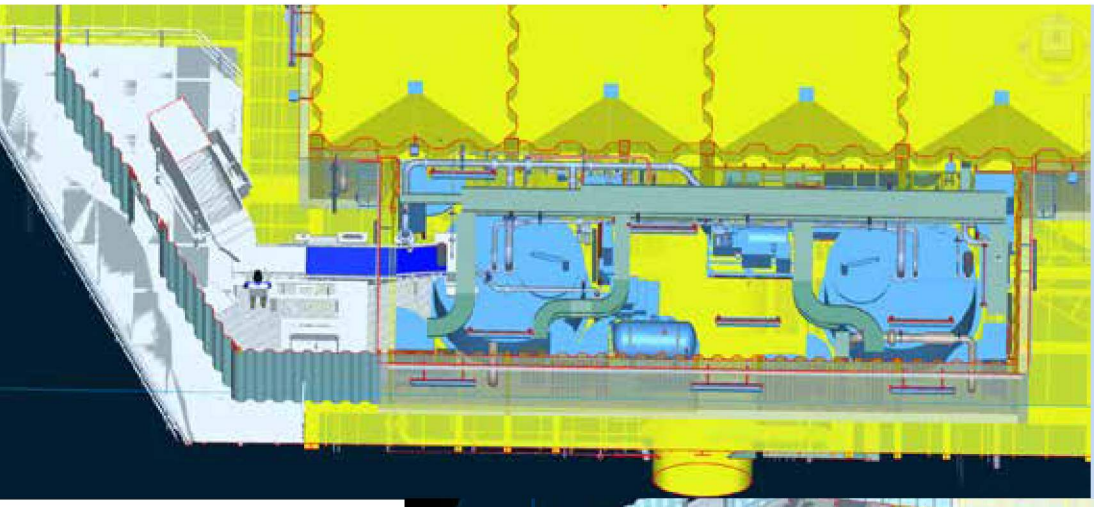
Havmerden kan deles inn i tre soner. Sonen som er farget blått benyttes til uttak av fisk.





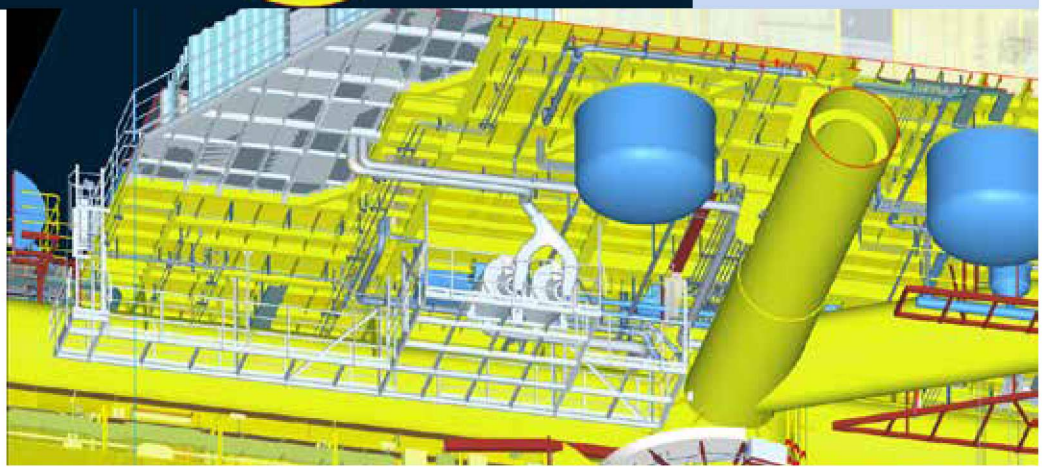
Trengearrangement for handtering av fisk

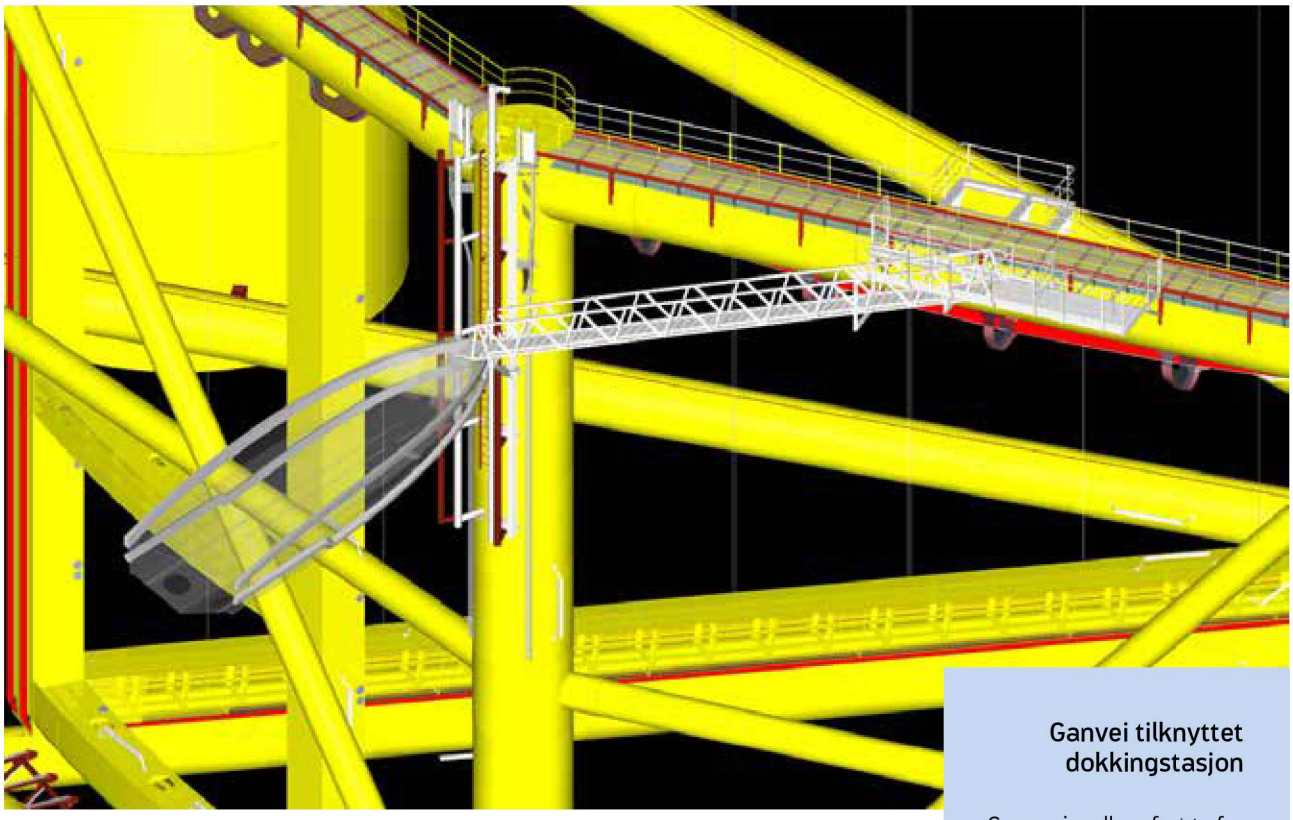
Trengearrangement for fiske har et semi-automatisert vinsjesystem for håndtering av nett.



System for uttak av død fisk

Effektiv sortering av laks og rensefisk, godt til rettelagt for individkontroll.





Ganvei tilknyttet dokkingstasjon

Gangvei mellom fartøy for personelltransport og Havmerden

2. Leverandører

Skrog og utrustning	Kontaktinformasjon
Global Maritime AS har utført design av skrog og systemintegrering av alle marine- og fisketekniske systemer. De har også koordinert dokumentasjon mellom øvrige leverandører og DNV GL i forbindelse med tredje parts verifikasjon gjennom prosjektering, bygging, transport og installasjon av havmerden.	www.globalmaritime.com
Sintef Ocean har utført modelltesting og tilhørende analysearbeid av havmerden.	www.sintef.no
Kongsberg Maritime AS har levert utrustning innen elektro, instrumentering og kommunikasjon. Dette inkluderer generatorer for strømproduksjon, integrert automasjonssystem for marine- og fisketekniske systemer og sensorer for overvåkning av fisk og miljø.	www.kongsberg.com
Mørenot Aquaculture AS har levert hovednett og sekundærnett som er festet til skroget på havmerden. De har også levert vinsjesystemer og nett for trenge-arrangement for uttak av fisk.	www.morenot.no
Malm Orstad AS har levert et fjernstyrt hydraulisk skiddingsystem for rotasjon av skyveskott.	www.malmorstad.no
Emstec GmbH har levert et system for oppkobling for laste-/losseslanger fra brønnbåt til havmerden. Slangene trekks fra brønnbåt og kobles til et ramme-arrangement hvor slangene kan senkes vertikalt ned inntil 7m under havover-flaten. De har også levert laste-/losseslanger som er installert på brønnbåt.	www.emstec.net
Graintec AS har levert system for mottak av og utfôring fiskefôr. Det omfatter arrangement for mottak av fôr fra fôrfraktebåt og videre transport til siloer for lagring av fiskefôr, to utfôringssystemer, et for overflatefôring og et for under-vannsfôring. Ved utfôring benyttes vann til transport av fiskefôret. Det er fire utfôringspunkter for overvannsfôring og seksten for undervannsfôring.	www.graintec.com
Optimar AS har levert børster mellom skyveskott og hovednett. Disse brukes til blant annet til å samle død fisk i senter av havmerden. De har også levert et system for å pumpe død fisk opp for prosessering i havmerdens sentersøyle og videre i lagringstanker på hoveddekk.	www.optimar.no
Pump Supply AS har levert en høytrykks vaskerigg for rengjøring av hovednett. Den er montert på rammen til skyveskott.	www.pumpsupply.no
CSIC QWHI har bygget skrog og overbygg samt levert ballastpumper. De har også utført installasjon av marine- og fisketekniske systemer. De var også ansvarlig for transport av havmerden fra verft til lokasjon.	www.csic.com.cn
Sperre AS har levert ROV-system til havmerden.	www.sperre-as.com

Sertifisering	Kontaktinformasjon
DNV GL har utviklet en egen «Regulatory Framework» for design av havmerden. De har utført tredje parts verifikasjon av designet, tilsyn under byggefasen og sertifisering av havmerden, inkludert transport og installasjon	www.dnvgl.com

Miljøundersøkelser	
Sintef Ocean har utført resipientundersøkelse for Frohavet	www.sintef.no
FugroOceanor AS har utført bølgemålinger og bølgeanalyser for Frohavet.	www.fugro.com
Ecotone AS har utført kartlegging av havbunn på Frohavet ved bruk av hyperspektral avbildning.	www.ecotone.com

Forankring og installasjon	
Ramnäs Bruk AB har levert smidd stolpeløs ankerkjetting.	www.ramnas.com
Vryhof Anchors har levert Stevepris Mk6 anker.	www.vryhof.com
Lankhorst Euronete S.A. har levert fiberliner som er installert mellom ankerkjetting og festepunkter på havmerden.	www.lankhorstropes.com
Solstad Offshore ASA har utført preinstallasjon av forankringssystem og oppkobling av havmerden.	www.solstad.com

Logistikk	
Rostein AS har transportert fisk til og fra havmerden. Brønnbåten *Ro Fjell* er blitt tilpasset for å kunne operere i tilknytning til havmerden. Det er blitt installert dynamisk posisjonering, en ny kran samt et vinsjesystem for å håndtere inntil 60m lange laste-/losseslanger. Det er også installert en maritim bredbåndsradio for utveksling av sikkerhetsmessige og operasjonelle parametere mellom fartøy og havmerden.	www.rostein.no
Eidsvaag AS har transportert fiskefôr til havmerden. Fôrfraktebåten *Eidsvaag Pioner* er bygd med dynamisk posisjonering. Det er installert en maritim bred-båndsradio for utveksling av sikkerhetsmessige og operasjonelle parametere mellom fartøy og havmerden.	www.eidsvaag.no

Logistikk	Kontaktinformasjon
Scanbio har transportert ensilasje fra havmerden. Kjemikalietankeren *Haugfjord* er blitt utrustet med en 100m lasteslange for å kunne operere i tilknytting til havmerden.	www.scanbio.com
Skarsvåg Boats AS har lever levert et fartøy for personelltransport til og fra havmerden. Det er tilpasset for å legge til i dokkingstasjoner på havmerden. Fartøyet er utrustet med en gyrostabilisator som bidrar til å redusere rullebevegelser.	www.skarsvagboats.no
AQS AS har transportert utstyr og materialer til og fra OF1 i forbindelse med utførte forbedringsprosjekter. Servicebåten *AQS Odin* har et lastedekk på 285m2 og er utrustet med dynamisk posisjonering.	www.aqs.no

Helsekontroll fisk	
Åkerblå har utført helsekontroll med fisken	www.akerbla.no

Fiskefôr	
Skretting har levert fôr til laks og rensefisk.	www.skretting.com

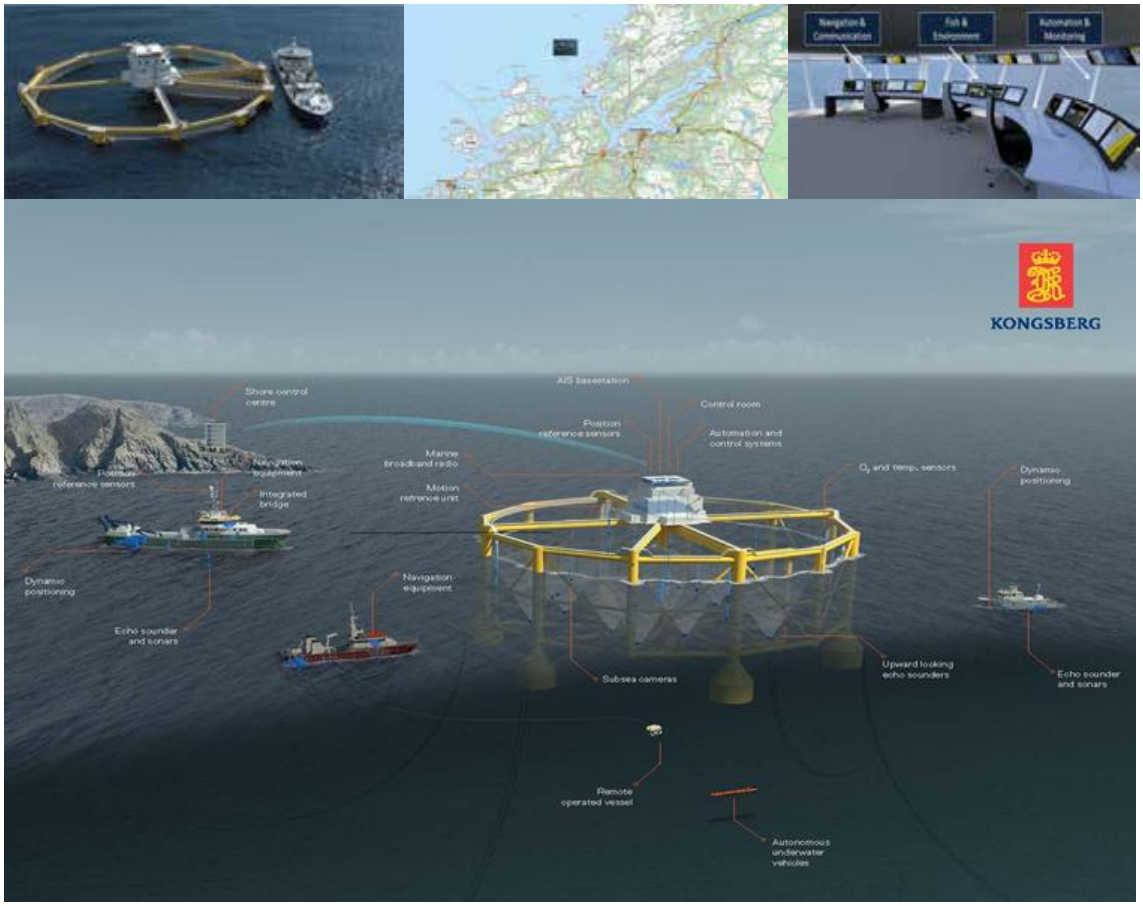
Kongsberg Maritime

KONGSBERG

Sluttrapport
Ocean Farm 1 - Teknologiprogram for overvåkning av fisk og miljø

Kongsberg Maritime AS

Dato: 25.11.2019



© Copyright Kongsberg Maritime AS

INNHOLD

1. INNLEDNING 4
1.1 Dokumentet 4
1.2 Innholdet 4
1.3 Deskriptiv framstilling 4
1.4 Bidragsytere 4
1.5 Rettigheter 4
2. SAMMENDRAG 5
3. KONGSBERG MARITIME OG HAVBRUK TIL HAVS 6
4. OCEAN FARM 1 8
4.1 Arbeidspakker 9
4.2 Fiske- og havbrukskybernetikk 9
4.3 Matematisk modellering av biologi og miljø 10
4.4 Mot automatisk foring 11
4.5 Fisken i sentrum og mennesket i loopen 11
4.5.1 Sensor fusjon 11
4.5.2 Visualisering 12
4.5.3 Situasjonsforståelse (Situation Awareness) 12
4.5.4 Beslutningsstøtte 13
5. SAMARBEID MED NTNU OG SINTEF OCEAN 14
5.1 Verdens første professorat innen havbrukskybernetikk 14
5.2 Precision Fish Farming 14
5.3 SFI Exposed Aquaculture Operations 14
5.4 SimSalma – matematisk modell og simulator for fiskeatferd 15
5.5 Sanntidsovervåkning av atferd og fysiologisk tilstand hos oppdrettslaks 16
6. SENSORER OG FISKEVELFERD I MERD 17
6.1 Innledning 17
6.2 Sensorer og installasjon 17
6.3 Sensorplasseringer 18
6.4 Sensorer for observasjon av fisk 18
6.4.1 Kamera 18
6.4.2 Ekkolodd 18
6.4.3 Fiskemerker 19
6.5 Sensorer for miljø og vannkvalitet 19
6.5.1 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) 19
6.5.2 Punktmåling av vannstrøm 19
6.5.3 Oksygen (O2) 19
6.5.4 Temperatur 20
6.5.5 Salinitet 20
6.5.6 Turbiditet 20
6.5.7 Fluorometer 21
6.5.8 Karbondioksid (CO2) 21
6.5.9 pH 21
6.5.10 Ammoniakk (NH3) 21
6.5.11 Hydrofon 21

© Copyright Kongsberg Maritime AS

6.5.12 MRU (Motion Reference Unit) 21
6.6 Fôring 21
6.7 Fiskevelferd og stress 22
7. RESULTATER 23
7.1 Fiskens oppførsel i merda 23
7.1.1 Tolkning av ekkogrammer 23
7.1.2 Observasjoner av fiskeatferd i Ocean Farm 1 24
7.1.3 Fisken i bølger 29
7.2 Støy og fiskevelferd 29
7.3 Potensialet i datasettet 30
7.4 Miljømålinger 31
7.5 Utvikling av beslutningsstøtteverktøy 33
8. KONKLUSJON 35
9. REFERANSER 35

© Copyright Kongsberg Maritime AS

1. INNLEDNING

1.1 Dokumentet

I forbindelse med utvikling og gjennomføring av prosjektet Ocean Farm 1, inngikk Kongsberg Maritime og Ocean Farming, et selskap i SalMar konsernet i januar 2017 en samarbeidsavtale om et *Teknologiprogram for overvåkning av fisk og miljø* med formål å videreutvikle og tilpasse teknologi for effektiv drift, god fiskevelferd og som sikrer et bærekraftig ytre miljø.

Kongsberg Maritime har som del av samarbeidsavtalen med Ocean Farming forpliktet seg til å levere en sluttrapport som oppsummerer resultatene for Teknologiprogrammet. Denne rapporten er svar på dette.

1.2 Innholdet

Rapporten er inndelt i 9 kapitler. Følgende er de mest omfattende:

- Kapittel 2 og 3 er henholdsvis Sammendrag og en kort presentasjon av Kongsberg Maritime og vår satsning mot havbruk til havs.
- Kapittel 4 beskriver Ocean Farm 1 og arbeidspakkene, det teoretiske grunnlaget, samt utviklingsmetodikken («Den Kybernetiske Tenkemåten») som er benyttet. Videre beskrives systemarkitekturen og hovedmodulene i et overvåknings- og beslutningsstøttesystem.
- Kapittel 5 omhandler samarbeidet med Sintef Ocean og spesielt NTNU med bl.a. SalMars etablering av et gaveprofessorat innen havbrukskybernetikk ved Institutt for Teknisk Kybernetikk ved NTNU.
- Kapittel 6 beskriver hvilke sensorer og målinger som inngår i systemet for overvåkning av miljø og fiskevelferd.
- Kapittel 7 inneholder en rekke resultater man har så langt når det gjelder fiskens oppførsel, miljømålinger, samt hvordan man har tenkt en videre analyse og utvikling av overvåknings- og beslutningsstøttesystemet i Ocean Farm 1.

1.3 Deskriptiv framstilling

Resultatene som beskrives i denne rapporten er gitt en deskriptiv framstilling, dvs. man beskriver det som observeres uten å gi forklaringer eller forsøker å finne årsakssammenhenger. Dette i motsetning til analytiske studier som forsøker å avdekke årsak-virkning forhold eller å finne kausale forhold. Analysefasen av den store datamengden som er samlet er igangsatt og vil foregå i lang tid fremover i tett samarbeid med NTNU og andre forskningsmiljøer.

1.4 Bidragsytere

Bidragsytere til denne rapporten har fra Kongsberg Maritime AS vært, i alfabetisk rekkefølge: Thor Hukkelås, Frank Reier Knudsen, Berit Floor Lund, Terje Nilsen og Tollef Steen.

1.5 Rettigheter

Denne rapporten er merket **© Copyright Kongsberg Maritime AS**

2. SAMMENDRAG

Kongsberg Maritime AS (KM) og Ocean Farming AS (OF) inngikk i januar 2017 en samarbeidsavtale om et *Teknologiprogram for overvåkning av fisk og miljø* med formål å videreutvikle og tilpasse teknologi for effektiv drift, god fiskevelferd og som sikrer et bærekraftig ytre miljø. I tillegg til Teknologiprogrammet har KM hatt en stor utstyrsleveranse til Ocean Farm 1 (OF 1) som blant annet omfatter et prosessautomasjons-system og en instrumenteringspakke både over og under vann.
Den overordnede løsningen består av:

- Sanntids overvåknings- og beslutningsstøtteverktøy for fiskeoppdrett og miljø
- Automasjonsløsning for utfôring som samvirker med det biologiske overvåkningssystemet
- Høykapasitets bredbåndsforbindelse for overføring av store datamengder til land.

Figur 1 Arbeidspakker

OF 1 har en omfattende pakke av sensorer under vann for å sikre god overvåkning av miljøet som fisken lever i og for å støtte operatøren i fôringssituasjonen. I løpet av første utsett har KM hatt fokus på å sikre datafangsten fra sensorene om bord, og man har nå samlet et rikt datasett som basis for videre analyser, metode- og verktøyutvikling, samt som et sporingsverktøy.

I vurderingen av fiskevelferd er overvåking av fiskens miljø og atferd viktig. Kriterier for god fiskevelferd er beskrevet i Fishwell-håndboka. På OF 1 gjøres kontinuerlige målinger av oksygen, temperatur, vannstrøm og saltholdighet på flere vanndyp og flere steder i hele merda. Støybildet i merda måles med hydrofon. Ekkolodd og kamera overvåker fisken i merdvolumet. Et eget visningsverktøy viser alle sensordata i sanntid både i kontrollrommet på OF 1 og i land.

En høykapasitets bredbåndsforbindelse er installert på Ocean Farm 1. Dette muliggjør sikker overføring av data til Kongsbergs skyløsning, Kognifai. Kognifai forenkler og effektiviserer sporing av ulike driftssituasjoner, muliggjør avansert analyse, maskinlæring og kombinasjon av data med modeller.

Alle sensordata lagres fortløpende og i parallell. Historiske data kan hentes hurtig fram for visning og analyse. Informasjon fra ekkoloddene om hvor fisken står i merda brukes av automasjonsløsningen for utforing. Dataene er tilrettelagt for maskinlæring. Miljødataene dokumenterer at kravet til fiskevelferd er tilfredsstilt i hele vekstperioden. Ekkolodd og kamera viser at fisken har sunn atferd både i forhold til aktivitet og appetitt. Perioder med høy vannstrøm eller høye bølger ser ikke ut til å påvirke fiskens atferd vesentlig.

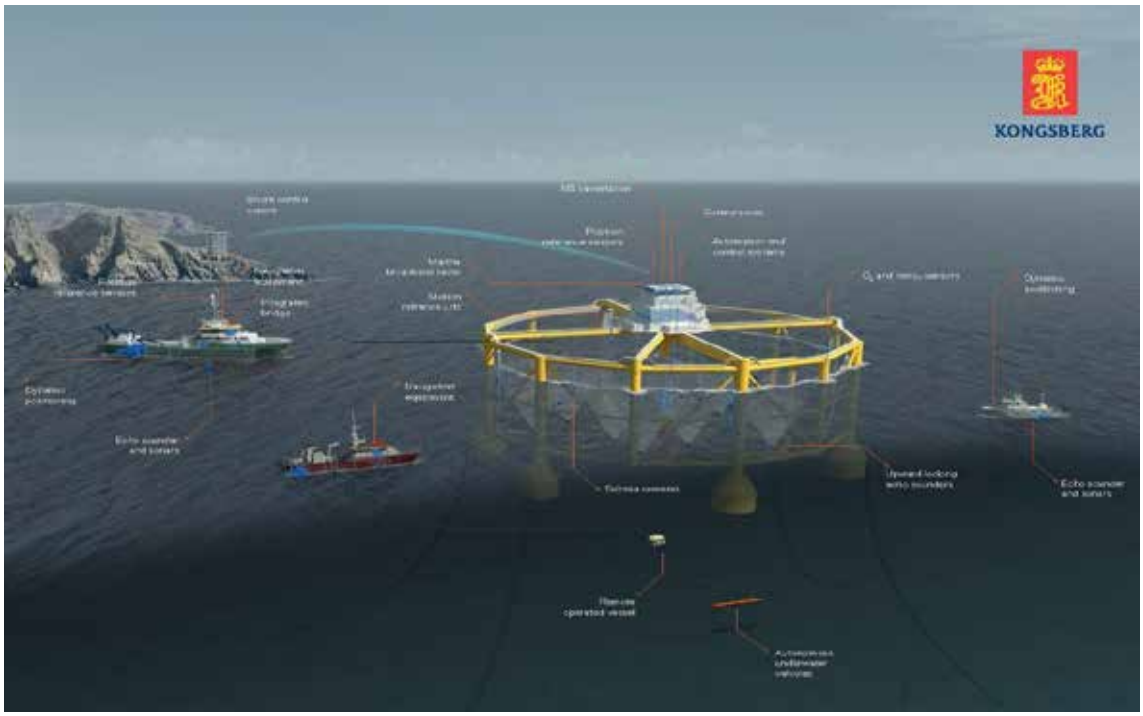
© Copyright Kongsberg Maritime AS

3. KONGSBERG MARITIME OG HAVBRUK TIL HAVS

KONGSBERG har 205 år med teknologisk innovasjon bak seg og er kjent verden over for sine «World Class» systemer og løsninger. Figuren under viser produkter som opererer fra det dypeste hav til det ytre rom, og som alle er designet for å levere «Extreme Performance for Extreme Conditions».

Extreme performance for Extreme conditions

Havbruk på storhavet setter andre og større krav til instrumentering, robusthet, planlegging og gjennomføring av forskjellige typer marine operasjoner enn ved konvensjonelle anlegg i skjermede kystområder. Her kan KONGSBERG tilby en lang rekke gjennomprøvde produkter og løsninger fra fiskeribransjen og offshore olje- og gass. Produktene er utviklet gjennom en årrekke for å tåle de tøffe forholdene som offshore olje & gass-virksomhet og fiskeri opererer under. Noen av disse produktene og systemene er vist i figuren nedenfor.



Figur 2 KONGSBERG og Havbruk

© Copyright Kongsberg Maritime AS

KONGSBERG kan for offshore havbruk levere egen teknologi og sterk kompetanse i alle ledd fra sensor til sky. Dette gjelder:

- Tung kompetanse på havmiljø og biologi, samt sensorer for måling av miljø og fisk utviklet gjennom de siste 70 årene. KM Simrad ekkolodd er i praksis enerådende standard for bestemmelse av størrelsen på fiskeressurser globalt.
- Verdensledende offshore teknologi, sensorsystemer og systemer for krevende marine operasjoner utviklet gjennom de siste 45 årene.
- Tung kompetanse på avanserte metoder – anvendt teknisk kybernetikk, maskinlæring og andre analysemetoder anvendt på sanntids data.
- Egne styresystemer, verktøyplattformer og skyløsninger som basis for avanserte systemer og applikasjoner.
- Et sterkt samarbeide med noen av verdens ledende universiteter og forskningsinstitusjoner som NTNU, SINTEF, Havforskningsinstituttet og andre.

Figur 3 Akvakultur = Biologi + Teknologi

© Copyright Kongsberg Maritime AS

4. OCEAN FARM 1

En havmerd designet for bedre fiskehelse og mindre miljøavtrykk

Ocean Farming har utviklet et helt nytt konsept for produksjon av laks i store enheter til havs. Størrelsen og utformingen av en havmerd, servicefartøyene og miljøet hvor de skal operere har mange likheter med tradisjonell olje-og gassvirksomhet. Ved å kombinere erfaringer fra olje- og gassnæringen og oppdrettsnæringen, har Norge et unikt utgangspunkt for å etablere utaskjærs havmerder, eller havbruk til havs.

Havmerden Ocean Farm 1 (OF 1) har et volum på i underkant av 250 000 m^3, en diameter på 110 m og et vanndyp på 35 m. Merden kan romme drøyt 6000 tonn fisk. Dette utgjør mindre enn 2.5% av merdvolumet. OF 1 er et pilotanlegg med et vesentlig høyere antall fisk og biomasse i forhold til en konvensjonell merde. En stabil og kontinuerlig overvåkning av fisk og miljø har derfor vært nødvendig. Dette dokumentet beskriver hvordan dette er ivaretatt i Ocean Farm 1 prosjektet, samt noen av resultatene man har oppnådd i pilotfasen.

Den overordnede løsningen består av:

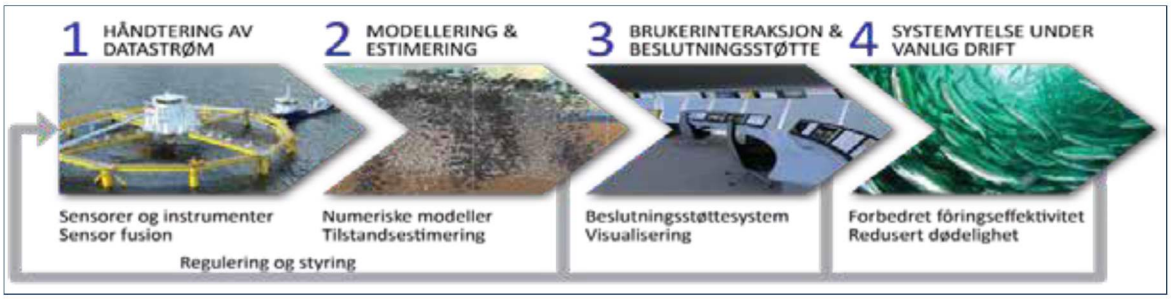
- Sanntids overvåknings- og beslutningsstøtteverktøy for fiskeoppdrett og miljø
- Automasjonsløsning for utfôring som samvirker med det biologiske overvåkningssystemet
- Høykapasitets bredbåndsforbindelse for overføring av store datamengder til land.

Figur 4 Ocean Farm 1

© Copyright Kongsberg Maritime AS

4.1 Arbeidspakker

Figuren viser hvilke arbeidspakker som man har jobbet med gjennom pilotfasen.
Foreliggende resultater fra arbeidspakke nummer 4 er gjengitt i denne rapporten i kapittel 7.



Figur 5 Arbeidspakker Ocean Farm 1

4.2 Fiske- og havbrukskybernetikk

Professor Jens G. Balchen (1926 – 2009) ved Institutt for Teknisk Kybernetikk, NTNU var den første i verden som etablerte ideen om å benytte kybernetiske metoder for kontroll og produksjon av akvatiske organismer. Han introduserte på 70-tallet begrepet «Fiskekybernetikk» og satte i gang mange forsknings og utviklingsprosjekter, samt feltforsøk for å få etablert modeller for fiskeatferd og komplette havbiomodeller.
Den matematiske modellen er kybernetikkens uttrykksform.

Figur 6, Professoren og Havbiomodeller

Figuren viser professoren sittende foran datidens datamaskinterminal ivrig utviklende modeller for havets økosystem mens tankene også kretser mot et godt måltid med skrei og godt drikke.

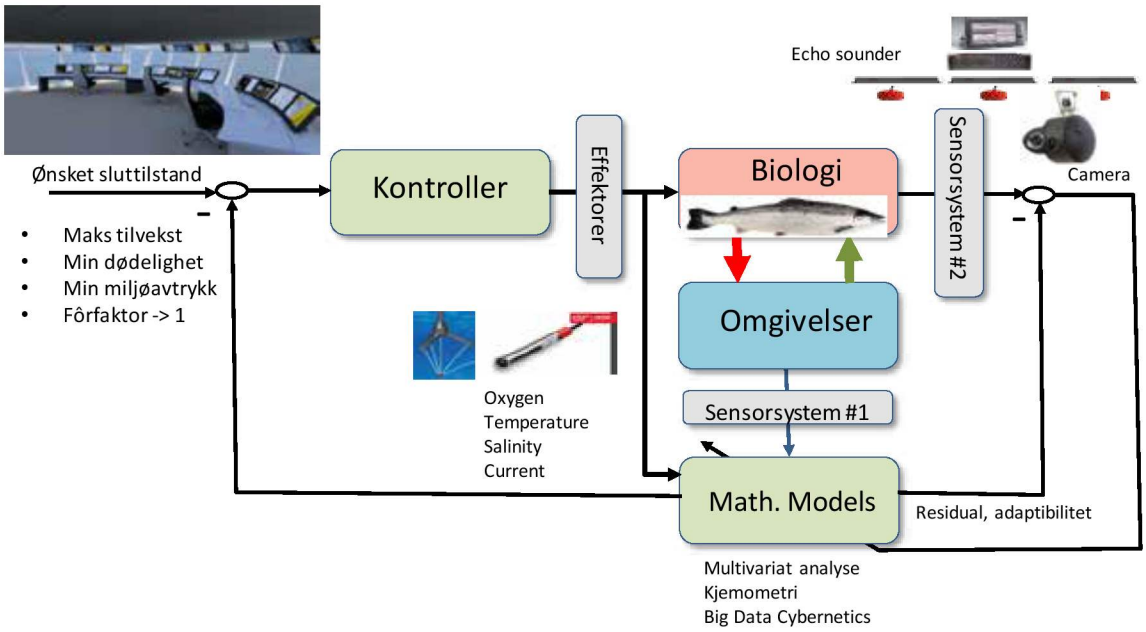
SalMar undertegnet i desember 2017 en 5-årig avtale om finansiering av et gaveprofessorat innen fagområdet Havbrukskybernetikk ved Institutt for Teknisk Kybernetikk ved NTNU. Se nærmere beskrivelse i neste kapitel.

Det er nå først med Industri 4.0 og all ny muliggjørende teknologi i form av avansert sensorer, kraftige datamaskiner, «big data», kunstig intelligens og maskinlæring at Balchens ideer fra 40 år tilbake lar seg realisere til fulle. Systemet som er installert på Ocean Farm 1 er et godt eksempel på dette.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

4.3 Matematisk modellering av biologi og miljø

Figur 7 Fiskekybernetikk viser hvordan tankene den gang kan appliseres på OF 1 prosjektet. Man ønsker å oppnå bedret fiskevelferd og lavest mulig miljøavtrykk gjennom å anvende moderne sensorteknologi i kombinasjon med avansert signalbehandling og matematiske modeller for å etablere et best mulig automasjons- og beslutningsstøttesystem for operatørene av anlegget.



Figur 7 Fiskekybernetikk

Det sentrale i figuren er biologiens samvirke med omgivelsene/miljøet. For å kontrollere og styre atferd mot best mulig fiskevelferd må man vite mest mulig om fiskens respons på stimuli i form av f.eks. foring og selvsagt på tilstanden i omgivelsene. Med andre ord, - etablere *matematiske modeller* som beskriver disse sammenhengene og så er i stand til å predikere hvilken respons som forventes ut fra gitt miljøtilstand og gitte stimuli.

Figuren viser en klassisk tilbakekoplet sløyfe hvor ønsket slutt-tilstand eller optimaliseringskriteriene for hele oppdrettsanlegget er følgende:

- Maksimal tilvekst
- Minimal dødelighet/svinn
- Fôrfaktor mot 1 (eller aller helst under 1)
- Minimalt miljøavtrykk

To sett med målesystemer er angitt på figuren, - ett for måling og monitorering av atferd (ekkolodd og kamera) og ett for måling av omgivelses-/miljøparametere. Sensorene som inngår i OF 1 er beskrevet i detalj senere i dette dokumentet.

De matematiske modellene etableres gjennom en kombinasjon av teori og empiri ved å anvende mulitivariat analyse på tidsserier og å finne korrelasjoner mellom sett av variabler.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

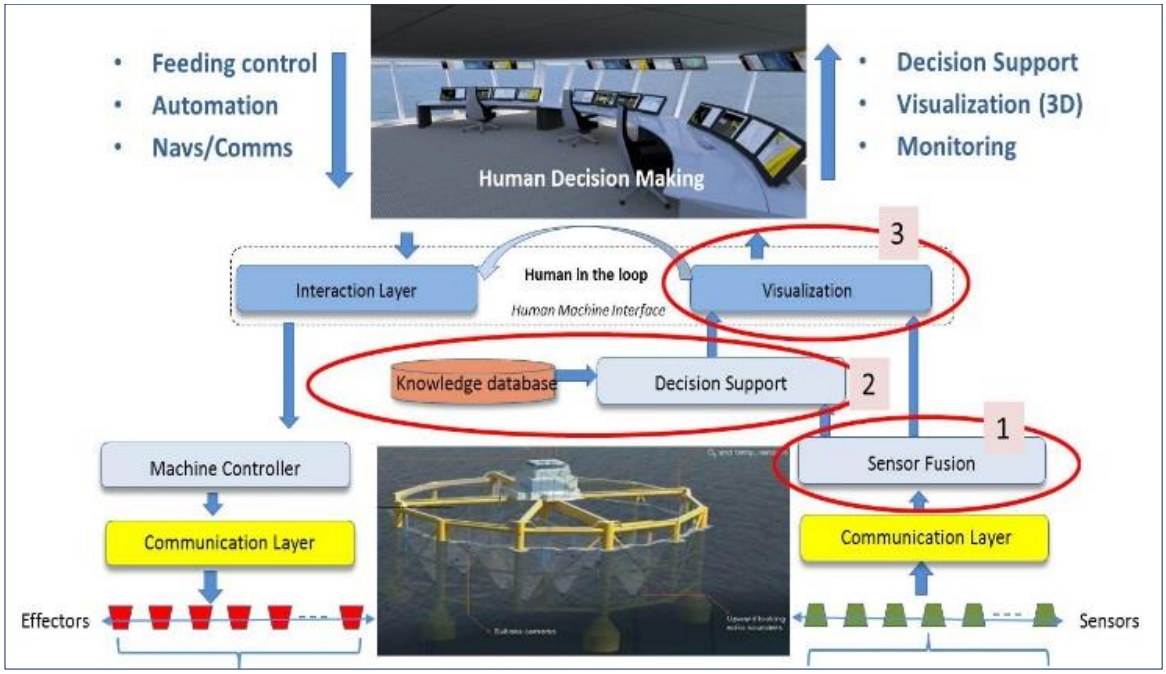
Man har etablert datasett som ved analyse dokumenterer god fiskevelferd og som er et meget godt utgangspunkt for videre utvikling og raffinering av de matematiske modellene.

4.4 Mot automatisk foring

I dagens systemer, så er det operatøren som kontrollerer utforingen basert på observasjon av forspill og fiskens atferd fra undervannskamera.
Hvis man oppnår å få etablert gode nok matematiske modeller for samvirke mellom miljø og biologi kombinert med sanntids målinger fra sensorer, gjerne i form av kunstig intelligens, så vil man kunne «lukke loopen», dvs la datamaskinen foreta optimal utforing. I dette tilfellet vil operatørens hovedoppgave være å overvåke og å ta aksjon hvis automatikken feiler eller tar feil beslutninger. Det er sannsynlig et stykke fram før helautomatisk foring blir en realitet.

4.5 Fisken i sentrum og mennesket i loopen

Figuren nedenfor viser det totale automasjonssystemet for utforing med sensorer og instrumentering og med menneskene «i loopen» på toppen som overvåker, tar beslutninger og som kontrollerer det hele.



Figur 8 Fisken i sentrum og mennesket i loopen

Høyre side av figuren representerer alle sensorene og visualiseringen av undervannssituasjonen, men venstre side representerer kontrollsystemet for utforingen. Sensorene er operatørens «øyne og ører» under vann.

4.5.1 Sensor fusjon

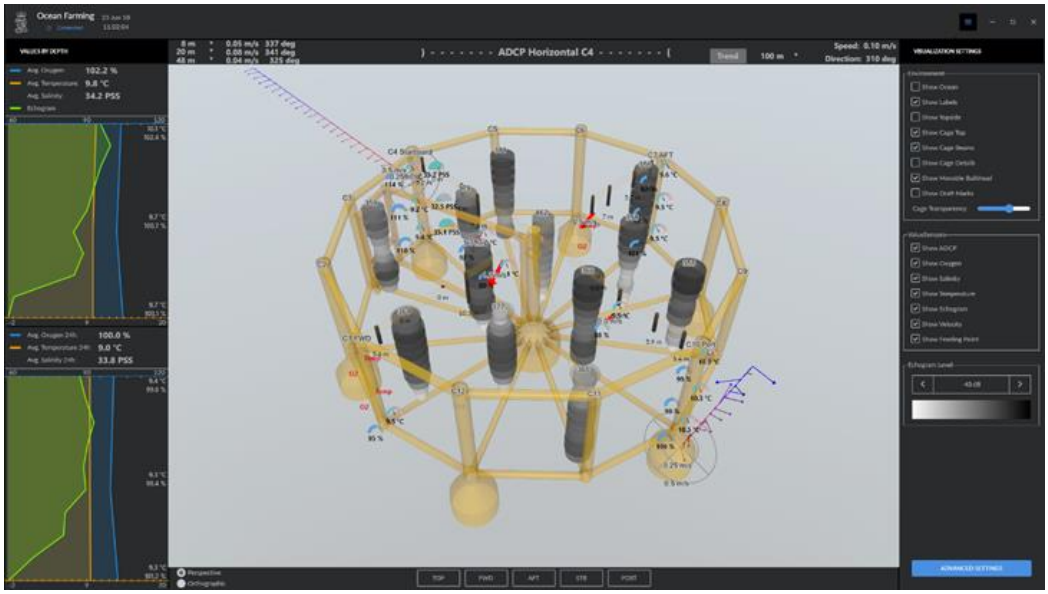
Informasjonen fra de enkelte sensorene «fuses» (angitt med 1 på figuren) før den samlede sensorinformasjonen sendes videre til å bli visualisert for operatørene. I begrepet sensor

© Copyright Kongsberg Maritime AS

fusion ligger blant annet at alle datastrømmene fra de enkelte ekkoloddene, kameraene og miljøsensorene korreleres i tid og rom.

4.5.2 Visualisering

Informasjonen fra alle sensorene settes sammen til et samlet situasjonsbilde (angitt med 3 på figuren) som kalles «Underwater Situation Awarness Picture». Dette gir operatøren et 3D bilde av hvor fisken står i merden, status og tilstand på f.eks. foringssystem, samt detaljerte tidsserier over registreringene fra de enkelte sensorene, - temperatur som funksjon av dybde osv.



Figur 9 Eksempel på Underwater Situation Awareness Picture

4.5.3 Situasjonsforståelse (Situation Awareness)

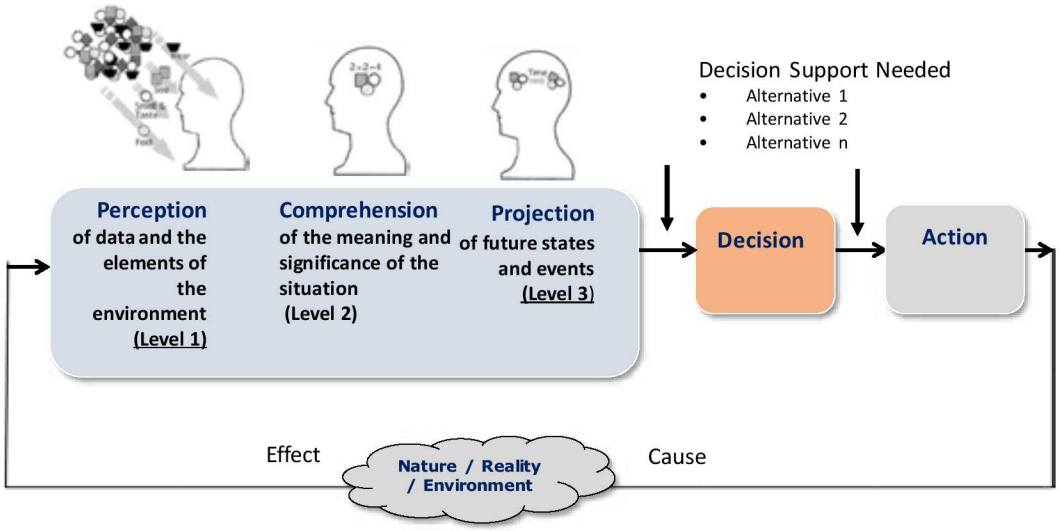
En forutsetning for å kunne ta optimale beslutninger, f.eks. nå det gjelder foring er at man har best mulig situasjonsforståelse (SA – Situation Awareness). Det foreligger en formell definisjon av begrepet SA som består av tre nivåer som vist på Figur 10. (Kilde: Designing for Situation Awareness. An Approach to User-Centered Design. Endsley, Bolte, Jones.)

De tre nivåene er:

- **Persepsjon** (Perception) – bruk av sansene (for mennesket) eller sensorer som registrerer og måler alle relevante parametere i omgivelsene
- **Forståelse** (Comprehension) – forståelse og tolkning av data og ikke minst forstå/oppfatte hva dette betyr for (endringer) av situasjonen man er i.
- **Projeksjon** (Projection) – hvordan vi tror situasjonen kommer til å utvikle seg på kort eller lang sikt

Det er disse tre nivåene som Underwater Situation Awareness Picture representerer og som operatøren baserer sine beslutninger på.

© Copyright Kongsberg Maritime AS



Figur 10 Situational Awareness & Decision Support

Det sies gjerne at "Machines should work, people shall think" i betydningen av at det er datamaskinene som skal sette sammen alle informasjonsbitene som hver enkelt sensor produserer (sensorfusjon) til et mest mulig komplett situasjonsbilde (SA) slik at mennesket ikke behøver å bruke kognitiv energi på dette, men heller kan konsentrere seg om å ta de beste beslutningene og utføre de riktige aksjonene.

Systemet som er implementert på OF 1 er et av de aller første anleggene hvor denne type systemfilosofi og helhetstankegang er benyttet. Den militære OODA loopen (Observe, Orient, Decide, Act), utviklet av den amerikanske obersten John Boyd (https://taylorpearson.me/ooda-loop/) er basert på de samme prinsippene i likhet med rammeverket Precision Fish Farming (PFF) som er kort beskrevet senere i dette dokumentet.

4.5.4 Beslutningsstøtte

Et Underwater Situation Awareness Picture danner et meget godt grunnlag for beslutningsstøtte, men i tillegg utvikles en ekstra beslutningsstøtte modul (angitt som 2 på Figur 8 Fisken i sentrum og mennesket i loopen).

Med referanse til Figur 7 Fiskekybernetikk, så er denne modulen et sett med matematiske modeller som opparbeides gjennom multivariat- og korrelasjonsanalyser av sensordata sammenholdt med målinger av biologisk respons på forskjellige stimuli og miljøtilstand.

Beslutningstøtte modulen vil gi råd til operatøren på hva som er optimalt å gjøre ut fra den aktuelle situasjonen. Et eksempel kan være å anbefale fra hvilket foringssted som bør benyttes og når man kan avslutte foringen.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

5. SAMARBEID MED NTNU OG SINTEF OCEAN

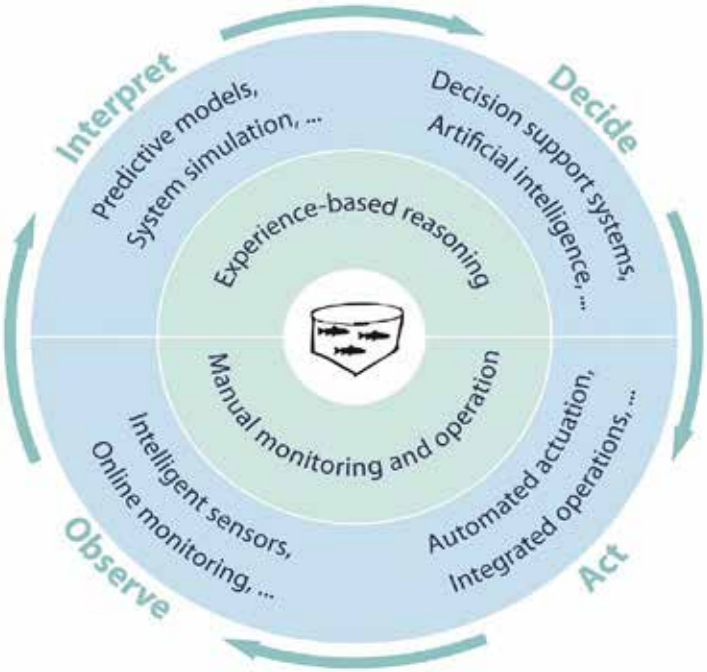
KM samarbeider tett med SINTEF Ocean og flere institutter ved NTNU og har blant annet vært pådriver for å få etablert flere gaveprofessorater.

5.1 Verdens første professorat innen havbrukskybernetikk

SalMar undertegnet i desember 2017 en 5-årig avtale om finansiering av et gaveprofessorat innen fagområdet Havbrukskybernetikk ved Institutt for Teknisk Kybernetikk ved NTNU. NTNU har i tillegg etablert et professorat i tillegg til dette innen Havbiomodeller. Kongsberg Gruppen finansierer et gaveprofessorat innen Big Data Cybernetics. Tilsammen utgjør dette en svært betydelig styrking av forskning og utdanning innen havbruksteknologi ved NTNU.

5.2 Precision Fish Farming

Høsten 2017 ble det utgitt en publikasjon som beskriver et nytt rammeverk for moderne akvakultur kalt Precision Fish Farming (PFF). Den innerste sirkelen viser hvordan dagens oppdrettsvirksomhet er erfaringsbasert og preget av lav automasjonsgrad. PPF rammeverket er en beskrivelse av elementene som utgjør den ytre sirkelen, Observe, Interpret, Decide, Act. Dette tilsvarer i stor grad de samme elementene som er beskrevet i Figur 10 Situational Awareness & Decision Support.



Figur 11 Føre et al. (2017). Precision Fish Farming: A new framework to improve production in aquaculture. Biosystems Engineering. (doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014)

Den videre utviklingen av Kongsberg Maritimes systemer for fiskeoppdrett vil i stor grad følge rammeverket som her er beskrevet gjennom tilpasning av eksisterende og utvikling av nye sensorsystemer, sanntids monitorering, prediktive (matematiske) modeller, beslutningsstøtte og langt høyere grad av automatisering enn hva tilfellet er i dag.

5.3 SFI Exposed Aquaculture Operations

Mange avdelinger i Kongsberg Maritime har deltatt aktivt i SFI Exposed Aquaculture Operations gjennom hele senterets eksistens. Styreleder fram til siste generalforsamling har vært fra Kongsberg-gruppen. KM ser på deltagelsen i SFI Exposed som meget viktig når det gjelder videreutvikling av systemer for havbaserte og eksponerte fiskeoppdrettsanlegg.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

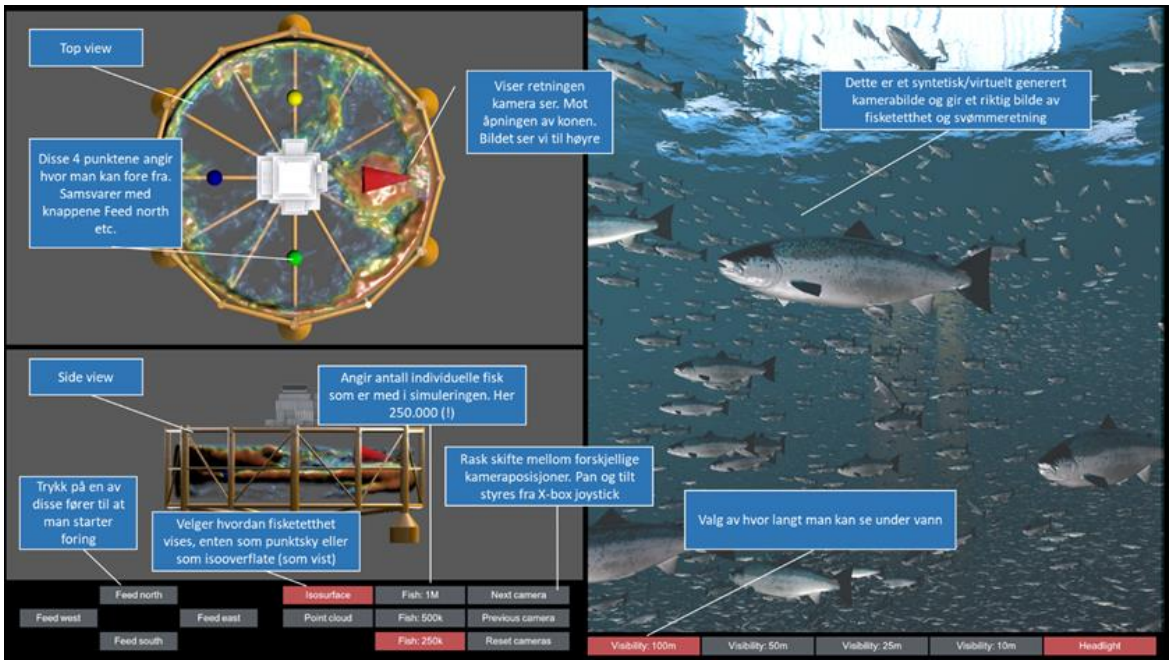
5.4 SimSalma – matematisk modell og simulator for fiskeatferd

KM har utviklet en simulator som simulerer fiskens atferd i merda. Modellene som ligger til grunn er som beskrevet i en publikasjon fra NTNU/SINTEF, Føre, Martin; Dempster, T; Alfredsen, Jo Arve; Johansen, V; Johansson, D. (2009) Modelling of Atlantic salmon (Salmo salar L.) behaviour in sea-cages: A Lagrangian approach. Aquaculture. vol. 288 (3-4).).

Modellen representerer svømmehastighet og retning som i hovedsak en respons i forhold til notvegg, mat, temperatur, lys og avstand til andre fisk. Simulatoren kan simulere opptil 1 million individuelle fisk. Det er videre mulighet for å «fore» fisken fra 4 steder i den simulerte merda og et virtuelt kamera kan flyttes rundt slik at man kan observere fisken gjennom syntetisk genererte kamera.

SimSalma vil utvikles videre og oppdateres med data fra OF 1 slik at den kan bli en viktig del av operatørens beslutnings støtte. Simulatoren demonstrerer på mange måter hva som kan kalles den kybernetiske metoden; - man etablerer en *estimator* eller matematisk modell basert på empiri og *a priori* kunnskap og så raffineres, tilpasses og endres denne estimatoren ved hjelp av målinger fra sensorer. I dette tilfellet, dvs for OF 1, må målingene gjøres over lange tidsperioder som må gå over flere utsett slik at modellen fanger opp sesongvariasjoner, variasjoner i genetisk materiale osv.

På høyre side av figuren nedenfor vises et virtuelt (VR- Virtual Reality) bilde fra undervannskamera. Dette er et eksempel på hvordan SimSalma i en ikke altfor fjern fremtid kan benyttes til å generere virtuelle bilder fra undervannskamera fra et hvilket som helt punkt i merdvolumet.



Figur 12 SimSalma – simulator for fiskeatferd

5.5 Sanntidsovervåkning av atferd og fysiologisk tilstand hos oppdrettslaks

Et annet samarbeidsprosjekt med NTNU som er igangsatt og som vil fortsette i årene fremover gjelder utvikling og utprøving av elektronisk fiskemerketeknologi i OF 1.

Målet med dette prosjektet er å utforske hvilke muligheter og begrensninger som finnes i bruk av akustisk fisketelemetri som metodikk for overvåkning av oppdrettslaks i Ocean Farm 1, og tilrettelegge for utvikling av merketeknologi som gir sanntidsdata om fiskens atferd og fysiologiske tilstand på individnivå.

Tilstand og utvikling til en laksepopulasjon i en oppdrettsmerd er til syvende og sist et resultat av prosesser som foregår på individnivå. Biomassevekst er et resultat av individer som spiser og fordøyer fôr, noen individer dør av ulike årsaker, og god eller mindre god fiskevelferd er en tilstand som oppleves og har konsekvenser for individet. Den store mengden av individer som er fordelt over OF 1 sitt relativt store volum krever imidlertid av praktiske hensyn at drift og røkting av anlegg håndteres på populasjonsnivå.

Til tross for dagens svært effektive lakseproduksjon, er det grunn til å tro at det er rom for betydelig optimalisering dersom kunnskapen om prosessene som foregår på individnivå kan økes. Detaljert innsikt i individenes respons på ulike driftsregimer, operasjoner og miljøforhold, og ikke minst hvilke variasjoner i respons som eksisterer, vil gjøre det mulig å øke presisjon i driften for bedre vekst og velferd. På grunn av dynamikken i oppdrettsprosessen, ville det være spesielt nyttig dersom slik informasjon kunne fanges opp «når det skjer», systematiseres og gjøres tilgjengelig gjennom avanserte beslutningsstøttesystemer. Denne formen for presisjonsdyrehold har vært og er under utvikling i mange år under betegnelsen «Precision Livestock Farming», og generelt i landbruket som «Precision Agriculture», og en tilsvarende utvikling bør kunne skje innen havbruk («Precision Fish Farming»).

Vedvarende observasjon av enkeltindivider i industriskala oppdrettsmerder over timer, dager og måneder, er teknisk og operasjonelt krevende. Akustisk fisketelemetri, som i utgangspunktet er utviklet som et verktøy for vitenskapelige studier av villfisks atferd og økologi, er imidlertid en teknologi som sannsynligvis kan utvikles og tilpasses behovet for mer individkunnskap, overvåkning og styring av produksjonen. Innen all individmerking, og spesielt for akustiske sendere, er det et ufravikelig krav at merket må være så lite at det ikke påvirker fiskens naturlige atferd, verken i seg selv eller som en følge av implanteringen.

Figur 13 Eksempel på "tag" fra Thelma Biotel

Dette prosjektet søker å utforske mulighetene og tilrettelegge for en utvikling der akustisk telemetri kan bli et operasjonelt verktøy innen storskala oppdrett med utgangspunkt i OF 1. Det tas sikte på å etablere et operativt akustisk fisketelemetrisystem i OF 1 for å studere muligheter og begrensninger i eksisterende løsninger, samt å legge til rette for videreutvikling av teknologien mot nye sensorsenderløsninger som gir fysiologisk relevant informasjon om fisken og som kan knyttes til tilstander som appetitt, stress og fiskevelferd.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

6. SENSORER OG FISKEVELFERD I MERD

6.1 Innledning

- God fiskevelferd sikrer god vekst og lav dødelighet
- Atferden til fisken er en av de beste velferdsindikatorene
- Fisk som har god velferd vil ha stor dynamikk i svømmeaktivitet og stiming, og reagere spontant på fôring og andre påvirkninger
- Dårlig velferd med stress og sykdom sees som liten eller ingen reaksjon på fôring, stereotyp og treg svømming og manglende stimatferd

6.2 Sensorer og installasjon

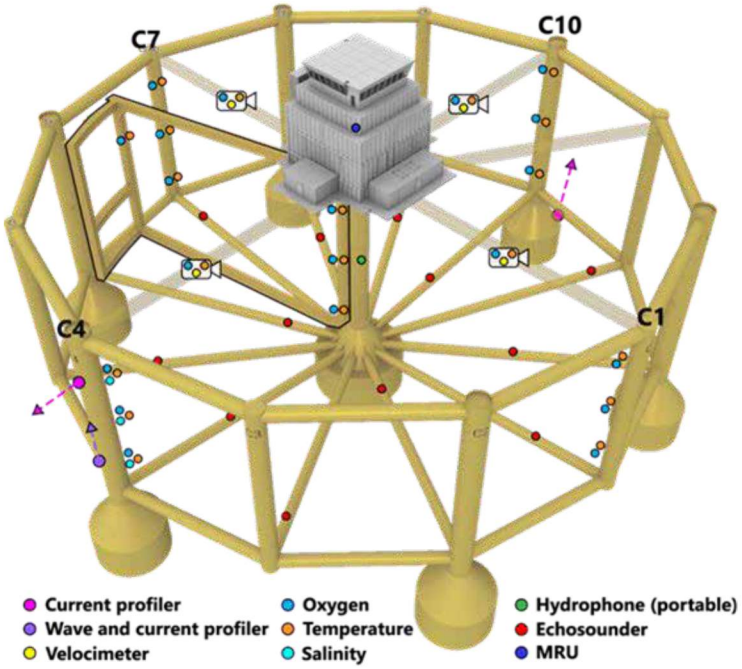
Tabellen under gir en oversikt over sensorene som er installert under vann i OF 1.

Sensor	Bruk av informasjon
14 EK80 ekkolodd	Fiskens atferd/velferd, vertikal og horisontal fordeling av fisk, biomasseindeks, fiskestørrelse, vekst, fôrspill, uttak.
4 Kamera	Apetitt, fôrspill, fôringskontroll, oppførsel, sykdom. Skader på not, fiskevelferd.
20 Oksygen sensorer	Fiskevelferd og sikkerhet for fisken, input til beslutning om fôrmengde, appetitt.
16 Temperatur sensorer	Fiskevelferd, input til beslutning om fôrmengde
ADCP horisontal **ADCP vertikal**	Vannhastighet måles i flere punkter i et vertikalt og horisontalt profil
AWAC	Bølgemåling og vertikal strømningsprofil ved merda
4 Vector	Måler vannhastighet på 4 punkter inne i merda.
Salinitet, konduktivitet	Vannkvalitet
Hydrofon	Måler akustisk støy, avgjøre om lydbildet er stressende for fisken.
Turbiditet	Måler partikler i vannet
Fluorometer	Måler algeblomstring
PAR – Photosynthetic Active Radiation	Måler lyset som driver algeblomstringen
MRU – Motion Reference Unit	Hiv, stamp og rull i merda

© Copyright Kongsberg Maritime AS

6.3 Sensorplasseringer

Figuren under viser plasseringen av sensorene i Ocean Farm 1.



Figur 14 Sensorplasseringer

6.4 Sensorer for observasjon av fisk

6.4.1 Kamera

Kamera er operatørens viktigste instrument for observasjon av fisken ved siden av det blotte øyet. Veletablert og enkelt å tolke, men har begrenset rekkevidde og fungerer dårlig i mørke og når sikten i vannet går ned.

6.4.2 Ekkolodd

Ekkolodd er et alternativ som har lang rekkevidde og er ikke påvirket av sikt eller mørke. De kan fastmonteres i merdkonstruksjonen og således ikke forstyrre fisken på noen som helst måte (non-invasiv).

Ekkoloddet vil observere stimer av fisk og enkeltfisk med både svømmehastighet og retning i hele merddypet. Ekkogrammer er vanskelige å tolke og prosessering av data er en forutsetning for nytteverdi i daglige operasjoner.

Det er ønskelig at ekkoloddet har et stort observasjonsvolum for å se mest mulig fisk, men dette går på bekostning av oppløsning av enkeltfisk. Et enkelt ekkolodd med bred akustisk stråle vil ikke kunne se enkeltfisk med de fisketettheter som er i merd. Om flere fisk er på samme avstand i strålen, blir de smørt sammen til ett stort ekko. Dette vil gjelde i hele

© Copyright Kongsberg Maritime AS

strålevolumet. Desto bredere stråle, desto færre enkelfisk vil ekkoloddet se. Brede stråler er derfor uegnet til studier av enkeltfisk i merd. En fullverdig bedømmelse av fiskens atferd, krever at ekkoloddet kan se enkeltfisk. Det er viktig at fisk kan spores slik at både svømmehastighet og svømmeretning kan bestemmes. I merd er dette bare mulig med smale akustiske stråler. Løsningen i merd er derfor flere smale heller en brede stråler.

Skal både stort observasjonsvolum og god oppløsning tilfredsstilles er løsningen *multibeam* som er mange smale stråler samlet i en vifte.

6.4.3 Fiskemerker

Kamera og ekkolodd gir viktig informasjon om fiskens aktivitet og atferd, men måler ikke fysiologisk status. Vurderingen av fiskens velferds- og stressnivå ville hatt stor nytte av å følge enkeltindivider i merden, eller enda bedre, å følge deres stressnivå.

Fiskemerker eller «taggs» er små sensorer som legges inn i buken på fisken. De kan fjernmåle posisjon på enkeltindivider i merden, måle deres akselerasjon og noen taggs kan måle hjertefrekvens. Stressnivå, aktivitet og hjertefrekvens henger nøye sammen og planlegging av daglige rutiner og foringskontroll vil ha stor nytte av informasjon fra sensorer på enkeltfisk. Kombinert med kamera og ekkolodd vil dette representere noe helt nytt i overvåking av fisk i merd og være godt forberedt til å møte økende myndighetskrav til dyrevelferd. Se avsnitt 5.5 Sanntidsovervåkning av atferd og fysiologisk tilstand hos oppdrettslaks for beskrivelse av igangsatt prosjekt sammen med NTNU.

6.5 Sensorer for miljø og vannkvalitet

6.5.1 ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler).

Variant av ekkolodd som kartlegger vannstrømmer utenfor en merd. Måler doppler på små partikler som følger vannstrømmen og presenterer en vannstrøms-profil. Avhengig av orientering kan både vertikale og horisontale vannstrøms-profiler vises. En egen utgave av ADCP måler også bølgehøyde, bølgelengde og bølgeretning.

6.5.2 Punktmåling av vannstrøm

Dette er en ekkoloddvariant som måler vannstrøm i et punkt rett ved sensoren. Blir i liten grad forstyrret av fisk. Viktig i vurdering av fôrspill, hvor mye vann som strømmer gjennom merden og oksygennivå. Viktig for å tolke fiskeatferd og oksygennivå på ulike steder i merden.

6.5.3 Oksygen (O2)

Oksygen i vann måles med en optode-sensor hvor prinsippet er en membran som fluoriserer avhengig av oksygenmengde. Oksygen er livskritisk og ved utilstrekkelig vanntilførsel kan fisk dø i løpet av minutter. I merd kan fisk også oppleve perioder med lave, men ikke-dødelige, oksygennivåer. Da går forbrenningen ned og tilveksten blir dårligere. Fôringsrutiner må ta hensyn til dette. Oksygen kan variere lokalt i en merd og må derfor måles i hele merdvolumet. Oksygennivåer må sammenholdes temperatur. Oksygenmengden i vannet går ned med økende temperatur. Samtidig øker laksens oksygenforbuk med økende temperatur. Det er kritisk at oksygen- og temperaturmålinger alltid er tilgjengelige. Videre vil oksygennivå

i merda avhenge av vannutskiftingen slik at vannstrømsmålinger er viktig i tolking av oksygenverdiene. Ett forhold er å se på forskjell i oksygennivå mellom vann som strømmer inn og ut av merda. Forskjellen sier noe om fiskens forbruk og anleggets egnethet med tanke på oksygennivåer.

Når oksygenmengden i luft og vann er i likevekt er vannet er 100% mettet med oksygen. Metningen er som nevnt temperaturavhengig hvor varmt vann holder på mindre oksygen enn kaldt vann. Et vanlig kritisk nivå for oksygen med tanke på fiskevelferd er 70% metning. Oksygenmengden i vannet varierer naturligvis med fiskens forbruk. Ved algeblomstringer vil fotosyntese produsere oksygen i sollys og metningen kan komme over 100%. Om natten vil algene forbruke oksygen (og produsere CO_2), og metningen reduseres. Nedbrytning av organisk materiale i merden fører også til lavere O_2 verdier. Oksygenmetninger over 100% kan i noen tilfeller føre til gassblæresyke hos fisk med dannelse av luftbobler i ulike vev.

6.5.4 Temperatur

Fisk er vekselvarme og vil ha samme kroppstemperatur som vannet de lever i. Stoffskiftet varierer tilsvarende og fisk trenger mere fôr i varmt vann enn i kaldt vann. I bestemmelsen av daglig fôrrasjon, må fiskens fordeling vurderes i forhold til temperaturgradienter. Fisken må fôres i henhold til den temperaturen den står på.

Temperatur påvirker fiskens tilvekst, aktivitet og atferd og oversikt over temperaturgradienter i merden er derfor nødvendig. Tilvekst er en indikator på fiskens helsetilstand og kan ikke vurderes korrekt uten informasjon om temperatur.

6.5.5 Salinitet

Saltinnhold i vann måles som ledningsevne (konduktivitet). Gjellene til fisken består av en tynn hinne som skiller blod og vann. Hinnen er foldet for å gi et så stort overflateareal som mulig. Dette er en forutsetning for et effektivt opptak av oksygen og utskillelse av CO_2 og andre avfallsstoffer som ammoniakk. Gassvekslingen mellom blod og vann skjer ved diffusjon over gjellene. Prisen for å sikre tilstrekkelig gassveksling er lekkasje av vann og salter over den tynne gjellehinnen. Fiskeblod har en saltholdighet som er 1/3 av saltvann. Dette betyr at vann fra blod vil diffundere ved osmose ut av fisken. Fisken tørker ut og uten at dette reguleres vil fisken raskt dø. Reguleringer skjer hos saltvannsfisk ved at de drikker vann og kvitter seg med salt ved hjelp av egne saltpumper i gjellene. Disse drar mye energi, noe som går på bekostning av andre prosesser. Det er særlig ved endringer i vannets saltinnhold at energikosten er høy. Saltinnhold i vann må derfor måles og det er viktig å fange opp endringer. I slike perioder er fisken sårbar og bør skånes fra andre påkjenninger.

6.5.6 Turbiditet

Sensoren måler demping eller refleksjon av laserlys som sendes gjennom vann. Dempingen/refleksjonen avhenger av partikkelkonsentrasjonen i vannet og er et mål på vannkvalitet. Mange partikler i vannet, gir fisken et dårligere miljø. Skit fra fisken vil være en vesentlig kilde til partikler i merd, så målinger bør gjøres både oppstrøms og nedstrøms i merdena for å skille fiskeskit fra andre partikler.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

6.5.7 Fluorometer

Sender ut laserlys med en bølgelengde som får alger til å fluorisere. Mengden alger bestemmes som graden av fluorisering. Spesielt under vårblomstringen kan konsentrasjonen av alger bli så høy at vannet misfarges i en slik grad at fisken får problemer med å se pelleten. Kamera i merda blir også til liten nytte. Alger er planteplankton med fotosyntese og må sees sammen med målinger av oksygen og CO_2 i vannet, samt lysmålinger (PAR-sensor). I sjeldne tilfeller kan algeblomstringer føre til fiskedød.

6.5.8 Karbondioksid (CO_2)

Sensoren har et kammer skilt fra vann med en membran. CO_2 diffunderer fra vann og inn i kammeret hvor måleprinsippet er laserlys som dempes avhengig av CO_2 konsentrasjon. Høyt CO_2 nivå reduserer fiskens evne til å ta opp oksygen, gir mistrivsel og redusert tilvekst og fører også til forsuring av vannet.

6.5.9 pH

Mål på havforsuring. Flere måleprinsipper har vært brukt og det siste er ISFET (ion-sensitive field-effect transistor) som er en egen transistor som måler konsentrasjonen av syreioner (pH) i vann. pH og CO_2 er to sider av samme sak. CO_2 reagerer med vann og danner syre. Lav pH endrer vannkjemien og kan utløse negative fysiologiske reaksjoner hos fisken. Koster energi og skaper mistrivsel.

6.5.10 Ammoniakk (NH_3)

Sensorer er at typen ioneselektive eller amperometriske. Ammoniakk skilles ut i fiskens urin og er giftig. Dårlig vannutskifting kan medføre dødelige konsentrasjoner.

6.5.11 Hydrofon

En undervannsmikrofon som måler lyd og støy i vann. Sees i forhold til hva fisken kan høre og brukes til å vurdere i hvilken grad fisken påvirkes at støy. I perioder med mye støy bør fisk skånes fra ytterligere påvirkning.

6.5.12 MRU (Motion Reference Unit)

En MRU (Motion Reference Unit) er installert for å logge merdens bevegelser. Det er viktig å se på hvordan bølger og merdens bevegelser påvirker fisken. Data om vannstrøm sammen med værdata er relevante for å modellere kreftene som virker på merden og i planlegging av båtanløp og annen aktivitet.

6.6 Fôring

Den største delen av produksjonskosten for laks er fôr, og god kontroll på fôringen er essensielt. Spill av fôr er ikke bare et økonomisk tap, men også en belastning på miljøet. I OF 1 kan fôr introduseres både over og under vann. Utfôringspunkter er distribuert i hele merden og kan individuelt styres til å administrere fôr til de stedene hvor fisken står. Utfôringspunktene under vann kan justeres til ulike vanndyp.

Ekkolodd og kamera er de instrumentene som operatøren bruker til å bestemme hvor fisken står og justere utfôringen deretter, samt observere fiskens reaksjon på fôring. Det viktigste er å vite når fôringen skal stoppes og observasjon av fiskeatferd og fôrspill vil bestemme

dette. Informasjon om vannstrøm er også viktig. Både hastighet og retning på pellet tas med i vurderingen. Ref avsnitt 7.5 Utvikling av beslutningsstøtteverktøy

Undervannsfôring er videre tiltenkt å trekke fisken ned fra overflatelaget hvor påslag av lakselus er størst.

6.7 Fiskevelferd og stress

Laks er en fisk som lett lar seg stresse fordi de naturlig flykter når de opplever noe truende. Den har en lav terskel for fluktrespons. En flyndre har høy terskel for fluktrespons og vil naturlig heller vise en frysrespons («trykking») når de blir skremt.

Daglige rutiner i merd må ta hensyn til fiskens stressnivå fordi stress er forbundet med en rekke negative effekter som redusert tilvekst og svekket sykdomsforvar. Kjente stressfaktorer i merd er prøveuttak, sortering, lusebehandling og vaksinering. Dårlig vannkvalitet og støy kan også utløse stressreaksjoner. Akutt stress er den spontane reaksjonen fisk viser på en påkjenning, og er en del av fiskens naturlige frykt-flukt atferd. Problemet i merd er at akutte stressreaksjoner kan opptre så ofte at tilstanden blir kronisk. Det er i første rekke da de negative effektene av stress kommer til uttrykk. Det er derfor viktig at fisk får roe seg helt ned før de opplever en ny påkjenning. I bedømmelsen av fiskens stressnivå, velferd og atferd er en rekke sensorer relevante.

Fiskevelferd er svært påaktet i laksenæringen og informasjon om fiskens stresstilstand vil være viktig i røkterens daglige beslutningstøtte.

Kunnskap om varigheten og styrken av en stressrespons er viktig slik at tiltak kan treffes for å unngå at stress akkumuleres og går over i en kronisk tilstand. Informasjon om adrenalin og kortisol krever blodprøvetaking og analyser på laboratoriet. I tillegg vil selve blodprøvetakingen stresse fisken og komplisere datatolkingen. Adrenalin og kortisol er derfor uegnet som stressindikatorer i merd.
Av de sekundære stressresponsene er hjertefrekvens, glukose, laktat og pH relevante indikatorer som det er lettere å måle enn adrenalin og kortisol. De er imidlertid ikke spesifikke for stressresponsen og kan endres av andre årsaker.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

7. RESULTATER

Man har i løpet av pilotfasen samlet et stort og rikt datasett for videre analyser, metode- og verktøyutvikling, samt som sporingsverktøy.

En høykapasitets bredbåndsforbindelse er installert på Ocean Farm 1. Dette muliggjør sikker overføring av data til Kongsbergs skyløsning, Kognifai. Kognifai forenkler og effektiviserer sporing av ulike driftssituasjoner, muliggjør avansert analyse, maskinlæring og kombinasjon av data med modeller.

Alle sensordata lagres fortløpende og i parallell, og historiske data kan hentes hurtig fram for visning og analyse. Informasjon fra ekkoloddene om hvor fisken står i merda brukes av automasjonsløsningen for utforing. Dataene er tilrettelagt for maskinlæring. Miljødataene dokumenterer at kravet til fiskevelferd er tilfredsstilt i hele vekstperioden. Ekkolodd og kamera viser at fisken har sunn atferd både i forhold til aktivitet og appetitt.

7.1 Fiskens oppførsel i merda

Fiskens atferd, som svømmeaktivitet og appetitt, er et uttrykk for fiskens trivsel. Stor aktivitet og stim-dannelse tyder på god fiskevelferd, da en stresset fisk har mindre energi til bevegelse og vil være mindre aktiv. Atferd som velferdsindikator er beskrevet flere steder i litteraturen, en aktuell kilde er Fishwell-håndboka p 3.1.2. s 30.

Kamera og ekkolodd, samt direkte observasjoner, har overvåket laksens atferd. Fordelen med ekkolodd er lang rekkevidde og at det er ikke begrenset av dårlig sikt og mørke. Laksen har hatt et stort volum å boltre seg i på Ocean Farm 1, og inntrykket fra tolkningen av data fra ekkoloddene er at fisken virkelig har utnyttet dette.

Det er samlet store mengder data i løpet av pilotfasen av Ocean Farm 1, et datagrunnlag som kan brukes som basis for mye vitenskapelig arbeid, noe man så vidt har begynt på. Men ekkoloddene brukes i daglig drift, og man begynner å danne seg et godt bilde av variasjonene i fiskeatferd over døgnet.

Foreløpig er oppsummeringen av det vi observerer fra ekkoloddene følgende:

- Det er stor svømmeaktivitet i merda, fisken viser et mye rikere atferds-repertoar enn det KM har observert med ekkolodd i mindre merder (<200 000 fisk).
- Fisken viser tydelig respons på fôring.
- Fisken danner flere stimer enn KM har observert med ekkolodd i mindre merder.
- Fôring 6-10 m under vann gjør at fisken i lange perioder holder seg nede.
- Fiskens bruker hele merdvolumet uavhengig av vannstrøm
- Fisken viser karakteristisk døgnatferd

7.1.1 Tolkning av ekkogrammer

Ekkolodd montert på en båt er basert på at man sender ut korte lydpulser nedover i vannet («ping») og så registrerer ekko fra objekter i vannsøylen (fisk og annet) samt fra bunnen. På

Ocean Farm 1 er ekkoloddene montert «opp-ned» i forhold til om bord i en båt, dvs i bunnen av merda og pinger oppover. På ekkoloddets skjerm om bord tegnes en vertikal linje for ekkoene fra hvert ping med en fargekoding som tilsvarer ekkostyrken til det som lydpulsen har truffet på. Etter hvert som tiden går bygges disse linjene sammen til et ekkogram hvor tiden beveger seg mot høyre. Et ekkogram her blir altså en visualisering av en tidsserie fra volumet rett *over* ekkoloddet. Merk at en båt beveger seg, mens merda står stille slik at ekkoloddet observerer det samme vannvolumet hele tiden.

Ekko kommer i hovedsak fra svømmeblæra til fisken og fra vannoverflata. Røde felt i bildet viser et område med stor ekkostyrke, dvs. mange fisk, eller stor biomasse. Blå eller hvite felt indikerer lite fisk. Ocean Farm 1 har 12 vitenskapelige ekkolodd med høy oppløsning, Simrad EK80. Med disse er man i stand til å observere ekko fra enkeltfisk, pellets og gassbobler. Slike ekkolodd brukes blant annet i bestandsestimering av villfisk.

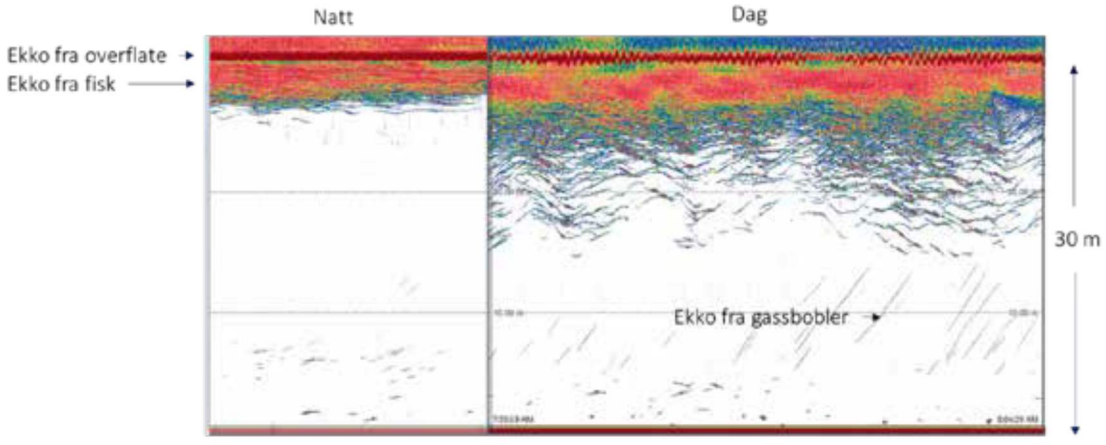
7.1.2 Observasjoner av fiskeatferd i Ocean Farm 1

God fiskevelferd er en forutsetning for god vekst og lav dødelighet. Atferden til fisken er en av de beste velferdsindikatorene.

- Fisk som har god velferd vil ha stor dynamikk i svømmeaktivitet og stiming, og reagerer spontant på fôring og andre påvirkninger
- Dårlig velferd med stress og/eller sykdom sees som liten eller ingen reaksjon på fôring, stereotyp og treg svømming og manglende stimatferd

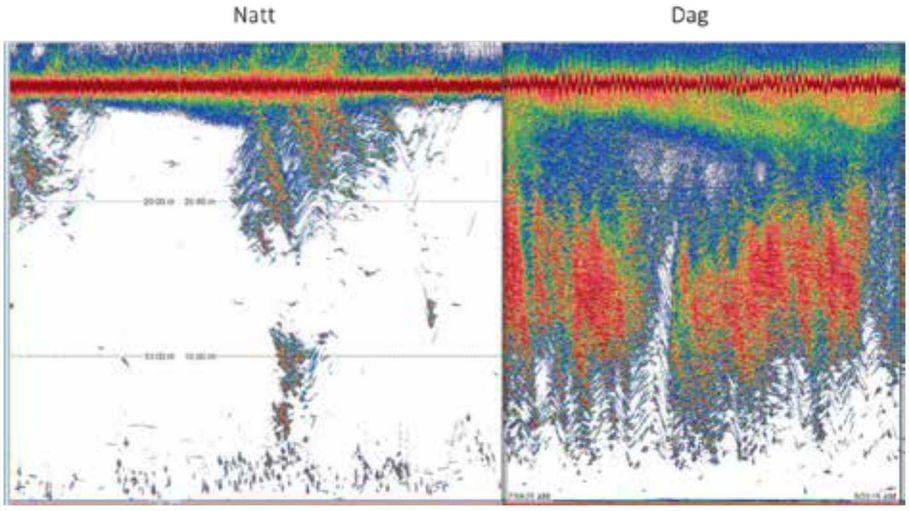
7.1.2.1 Atferd rett etter utsett.

Rett etter utsett hadde fisken lav aktivitet. Ekkogrammene i Figur 15 er fra ett av de 12 ekkoloddene og viser at fisken står nært overflaten med lav aktivitet både natt og dag. Den viser heller ingen tydelig respons på foring. Vi tolker dette som at fisken er stresset etter påkjenningen ved transport og utsetting i nytt miljø.



Figur 15 Ekkogrammer fra natt og dag rett etter utsett. Fisken står nært overflaten og er passiv, noe som indikerer stress hos fisken.

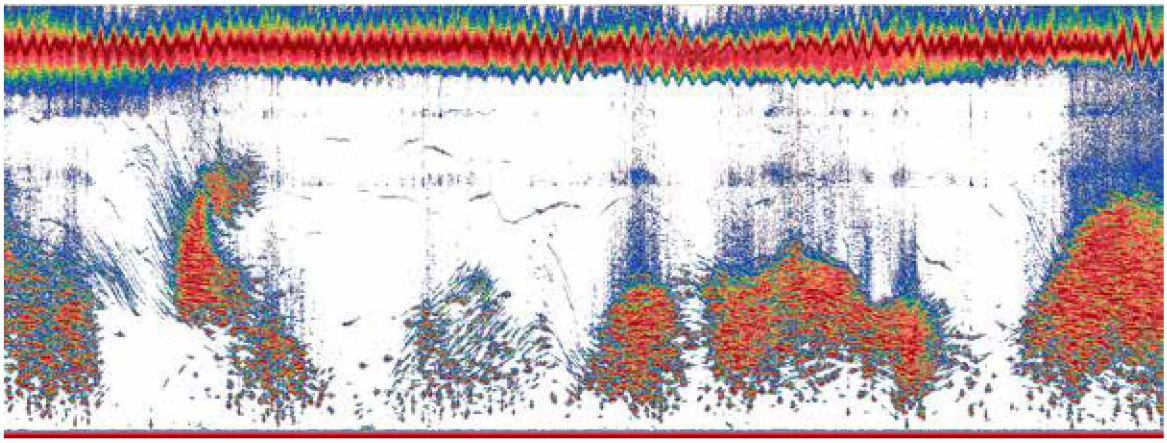
I løpet av noen dager øker fisken aktiviteten. Fisken tar i bruk hele merddypet, viser stimdannelse og reagerer med atferdsendring på fôring. Kameraobservasjoner bekrefter at fisken tar fôr. Ekkogrammet i Figur 16 viser høy og varierende aktivitet på natten, og på dagen en atferd som endres i takt med utforingen, noe som tyder på appetitt. At fisken er aktiv og har appetitt tolkes som god fiskevelferd.



Figur 16 Ekkogrammer fra natt og dag noen dager etter utsett. Om natten viser fisken høy variasjon i aktiviteten. Om dagen er atferden i takt med utforingen.

7.1.2.2 Normalatferd hos fisken på Ocean Farm 1

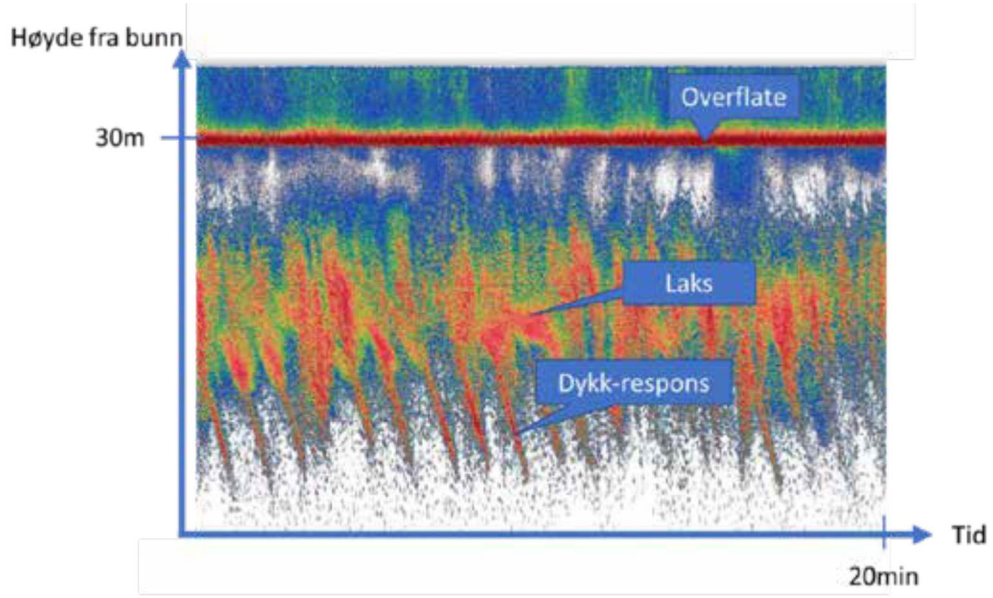
Som tidligere nevnt, viser fisken på Ocean Farm 1 et rikere atferdsrepertoar enn det KM har observert i mindre merder. Merdvolumet er så stort at det ikke begrenser fiskens atferd. Med mindre merder menes her alt fra merder som benyttes i konvensjonelle oppdrettsanlegg og som kan romme inntil 200.000 fisk og ned til vesentlig mindre merder som benyttes i forskningsøyemed.
I ekkogrammet under ser man stim-dannelse i tillegg til spor etter enkelt-fisk. Fisken beveger seg også vertikalt. Relativt store bølger framkommer som sikksakk-mønster øverst. Stimdannelse er et tegn på god velferd.



Figur 17 Stimdannelse sett med ekkolodd.

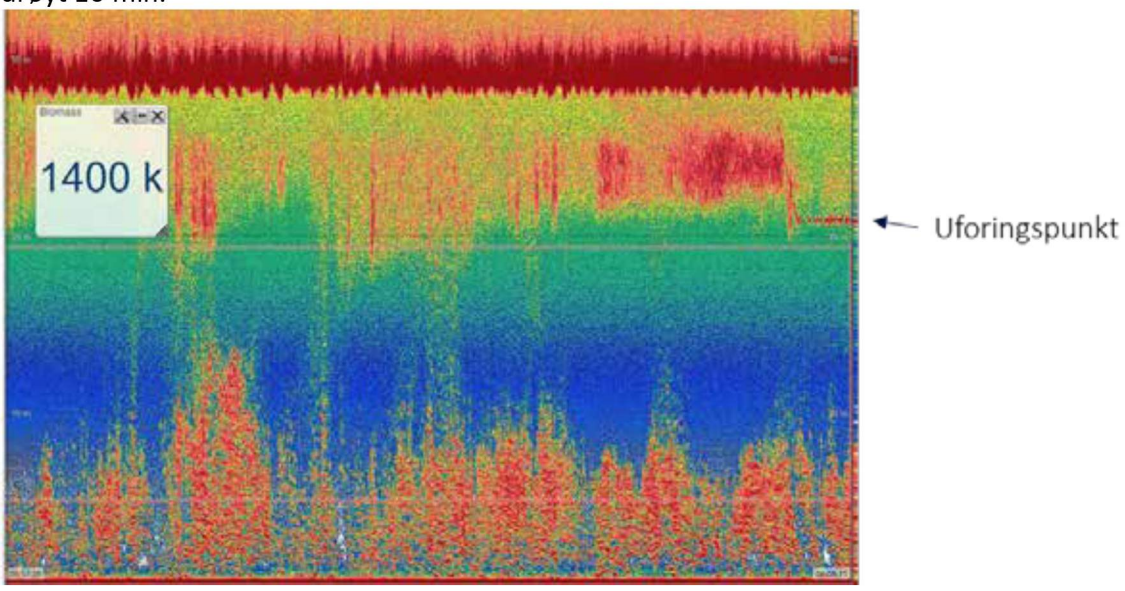
© Copyright Kongsberg Maritime AS

Ekkogrammet i Figur 18 er fra et ekkolodd som står plassert i nærheten av et fôringspunkt. Man ser det er lite fisk rett under overflata, men mye fisk ca 8-10 m nede indikert ved den røde fargen. Man får dermed bekreftet fra ekkogrammet at undervannsfôring bidrar til å holde fisken nede godt under overflata. Fôret kommer i doser hvert minutt, og de skrå, røde linjene er ekko fra fisk som dykker etter fôret. Denne atferden observeres ikke på natta når det ikke fôres.



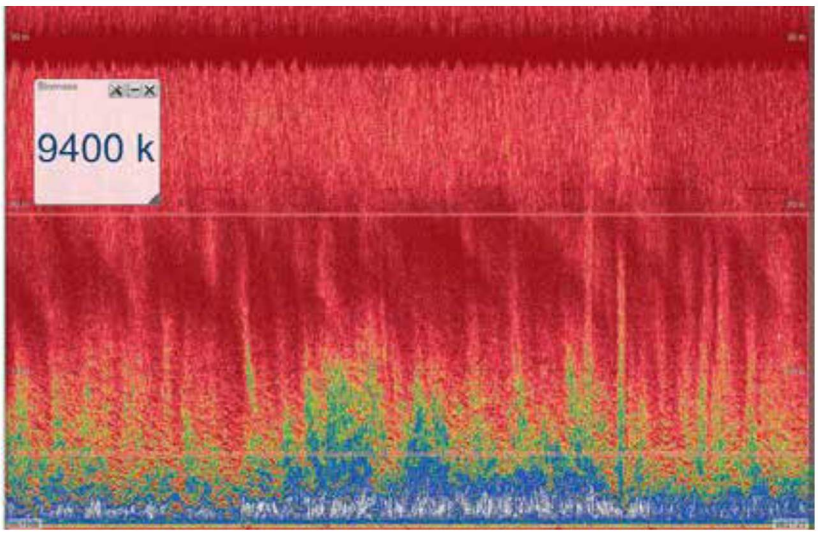
Figur 18 Her fôres det på ca 8 meters dybde, ekkogram over 20 minutter.

Det er også installert fôringsekkolodd på Ocean Farm 1. Disse har en noe større åpningsvinkel enn de vitenskapelige ekkoloddene, og gir noe «grovere» ekkogrammer. I Figur 19 ser man en situasjon før fôring, med relativt lite fisk i bildet. Øverst til høyre vises ekko av fôringsslangen som senkes i posisjon før foring. Mesteparten av fisken står i bunnen av merda. En mindre gruppe fisk står nærmere overflaten, men forsvinner når fôringsslangen senkes ned. I vinduet øverst til venstre vises et biomassetall for fiskemengden. Tidsaksen er drøyt 10 min.



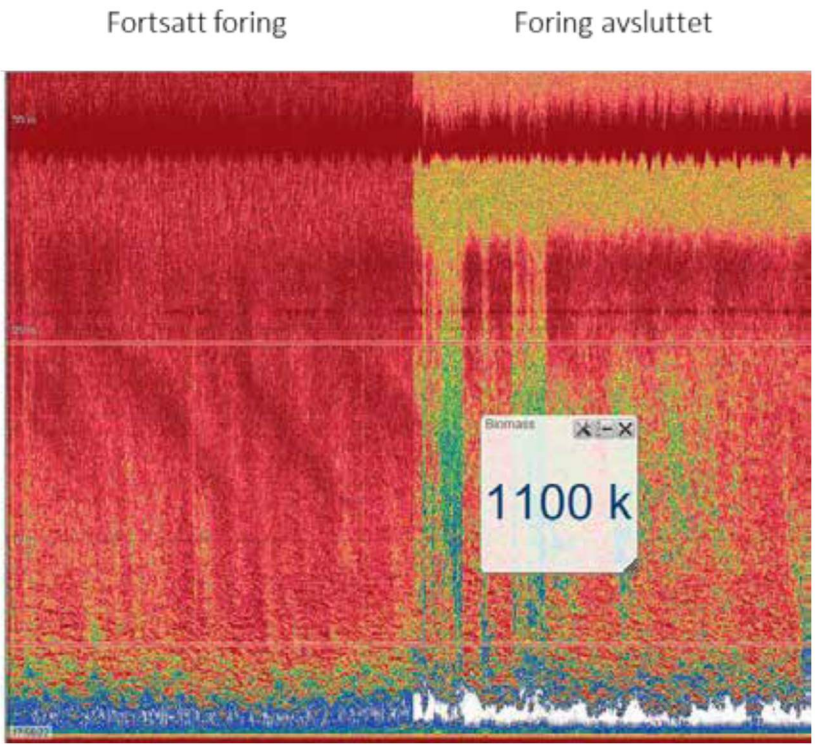
© Copyright Kongsberg Maritime AS

Figur 19 Ekkogram fra fôringsekkolodd, rett før fôring starter. Ca 10 minutters serie. Lav biomasse.



Figur 20 Ekkogram fra fôringsekkolodd. Stor biomasse.

Ekkogram fra samme foringsekkolodd et par timer inn i foringssyklus er vist i Figur 20. Fisken har nå trukket til foringspunktet og viser typisk foringsatferd. At fiskemengden rundt foringspunktet har økt reflekteres også i det økte biomassetallet.

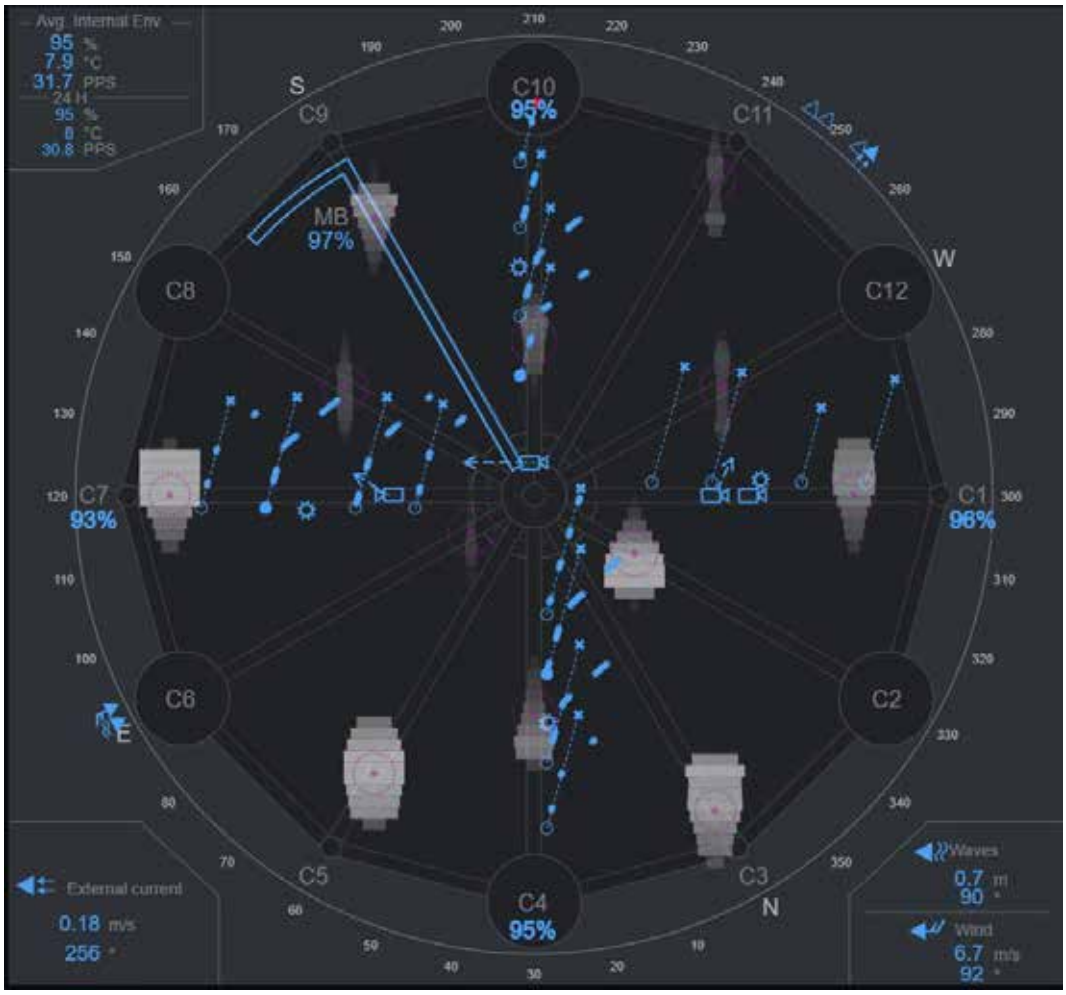


Figur 21 Ekkogram under fôring og etter avsluttet fôring. Lavere biomasse.

Ekkogram fra før og etter foring er avsluttet på kvelden er vist i Figur 21. Etter foring opphører fiskens foringsatferd og biomassetallet returnerer til lavt nivå.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

De samme biomassedata som man ser i ekkogrammene benyttes også til å vise romlig fordeling av fisk i merda. Biomassen over hvert ekkolodd framkommer i skjermbildet i Figur 22 som søyler med skiver av ulik tykkelse. I dette tilfellet ser man for eksempel at mye fisk velger å stå oppstrøms og i ytterkant av merda på C3, C5 og C7, og at det er lite fisk ytterst på C11 og C12. I tillegg får man et inntrykk av strømretning via de predikerte fôr-banene fra hvert av de 4 fôringspunktene på hver brace. Strømmen er 18 cm/s og oksygenforholdene er gode.



Figur 22 Biomassedata fra de 12 ekkoloddene viser at fisken i hovedsak står i oppstrøms i dette tilfellet.

Det har vært knyttet bekymring til at høy vannstrøm utarmer fisken slik at den hopes opp på not-veggen nedstrøms. En sammenligning av dager med lav og høy vannstrøm viser at fisken bruker hele merdvolumet uavhengig av vannstrøm, og det er altså ingen indikasjoner på at vannstrømmen er et problem for fisken. Det er da heller ikke spesielt høye strømhastigheter på Håbranden lokasjonen i Frohavet hvor OF 1 befinner seg.

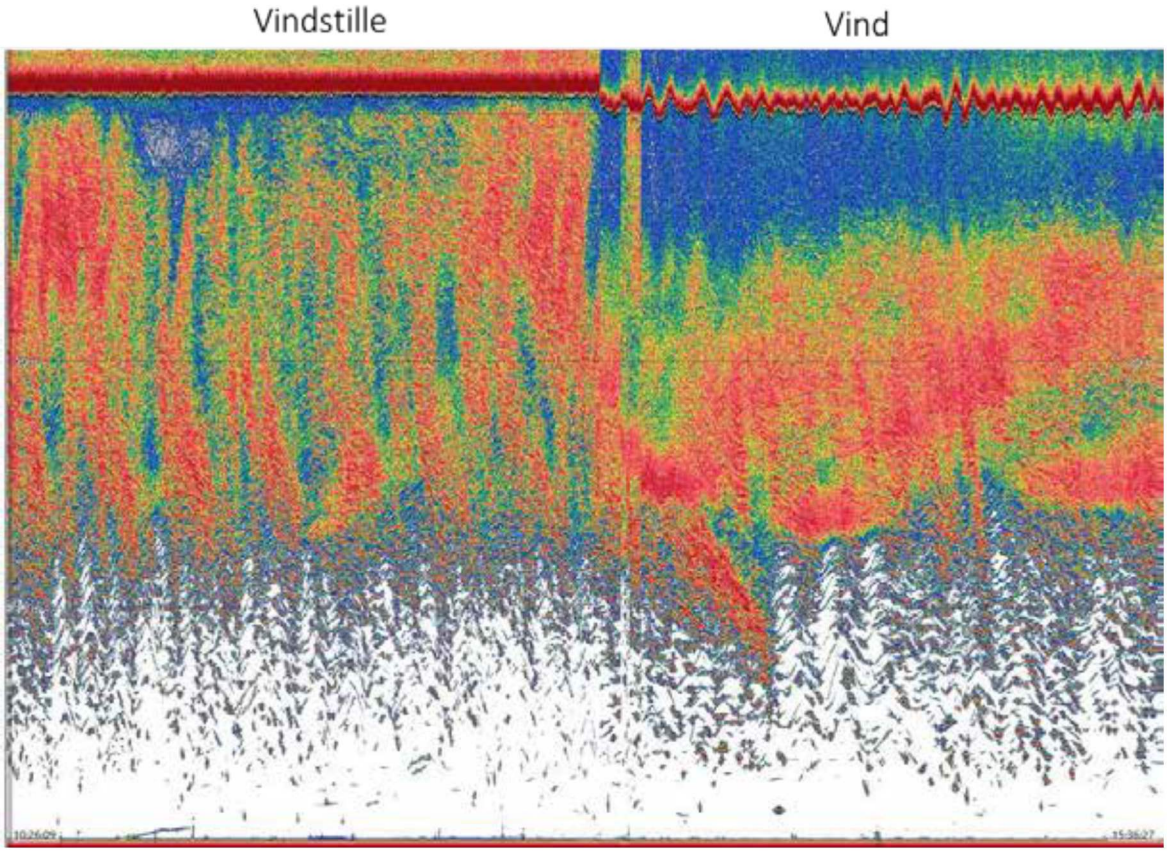
© Copyright Kongsberg Maritime AS

7.1.3 Fisken i bølger

Observasjoner gjennom pilotfasen viser at fisken går dypere i vannsøylen i bølger, men stiller seg ikke helt ned mot bunnen i merden.

I Figur 23 ser man ekkogrammer fra samme ekkolodd på to forskjellige tidspunkter i løpet av en dag. I dette eksempelet står fisken nærmere overflata når det er rolig sjø enn når det er vind og bølger. Bølgene ses som sikksakkmønster øverst i ekkogrammet.

Hvordan laks i merd påvirkes av bølger er et eget tema for forskning gjennom det femårige gaveprofessoratet ved NTNU. Forskningen utføres av en PhD-student ved Institutt for Teknisk kybernetikk ved NTNU, og ekkoloddobservasjoner og bølgemålinger fra OF 1 er et viktig materiale i disse studiene. Målet for analysen er å belyse i hvilken grad bølger påvirker atferden til oppdrettslaks og etablere vitenskapelig grunnlag for å kunne vurdere eventuelle konsekvenser for operasjonell drift og fiskevelferd i eksponerte oppdrettslokaliteter.

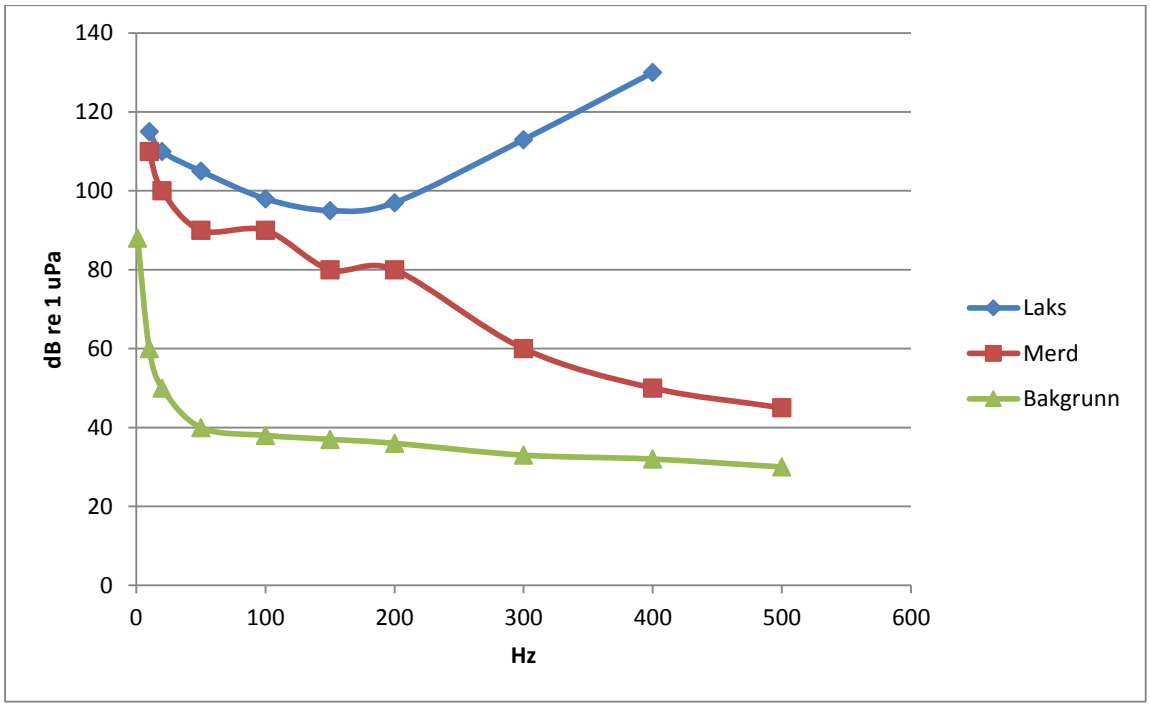


Figur 23 Samme ekkolodd, samme dag. I dette eksempelet står fisken lenger ned når det er vind og bølger.

7.2 Støy og fiskevelferd

En hydrofon (OceanSonics, icListen) ble festet til kamerariggen og målte lydnivået i merda i frekvensområdet 10 til 500 Hz. Laksens hørsel ligger i dette området med en begrensning oppad i frekvens på om lag 400 Hz. Hensikten i første omgang var å måle bakgrunnsstøy i merda og relatere dette til hva laks kan høre. Vi vil senere se på støy knyttet til ulike

operasjoner/aktiviteter og om dette fører til atferdsendring hos laksen (observert på kamera og ekkolodd).



Figuren viser naturlig bakgrunnsstøy i havet (grønn), det målte lydnivået i merda (rød) og laksens høreterskel (blå).

Lydnivået i merda ligger som forventet over naturlig bakgrunnsstøy i havet. Det interessante funnet er at bakgrunnsstøyen i merda ligger til dels langt under hva laksen kan høre. Flere målinger må gjøres før sikre konklusjoner kan trekkes.

7.3 Potensialet i datasettet

Et såpass omfattende datasett og tilhørende verktøy gir grunnlag for å få svar på mange spørsmål. Vi har i løpet av første utsett lagt en mal for innsamling av data som gir grunnlag for framtidige tidsserieanalyser. Vi har selv gjort innledende analyser, men det er klart at omfanget av mulige analyser man kan gjøre er så stort er at det kvalifiserer for flere akademiske oppgaver.

Eksempler på relevante problemstillinger:

- Sammenhengen mellom fiskens fordeling i merda og bølger. Datasettet vårt brukes nå av NTNU til å belyse dette.
- Horisontal- og vertikalfordeling av fisk avhengig av vannstrøm, oksygennivå, temperaturgradienter, årstid og størrelse på fisken.
- Støy innenfor hørbart område for fisken, generert av aktivitet knyttet til anlegget i seg selv, skipsanløp osv.

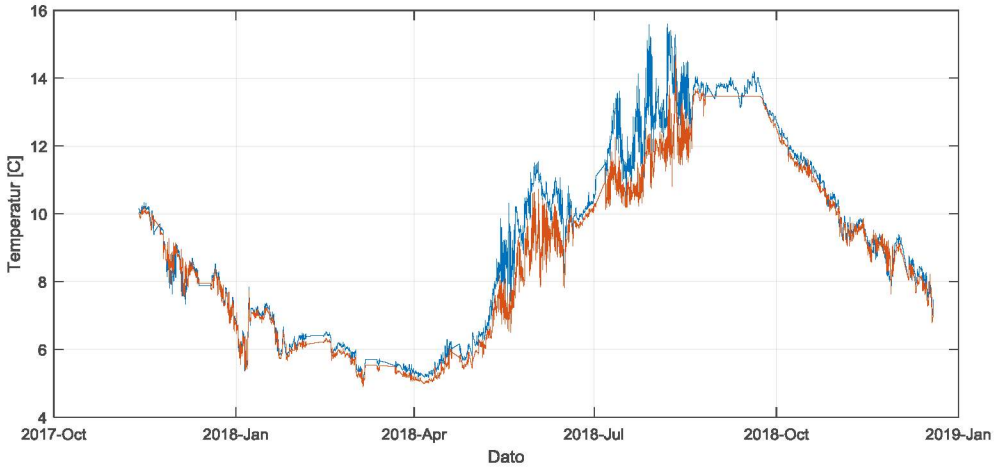
© Copyright Kongsberg Maritime AS

Dette grunnlaget styrkes ytterligere når vi får tilsvarende datasett fra flere utsett og lokasjoner.

7.4 Miljømålinger

Instrumentering, kameraer og ekkolodd som er valgt for Ocean Farm 1 gir til sammen godt informasjonsbilde om miljøet som laksen oppholder seg i, og også oppførselen til laksen.

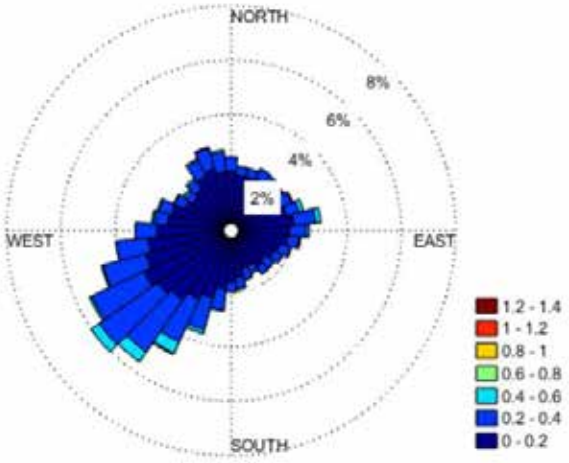
God fiskevelferd uttrykkes ved at oksygennivået har vært høyt og aldri under kritiske nivåer gjennom vekstperioden. Figur 24 viser vanntemperaturen på 5m og 15m dyp over året. Temperaturen er lavest i april og høyest i september. Temperaturforskjellen på 5m og 15 m dybde er svært liten så lenge solinnstrålingen er liten (oktober-april). I løpet av mai og sommermånedene er det både større dynamikk i målingene og større vertikal temperaturgradient pga solinnstråling.



Figur 24 Temperatur gjennom året

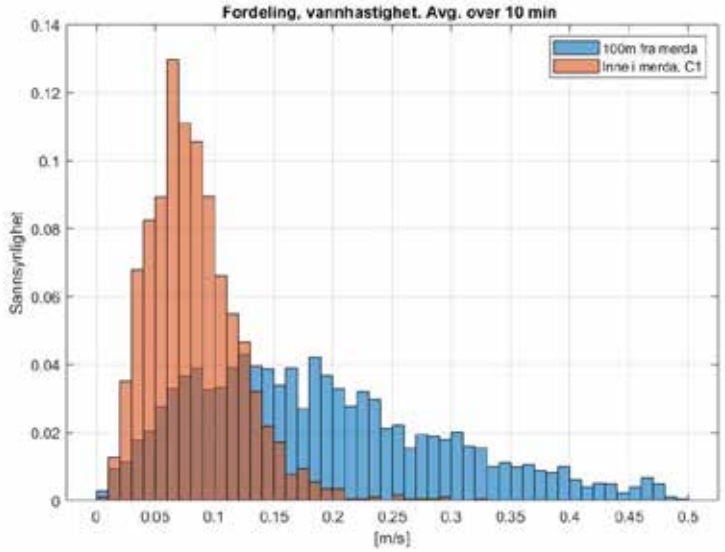
Vannhastigheten utenfor merda måles i flere punkter i en avstand på 4m til 100m med en «Acoustic Doppler Current Profiler» og som peker horisontalt mot nord-nordøst. Strømrosa under er laget basert det vi anser som fri strøm for området. Hovedretningen for strømmen er mot sørvest.

© Copyright Kongsberg Maritime AS



Figur 25 Strømrose basert på måling med horisontal ADCP 100m fra Ocean Farm 1

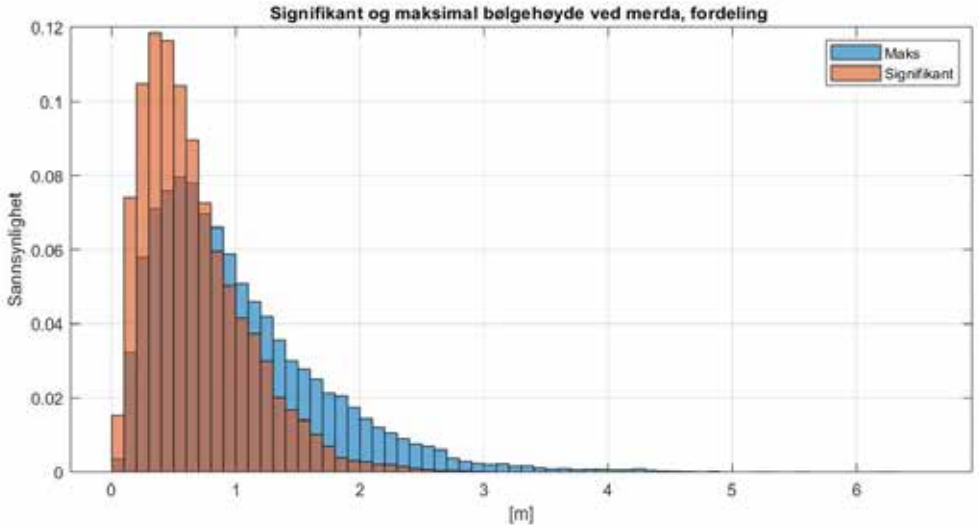
Vannhastigheten inne i merda måles med en sensor festet til kamerariggen på hver av fôrings-bracene, i alt 4 stk. Figur 26 viser fordelingen av vannhastigheter i løpet av en måned, 100 m fra merda, og inne i merda. Hvert målepunkt er 10 minutters middelverdier. Gjennomsnittlig vannhastighet i løpet av måleperioden var 8cm/s inne i merda, og 18 cm/s 100m fra merda.



Figur 26 Fordeling av vannhastigheter inne i merda og i en avstand på 100m.

Figuren under viser fordeling av signifikant og maksimal bølgehøyde. Beregningene er gjort i instrumentet over intervaller på 20 minutter. Midlere signifikant bølgehøyde var 0.7 m, og største signifikante bølgehøyde var 3.3 m. Største maksimale bølgehøyde var 6.2 m, og midlere maksimale bølgehøyde var 1m.

© Copyright Kongsberg Maritime AS



Figur 27 Fordelinger for signifikant og maksimal bølgehøyde.

7.5 Utvikling av beslutningsstøtteverktøy

Et av hovedmålene for hele programmet har vært å utvikle et overvåknings- og beslutningsstøttesystem for optimal fiskevelferd og minimalt miljøavtrykk, som blant annet beskrevet i avsnitt 4.5 Fisken i sentrum og mennesket i loopen.

Utvikling av disse verktøyene har foregått kontinuerlig under hele perioden fra første utsett og vil kontinuerlig videreutvikles i årene som kommer. Utviklingsmetodikken er i all hovedsak basert på prinsippene i «Design Thinking» hvor blant annet sluttbrukerne, i dette tilfellet røkterne på OF 1 og andre stakeholders involveres i sterk grad.

Versjonen som er implementert i dag er basert på basert på Kognifai, Kongsbergs digitale skyløsning og plattform. Kognifai tilbyr verktøy som gjør det enkelt å håndtere og visualisere store datasett, og gir gode muligheter for å anvende avanserte analyseteknikker (sensor-fusjon, maskinlæring og modellbaserte teknikker) på hele det historiske datasettet.

Det har blitt utviklet en modulær løsning for bygging av brukergrensesnitt. Eksempelet under viser en fôringsapplikasjon som visualiserer spredningen av fôret fra de 16 fôringspunktene. Som nevnt, så er denne applikasjonen utviklet i samarbeid med operatørene på Ocean Farm 1, basert på «Design Thinking» metodikken. Målet har vært å utvikle en applikasjon som kan gi best mulig brukeropplevelse og – verdi. Man prøver å identifisere og presentere den mest relevante informasjonen for brukeren på en slik måte at situasjonsforståelsen er best mulig. I den viste applikasjonen har man eksponert brukeren for en informasjonsmengde som man mener kan være relevant for å se mønstre og relevante sammenhenger som kan gi ny innsikt og erkjennelser. Etter som man avdekker hva er relevant og mindre relevant, vil informasjonsinnholdet i visningene bli justert.

Hensikten med denne applikasjonen er at røkteren enkelt skal se hvordan fôret fordeler seg, hvilke ekkolodd som er relevante i fôringssituasjonen og også om noen fôringspunkter sender fôret ut gjennom sideveggen under de gjeldende strømforholdene. Basert på denne

informasjonen kan operatøren velge hvilke utfôringspunkter som skal prioriteres, eventuelt å stenge noen. Etter hvert som man får erfaring med verktøyet og modellene som ligger under, kan man tenke seg at systemet selv foreslår eller prioriterer hvilke utfôringspunkter som skal brukes, men med «mennesket i loopen», dvs. at operatøren kan overvåke og eventuelt overstyre dette.

Applikasjonen bruker data om bord på Ocean Farm 1 for å få god sanntids-ytelse, men dataene sendes også til sky.

Figur 28 Videreutvikling (MK II) av beslutningsstøtteverktøy.

Man har i brakkleggingsperioden mellom første og andre utsett i 2019 også installert fôringsekkolodd direkte under noen av utfôringspunktene. Disse ekkoloddene, sammen med kamera, vil inngå i den videre utviklingen av beslutningsstøtteapplikasjoner for fôring.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

8. KONKLUSJON

Kongsberg Maritime har gjennom pilotfasen på Ocean Farm 1 nådd hovedmålene i Teknologiprogrammet. Den overordnede løsningen består av:

- Sanntids overvåkings- og beslutningsstøtteverktøy for fisk og miljø,
- Automasjonsløsning for utfôring som samvirker med det biologiske overvåkingssystemet
- Høykapasitets bredbåndsforbindelse for overføring av store datamengder til land.

Overvåkningssystemet og sensorikken som er installert viser at fisken har gode miljøbetingelser. Via ekkoloddene ser man at fisken er svært aktiv og danner stimer, dette er tegn på god velferd hos fisken. Fôring 6-10m under vann gjør at fisken virkelig trekker ned, dette bekreftes med observasjoner via ekkoloddene. Det er høstet et rikt datasett fra første utsett. En videreutviklet versjon av beslutningsstøttesystemet er levert, og man har høstet erfaringer og innsikt i løpet av første utsett som man vil bruke i den videre utviklingen av systemet.

En automasjonsløsning for utfôring som samvirker med det biologiske overvåkingssystemet er levert og har fungert godt under hele periode for første utsett.

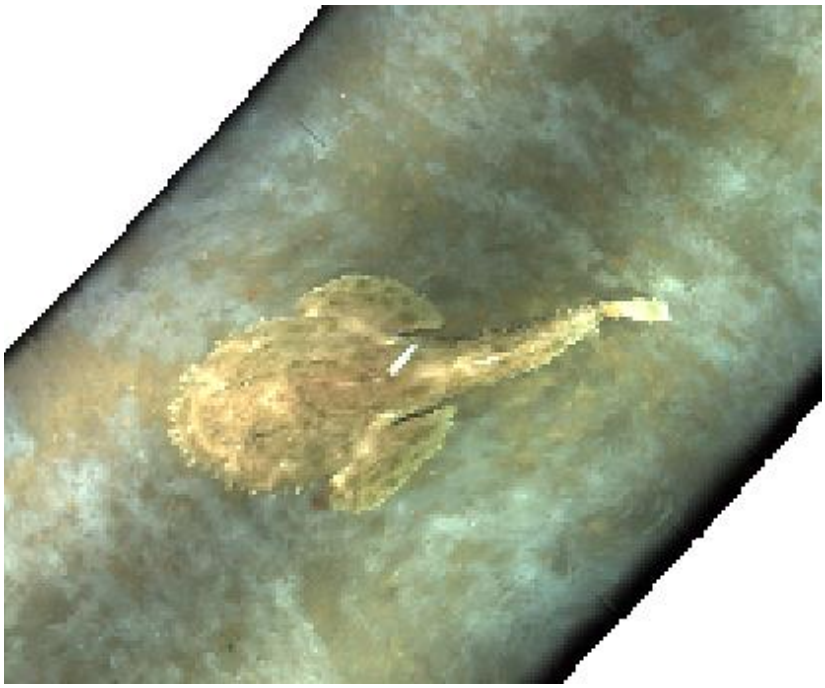
Det er installert en høyhastighets bredbåndsforbindelse, og man logger nå data for lagring lokalt og i tillegg til Kongsbergs skyløsning.

9. REFERANSER

Noble, C., Gismervik, K., Iversen, M. H., Kolarevic, J., Nilsson, J., Stien, L. H. & Turnbull, J. F. (Eds.) (2018). Welfare Indicators for farmed Atlantic salmon: tools for assessing fish welfare 351pp.

© Copyright Kongsberg Maritime AS

Havbunnsundersøkelse ved Ocean Farm 1, Håbranden, Frohavet



Oppsummeringsrapport

Prosjekttittel	Ocean Farming Havbunnsundersøkelse
Klient	Ocean Farming AS
Mottakere	Arvid Hammernes
Dato	5 desember 2019
Forfattere	Ingrid Myrnes Hansen June Jakobsen Stefan Ekehaug

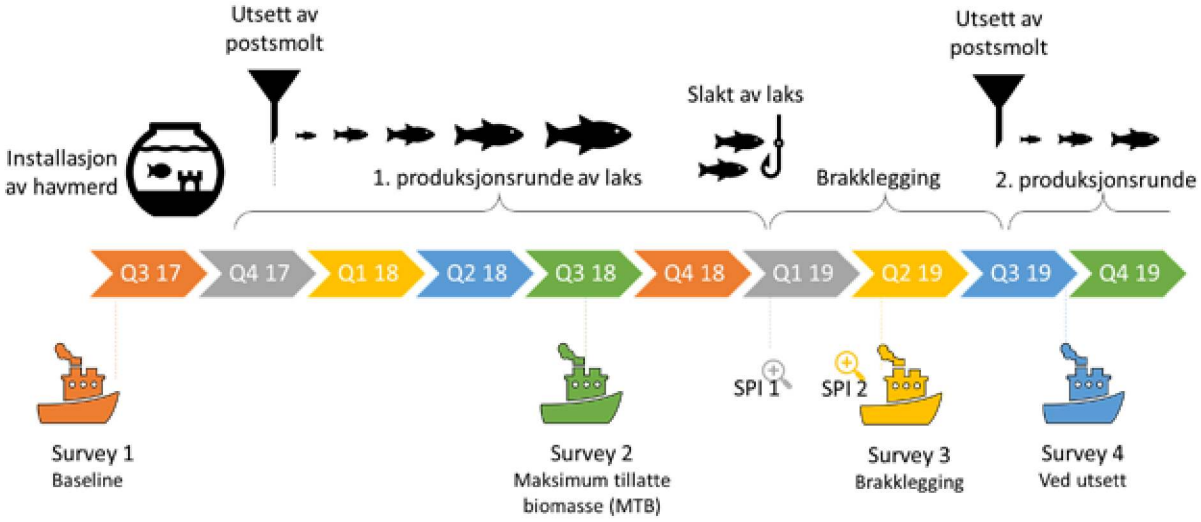
ecotone

Oppsummering

Ocean Farm 1 er en havmerd utviklet for storskala lakseoppdrett under offshore forhold. Havmerden ble installert på lokasjon Håbranden, Frohavet, Trøndelag i september 2017.

Ecotone har på oppdrag fra Ocean Farming utviklet og gjennomført et miljøkartleggingsprogram av anlegget Ocean Farm 1, basert på patentert teknologi «Undervanns Hyperspektral Avbildning» (UHI). Dette arbeidet har ledet fram til en ny og lovende metode for arealbasert kartlegging av miljøtilstand ved oppdrettslokasjon. Metoden er hurtig og effektiv da resultatene kan foreligge kort tid etter gjennomført survey. Følgende miljøkartleggingsundersøkelser er utført på stedet (se Figur 1):

- Survey 1: Baseline, før Ocean farm 1 ble installert, Mai / August 2017
- Survey 2: Maksimum Total Biomasse (MTB), August 2018, ved slutten av den første produksjonssyklusen
- Survey 3: I brakkleggingsperiode, April 2019
- Survey 4: Ca. 1 mnd. etter utsett av andre produksjonsrunde laks, September/Oktober 2019



Figur 1: Tidslinje for survey

Denne rapporten oppsummerer tilstandsutvikling på sjøbunnen gjennom de siste 2,5 årene, fra Mai 2017 til Oktober 2019.

Baseline 2017: Området er 150 m dypt. Undersøkelsene viste at området er karakterisert av naturtypen bløtbunn med gravende megafauna, samt spredte svampeforekomster. Trollhummer og gule sjøstjerner er de mest utbredte organismene. Det ble også observert sjøkreps. Trollhummer og andre krepsdyr er typiske for naturtypen. De bygger huler i den bløte bunnen, noe som bidrar til oksygengjennomstrømning til de dypere delene av sedimentene. Dette fører igjen til et friskt økosystem i sedimentene.

MTB første produksjonsrunde 2018: Under første runde med lakseproduksjon (2018) var fortsatt trollhummer og gul sjøstjerne de mest tallrike organismene, men med en markant reduksjon i området omkring merden. Det var tegn på avfall og et hvitt lag i nærheten av

merden, noe som ble antatt å være et tegn på bakterieaktivitet. I dette området var det stor økning i breiflabb og flyndre. I utkanten av undersøkelsesområdet var forholdene like som i 2017, påvirkningen var med andre ord lokal.

Brakkleggingsperiode April 2019: Ved gjenbesøk under brakkleggingsperioden i april 2019 var det hvite laget borte, mens det fortsatt var redusert mengde gule sjøstjerner og trollhummer under og i direkte nærhet til merden. Det tydet på at området var i en gjenopprettingsprosess (recovery), men at denne ikke var kommet langt nok til at organismene hadde re-etablert området under merden. Denne gangen ble det også funnet gule flekker på sjøbunnen, en hypotese er at dette var flak av maling som er blitt spylt av havmerden.

Tidlig fase andre produksjonsrunde September/Oktober 2019: Det til nå sist utførte survey ble gjennomført høsten 2019. Ved dette tidspunktet hadde andre produksjonsrunde vart i ca. 1 mnd. Resultatene viste en fortsatt lokal påvirkning direkte under og rundt merden i et sirkelformet område på ca. 500m i diameter. Her var det tilnærmet fravær av gule sjøstjerner og trollhummer. I ytre områder var det likevel en markant økning i tetthet av trollhummer; det var høyere tetthet enn ved baseline survey i 2017. Det var spredte forekomster av hvitt lag (bakterielag) under merden, samt tomme blåskjellskall – antageligvis spylt fra merdkonstruksjonen. Disse bunnforholdene virket å være attraktive for røde sjøstjerner (sannsynligvis korstroll) som opptrådte i meget høy tetthet. Videre hadde flyndren og breiflabben igjen kommet tilbake til området. Lengre fra merden virket bunnforholdene upåvirket av oppdrettsaktiviteten.

Tykkelse av sediment: I tillegg til Ecotones fire runder med UHI-survey har det i samarbeid med NIVA blitt gjennomført 2 runder med *Sediment profile imagery* (SPI). Dette for å få klarhet i tykkelsen på suspendert mateirale. Studiene ble gjennomført i januar og april 2019. Resultatene tyder på at det synlig påvirkede sedimentlaget er svært tynt.

Betydning av overvåkningen: Den økologiske motstandskraften (ecological resilience) i et område refererer til dets evne til å komme seg etter ytre påvirkninger (f.eks. utslipp fra oppdrettsanlegg). Det hvite laget som opptrådte kort tid etter utsett av fisk, var tynt, og forsvant i brakkleggingsperioden. Dette indikerer at dannelsen og tilbaketrekningen av dette laget er en rask prosess som ikke har langvarig påvirkning på bunnen. Det er imidlertid en trend at flertallet av baselinedyrene ble funnet utenfor de berørte områdene nær merden, mens andre arter koloniserte de påvirkede områdene. Dette viser at miljøtilstanden i umiddelbar nærhet til merden er tydelig påvirket. Denne påvirkningen bærer preg av å være lokal, da de videre områdene rundt merden framstår som uforandret gjennom hele perioden.

Betydning av teknologiutviklingen: Disse 2,5 årene med havbunnsovervåking ved Ocean Farm 1 har gjort det mulig å følge utvikling og restitusjon av bunnområder med intens oppdrettsaktivitet over tid. Hyperspektral avbildning som tilnærming til miljøkartlegging er unik i akvakultursammenheng. Det er aldri tidligere gjennomført liknende visuelle overvåkningsprogram ved en oppdrettslokasjon over tid. De detaljerte arealkartene gir betydelig økt kunnskap om anleggets miljøstatus og endring av dette sett i forhold til metodene som anvendes i dag (B og C prøvetaking). Metoden er effektiv, kan tilpasses og benyttes til alle typer lokasjoner - som dypere og mer værutsatte offshoreområder - og gi myndigheter og oppdrettsnæringen et nytt og bedre verktøy for miljøkartlegging.

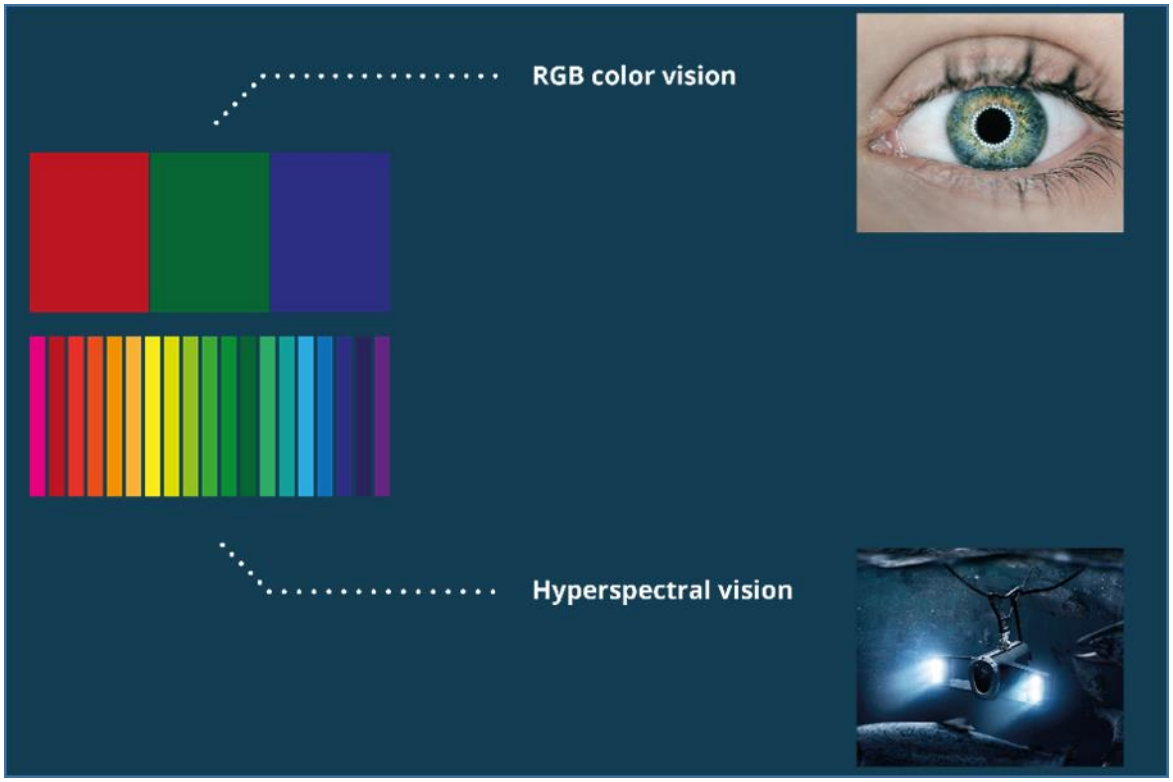
Innhold

Oppsummering 2
1 Bakgrunn 5
1.1 Undervanns hyperspektral avbildning (UHI) 5
1.2 Ocean Farm 1 6
1.3 Formål 7
2 Metoder 7
2.1 UHI Survey 8
2.2 SPI Survey 10
2.3 Dataanalyse 11
2.3.1 Pre-prosessering 12
2.3.2 Sedimentklassifisering 12
2.3.3 Klassifisering av arter 13
3 Resultater 14
3.1 Sedimenter 14
3.2 Artsobservasjoner 17
3.3 Malingsflekker 24
3.4 Sediment profil bilder 25
4 Diskusjon 27
5 Konklusjoner 28
6 Videre arbeid 29
7 Referanser 30
Vedlegg 1: Artsliste og andre observasjoner 31
Vedlegg 2: Automatisk sedimentklassifisering 33

1 Bakgrunn

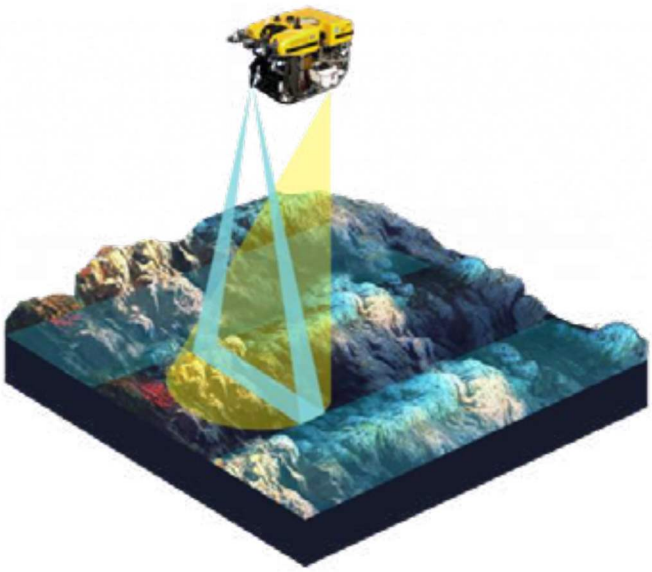
1.1 Undervanns hyperspektral avbildning (UHI)

Hyperspektral avbildning er en teknologi basert på detaljert gjenkjennelse av farger. Ulike organismer har ulik farge og pigmentering, noe som gir seg uttrykk i spesielle «optiske fingeravtrykk» eller «spektrale signaturer». Utstyret består av et spektrometer og et kamera som oppfatter et kontinuerlig spektrum med hundrevis av fargebånd i det synlige lyset (380-750 nm). Dette i motsetning til vanlige fotokameraer og det menneskelige øye som registrerer kun tre fargebånd (rød, grønn og blå), se Figur 2. Informasjonen brukes til å automatisk identifisere og klassifisere objekter basert på deres optiske fingeravtrykk [1].



Figur 2: Det menneskelige øyet har RGB-syn, mens hyperspektrale sensorer ser et kontinuerlig spekter i det synlige lyset.

Med en vekst i maritime operasjoner og industri, er det en økende etterspørsel etter bedre forståelse av det marine miljøet, inkludert detaljert kartlegging av havbunnen. I den forbindelse har Ecotone utviklet en patentert teknologi, UHI (Underwater hyperspectral imager), som er et komplett hyperspektralt bildesystem skreddersydd for undervannsapplikasjoner [2]. Systemet er hovedsakelig designet for å opereres fra ROV [3]. Ecotone har også, gjennom et utviklingsprosjekt, testet UHI på AUV og gjennomført en survey på 2400 m dyp, noe som åpner for mer effektiv kartlegging av større havområder [4]. Med UHI montert på undervannsfarkost, blir havbunnen skannet. Dette resulterer i et hyperspektralt bilde av bunnen (Figur 3). Gjennom ytterligere analyse konverteres det hyperspektrale bildet til et digitalt kart med informasjon som arealomfang og utbredelse av organismer eller andre objekter.



Figur 3: Underwater Hyperspectral Imager (UHI) montert på en fjernstyrt undervannsfarkost, remotely operated vehicle (ROV).

UHI-systemet har blitt benyttet til overvåking og kartlegging av en rekke typer bentiske habitater. Dette inkluderer kartlegging av koraller [5] [3], dyphavs-megafauna [6], tareskog [3], harde og myke bunnhabitater [7] og kalkalger [8]. Teknologien har blitt brukt for å studere omfanget av virkningene av sedimentering fra offshore boreoperasjoner [9], og for å vurdere helsen til koraller utsatt for giftstoffer i lab [10].

1.2 Ocean Farm 1

Ocean Farm 1 (N 63.94200, E 9.13349, Figur 4) er den største flytende havmerden i verden. Den ble designet og bygget av Ocean Farming, et datterselskap av Salmar, med tanke på offshore akvakulturviksomhet [11]. Ocean Farm 1 ble installert på Håbranden, Frohavet i september 2017, umiddelbart etterfulgt av første utsett av laks. Den første produksjonsrunden var ferdig i januar 2019, og ble fulgt av en brakkleggingsperiode før andre produksjonsrunde startet opp i august 2019. Dybden under havmerden er omtrent 150 m og havbunnen i området er hovedsakelig preget av bløtbunn. Hovedstrømretningen er sør-vest og nord-øst.

Figur 4: Ocean Farm 1, April 2019 (Foto:Ecotone).

1.3 Formål

Gjennom et teknologiprogram med Ecotone ønsket Ocean Farming å utvikle og teste en ny arealbasert metode for miljøkartlegging av havbunnen. Tilsvarende teknikker er utviklet og brukt av Ecotone for miljøkartlegging i olje- og gassindustrien, og man antok at dette kunne tilpasses og skreddersys for lignende miljøkartlegging av sjøanlegg i akvakultur. En slik metode vil kunne øke forståelsen av miljøstatusen på områdebasis i stor grad, og gi kart som viser status og endringer over tid under og rundt hele anlegget. Disse kartene inkluderer både artsidentifikasjon, habitatklassifisering og karakterisering av havbunnen.
For å få en oversikt over naturlige forhold, ble det foretatt en grunnleggende undersøkelse, baseline, før installasjonen av Ocean Farm 1 (2017), etterfulgt av 3 nye undersøkelser de neste 2,5 årene.

2 Metoder

Gjennom teknologiprogrammet er det utviklet en metodikk for kartlegging og overvåking av større sjøbunnsarealer. Denne metodikken omfatter:

- Prosedyre og rutiner for innsamling av data med bruk av ROV
    - Utforming av surveylinjer, hastighet og flyvehøyde (altitude) på ROV, posisjonering
- Analysemetodikk
    - Identifikasjon, klassifisering og telling av relevante organismer
    - Kategorisering av sediment og utstrekning av påvirkning
    - Kart i GIS format
- Simultant med dette programmet, har det blitt gjort en utvikling av Ecotones hardware og programvare. Undersøkelsene på Frohavet har vært en viktig testlokalitet for dette.

2.1 UHI Survey

Fire survey er blitt utført på Håbranden, etter tabellen under. Surveyene er utført fra fartøy, der UHI ble montert på ROV operert av Nordic Subsea (survey 1 og 2) og AQS (survey 3 og 4), se Figur 5. UHI pekte ned mot sjøbunnen i fugleperspektiv, og var flankert av 2 lamper. Geografisk posisjon ble logget for å gi kartposisjon til de hyperspektrale bildene (geokorrigering).

Tidspunktene for UHI opptak sammenfaller med tidspunktene for B og C grabbeprøver utført av Åkerblå.

Tabell 1. Oversikt over UHI survey ved Ocean Farm

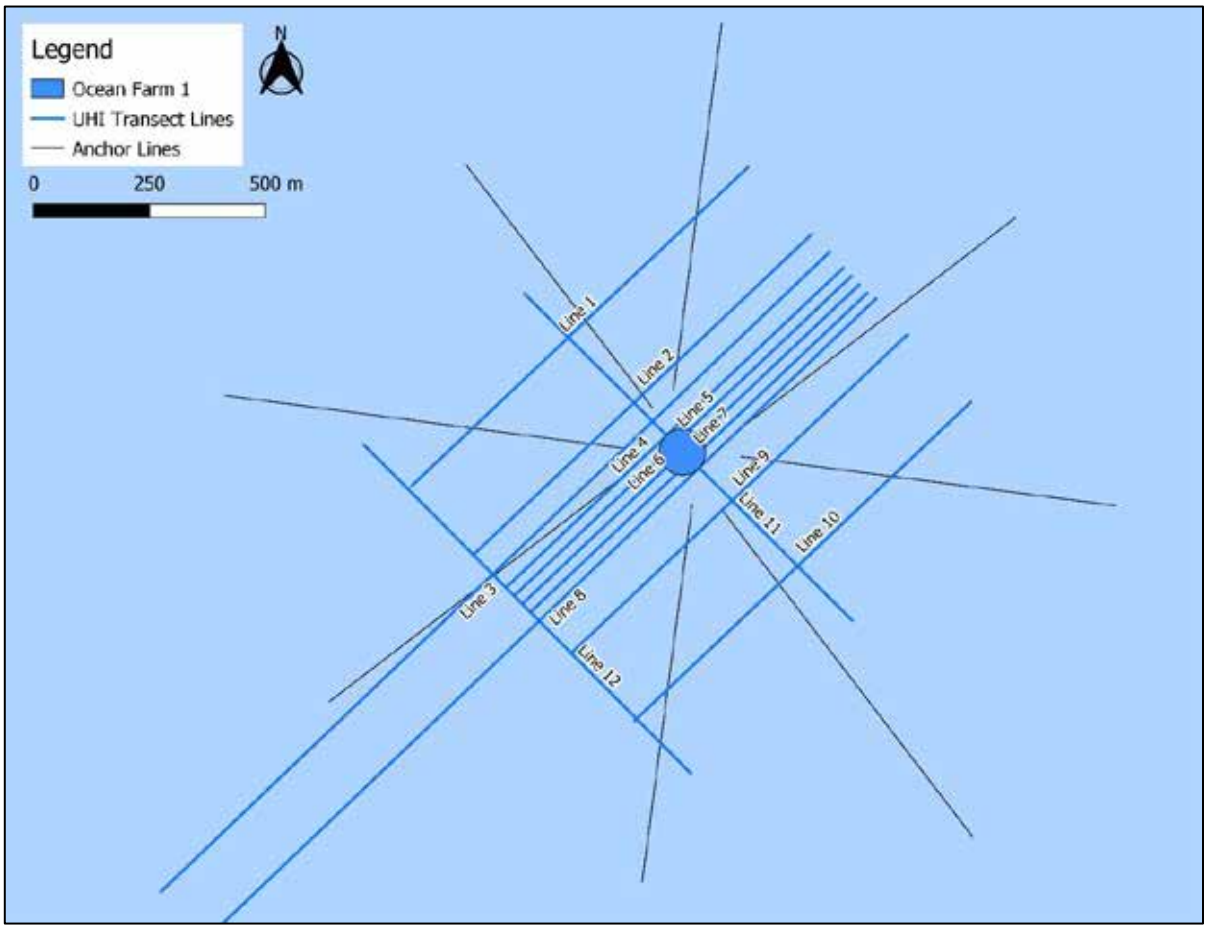
Survey		Tidspunkt	ROV	Fartøy
1	Baseline	22. – 23. mai 2017 11. juli 2017	Aegir 50 (N. Subsea)	Nordic Subsea
2	MTB produksjonsrunde 1	28. – 29. august 2018	Aegir 50 (N. Subsea)	Harry Borthen
3	Brakkleggingsperiode	26. – 28. april 2019	Argus Mariner (AQS)	KB Rørvik
4	Etter oppstart produksjonsrunde 2	19. – 20 sept. 2019, 22. – 23. sept 2019, 6. – 7. okt. 2019	Argus Mariner (AQS)	KB Rørvik

Figur 5: UHI montert på ROV brukt på survey 1 og 2 (øverst) og 3 og 4 (nederst).

Forut for første kartlegging ble det definert 12 ROV transektlinjer på i alt 14 km, se Figur 6. Disse linjene ble designet med tanke på å få:

- Stort nok arealdekke til å kunne dra konklusjoner om naturtyper og potensiell endring
- Tettere dekke av havbunnen direkte under merden, der man forventet å se mest påvirkning
- God dekning i resipientsonen (hovedstrømsretningen)
- Tverrlinjer for kartlegging i ytterkantene.

Disse linjene ble gjentatt under hvert kartleggingsoppdrag. I noen tilfeller ble ikke det fulle område dekt, på grunn av værforhold. Se tabell 2.



Figur 6: Oversikt over surveyområde med posisjon til havmerden i midten, UHI-transekt og ankerlinjer.

Tabell 2: Områder kartlagt per år

År	2017	2018	2019 apr	2019 sep/okt
Transekt lengde (km)	14,0	13,0	13,7	14*
Gjennomsnittlig ROV høyde (m)	1,1	1,9	1,3	1,1
Areal kartlagt(m^2)	15 400	24 700	17 800	14 570

*Det mangler data fra ca. 370m fra linje 2 fra survey 4 gjort i sept/okt 2019. Omtrent 630m av linje 11 fra survey 4 gjort i sept/okt 2019, ble ikke geo-korrigert, og dermed ikke tatt med i data-analysen.

2.2 SPI Survey

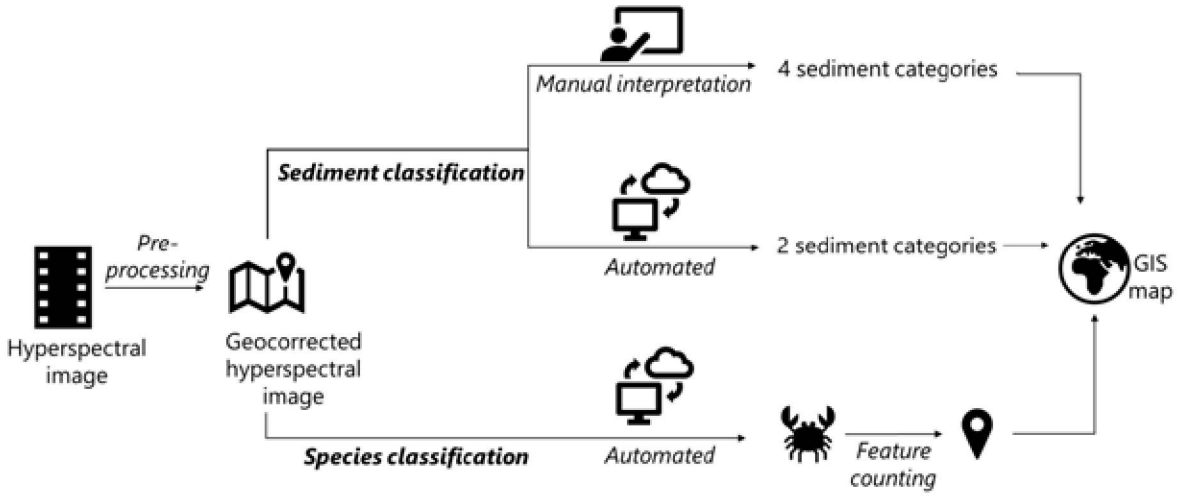
For å måle tykkelsen på suspendert materiale på sjøbunnen ble det ved to tilfeller benyttet *sediment profile imagery* (SPI) utført av Norsk institutt for Vannforskning (NIVA) om bord Frøy Pioner (8. januar 2019) og AQS Odin (26. april 2019). Dette er en metodikk der en kamerarigg plasseres på sjøbunnen, som så senkes ned i de øvre delene av sedimentene. Her tas et bilde av den vertikale sedimentprofilen, og man får en oversikt over lagdeling av sedimentene. Dette ble gjort på henholdsvis 11 og 15 stasjoner.

Alle lokalitetene ble klassifisert i henhold til Benthic Habitat Quality Index (BHQ), som omfatter faktorer som invertebrater (virvelløse dyr i sedimentene) og tegn på bioturbasjon, samt "apparent redox potential discountinity» (aRPD) som gir en indikasjon på oksygeninntrenging i sedimentet. Metodikken er beskrevet i NIVAs rapporter ([12] og [13])

Figur 7: SPI operert av NIVA fra fartøy Frøy Pioner

2.3 Dataanalyse

Flytskjema for UHI analyser er vist i Figur 8. Det første steget var pre-prosessering av hyperspektrale bilder, slik at de fikk en kartposisjon. Deretter ble det gjennomført sediment klassifisering og artsklassifisering. Dette ble lagt inn i GIS. De ulike delene av analysene er beskrevet mer detaljert i avsnitt 2.3.1 – 2.3.3.



Figur 8: Datanalyse, oversikt.

2.3.1 Pre-prosessering

Geografisk prosessering ble utført ved bruk av Ecotones programvare Immersion. De hyperspektrale bildene tilordnes geografiske koordinater basert på ROV navigasjonslogger. Dette gjør det mulig å bruke GIS-programvare for å utføre romlig analyse av dataene.

2.3.2 Sedimentklassifisering

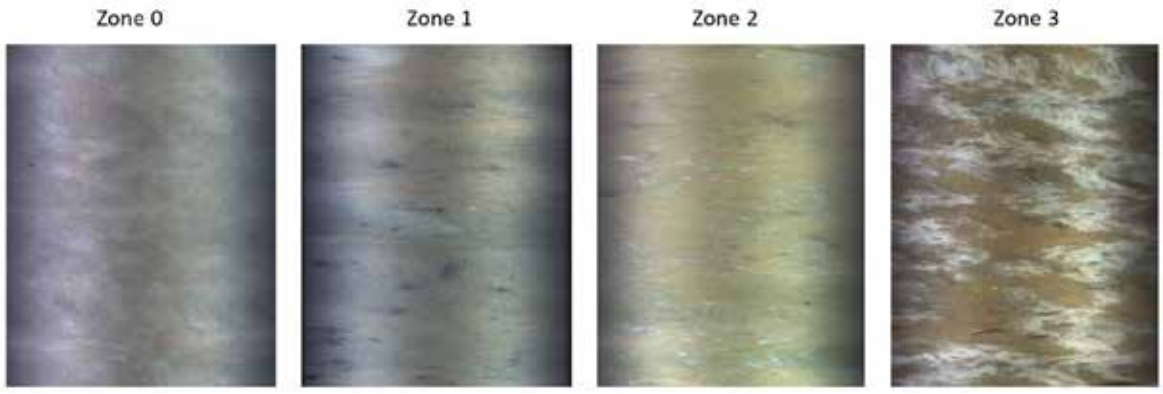
De hyperspektrale bildene ble inspisert for endringer i sediment komposisjon gjennom bruk av programvare ENVI+ IDL og QGIS. Dette ble kun utført på survey der hvitt sedimentlag ble registrert

To separate metoder ble utført.

1) Manuell (Survey 2 og 4): Sedimentene ble studert og manuelt klassifisert til fire forskjellige soner (Figur 9).

2) Automatisert (Survey 2): Som del av metodeutvikling ble automatisert metode testet ut. Det ble gjort ved hjelp av spektrale signaturer og en automatisk klassifisering som beskrevet i kapittel 2.3.3. Kategoriene var "vanlig sediment" hentet fra de upåvirket område, og "hvitt sediment" hentet fra sone 3. Resultatet er gitt i Vedlegg 2.

Klassifiseringsresultatene for begge metodene ble eksportert til QGIS. Det ble her laget polygoner rundt de ulike soneringene.



Figur 9: Eksempler på fire soner brukt til manuell klassifisering. Sone 0: Ordinær baseline sjøbunn med spor etter gravende krepsdyr. Sone1: Liknende sone 0, men med spredte forekomster av sorte flekker. Sone 2: Spredte forekomster av hvitt sedimentlag (bakteriematter) og/eller lite spor etter gravende krepsdyr og/eller forekomst av røde sjøstjerner. Sone 4: Tydelig påvirket område med mye hvitt sedimentlag (bakteriematter).

2.3.3 Klassifisering av arter

Klassifisering ble utført ved bruk av ENVI + IDL hyperspektral prosesseringsprogramvare.

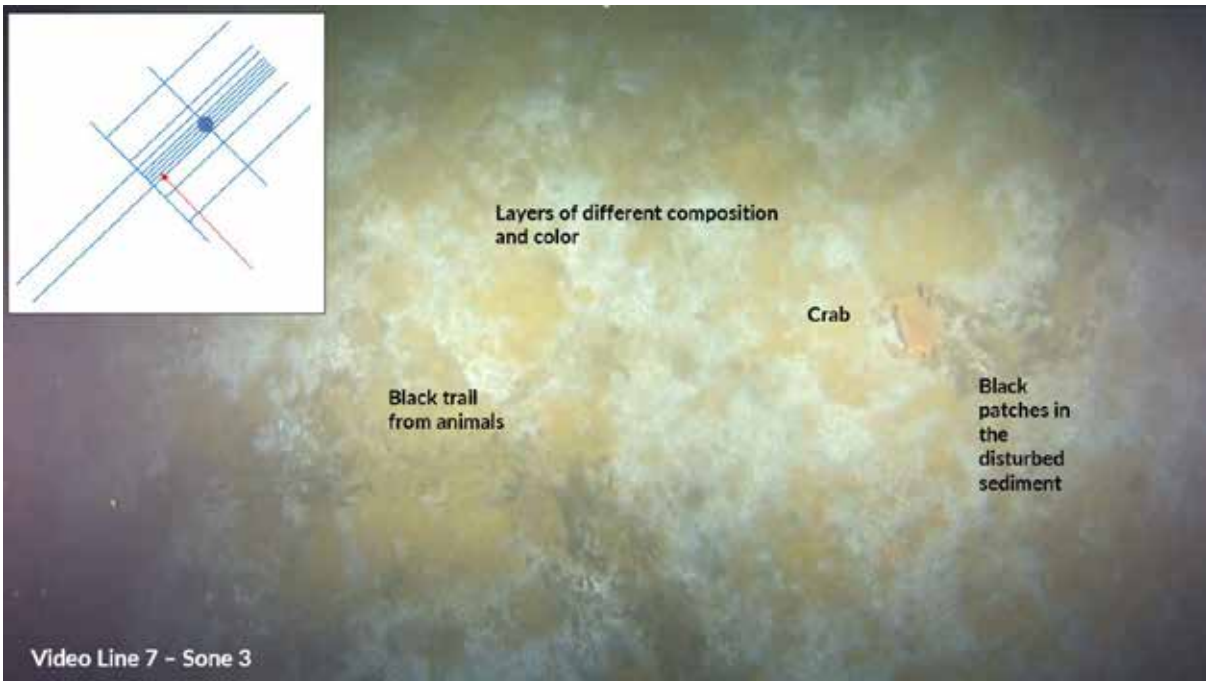
Spektrale signaturer ble hentet ut for hver klasse (eksempel på klasse: gul sjøstjerne) og lagret i et spektralt bibliotek. Biblioteket ble brukt i en klassifiseringsalgoritme ("Spectral Angle Mapper - SAM"). Deretter ble det gjort en verifisering og telling av antall organismer (Feature count). Resultatene ble eksportert til GIS.

3 Resultater

3.1 Sedimenter

Baseline 2017: Baseline-studien i 2017 viste at området besto av naturtypen bløtbunn med gravende megafauna, samt spredte svampeforekomster. I naturtypen finnes organismer som graver huler, noe som fører til oksygengjennomstrømning til de dypere deler av sedimentene. Dette bidrar igjen til et friskt økosystem i sedimentene.

MTB første produksjonsrunde 2018: Det ble observert endring i bunnkarakteristikk ved maksimum biomasse i 2018. For det meste var bunnen lik som året i forveien – vanlig, brunlig bløtbunn med dyrespor (Sone 0 – Figur 9). Nærmere merden var det sorte flekker i sedimentet (sone 1). En hypotese er at dette kan være tegn på anoksiske tilstander. I sone 2 var det spredte forekomster av hvitt sedimentlag samt mangel på gravespor. I sone 3 var det tette forekomster av hvitt sediment. Ecotones hypotese er at dette kan være bakteriematter. Brunt lag i sone 3 kan bestå av en blanding av ordinært sediment og avsatt organisk materiale fra merden, som fór eller fekalia. Det avsatte materiale virket tynt da man kunne skimte spor under topplaget (Figur 10).

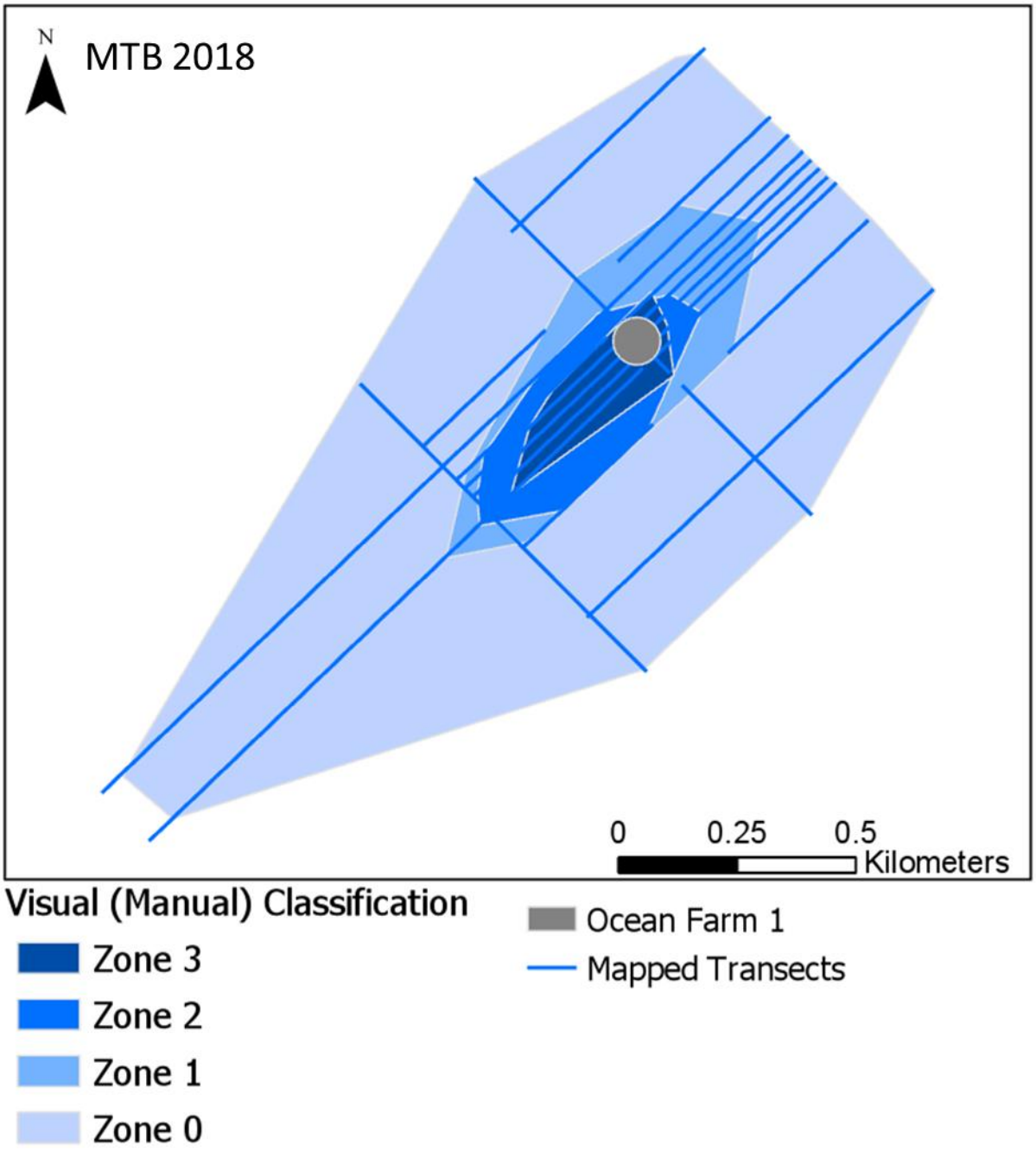


Figur 10: HD-stillbilde fra linje 7. Bildet viser et eksempel av et sone 3 område. Dyrespor har avslørt et lag av svart sediment under topplaget. Det kan virke som at det svarte laget er konsentrert under det hvite som oppstår.

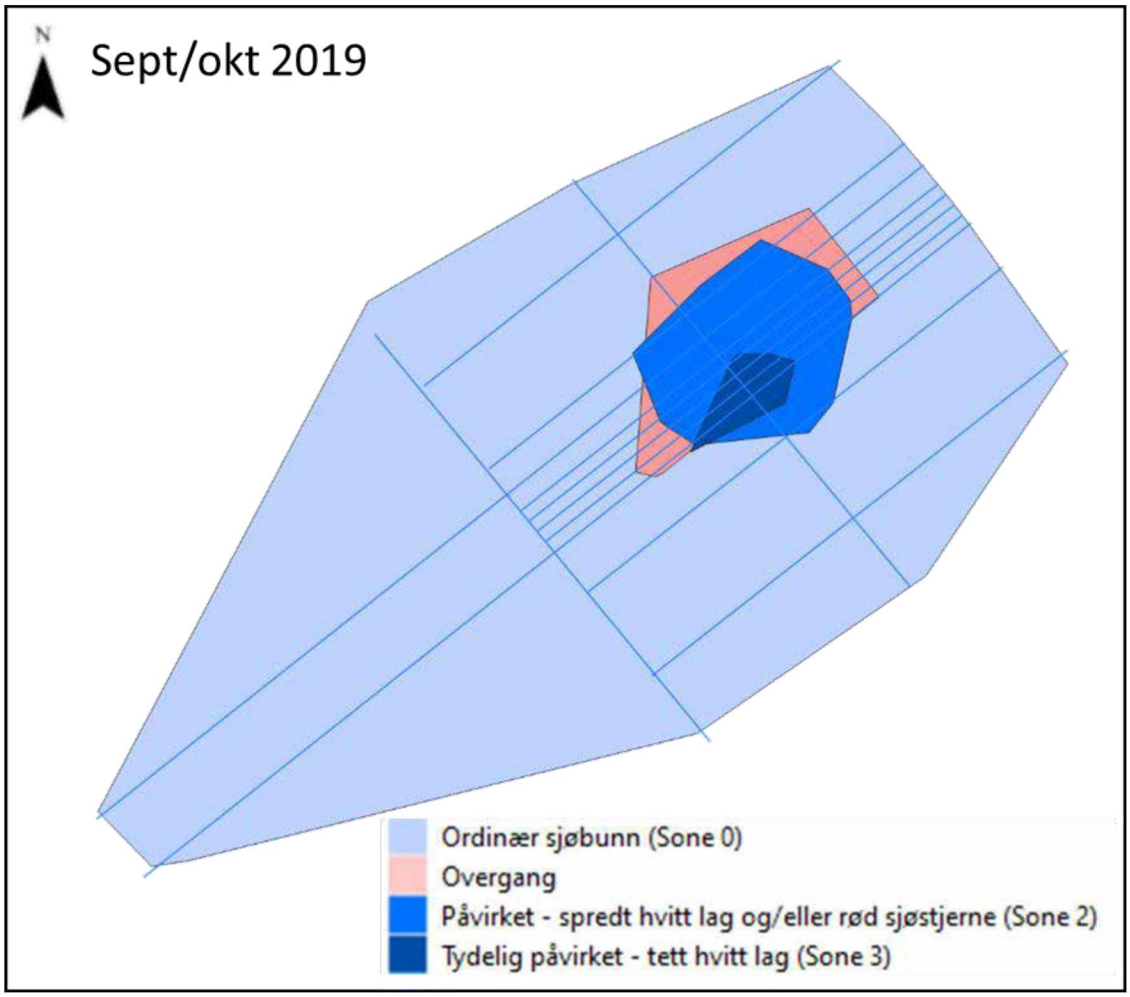
Brakkleggingsperiode 2019: Bunnen framsto som ordinær. Det hvite laget var ikke tilstede og det ble dermed ikke fortatt noen sedimentklassifisering.

Tidlig fase andre produksjonsrunde 2019: Det var hvitt sediment nært merden (Sone 2 og 3) og etablering av store forekomster av røde sjøstjerner som ikke har vært observert tidligere. Områder med disse sjøstjernene ble karakterisert som Sone 2. Det ble ikke sett noen sorte prikker (Sone 1). Det påvirkede område hadde et omfang på ca. 500 m i diameter og var betydelig mindre i utstrekning enn ved maksimum biomasse i 2018.

Figur 11 og 12 viser sedimentklassifisering i 2018 og 2019. Resultat fra automatisert metode er gitt i vedlegg 2.



Figur 11: Klassifisering av bunntilstand 2018. Det er gradvis økning i påvirkningsgrad fra sone 0 (ordinær sjøbunn) til sone 3 (tydelig påvirkning).



Figur 12: Klassifisering av bunntilstand 2019. Det er en gradvis økning i påvirkningsgrad fra sone 0 (ordinær sjøbunn) til sone 3 (tydelig påvirkning). Det rosa området markerer en overgangssone som var vanskelig å kategorisere.

3.2 Artsobservasjoner

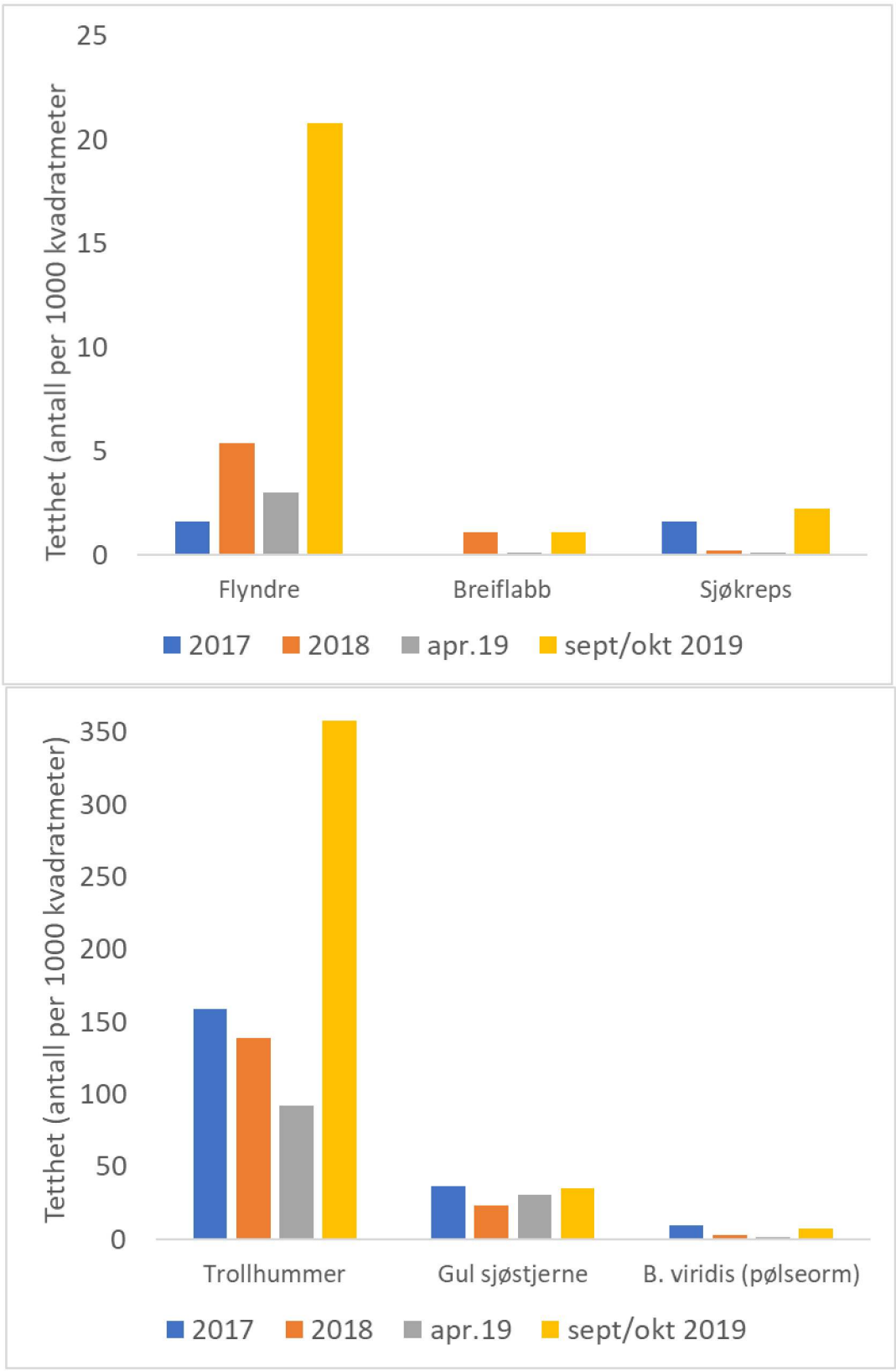
Dyrenes tetthet fra 2017 - 2019 er vist i Tabell 3 og Figur 13. Tabellen viser også den relative endringen i tetthet for de mest betydningsfulle artene.

Nytt for sist survey høsten 2019 var tilstedeværelse av store mengder røde sjøstjerner under og i nærhet av merden. Det var også mange tomme blåskjell som er antatt spylt fra merden. På sist survey var det også en markant økning i tetthet av trollhummer. Årsaken er ukjent, men det skal bemerkes at trollhummer kan gjemme seg i hulene og dermed være til stede, men ikke telles. Noen krepsdyr er mer aktive om natten. Mengdene med gul sjøstjerne var nærmere baseline 2017-nivåene. Det ble målt høyere tetthet av bunnfisk (flyndre og breiflabb) ved survey 2 (MTB 2018) og 4, altså på de tidspunktene da det var synlig hvitt lag under merd som beskrevet i avsnitt over. For flyndrefisk var tettheten ved sist survey markant høyere enn tidligere.

For fullstendig artsliste, se Vedlegg 1.

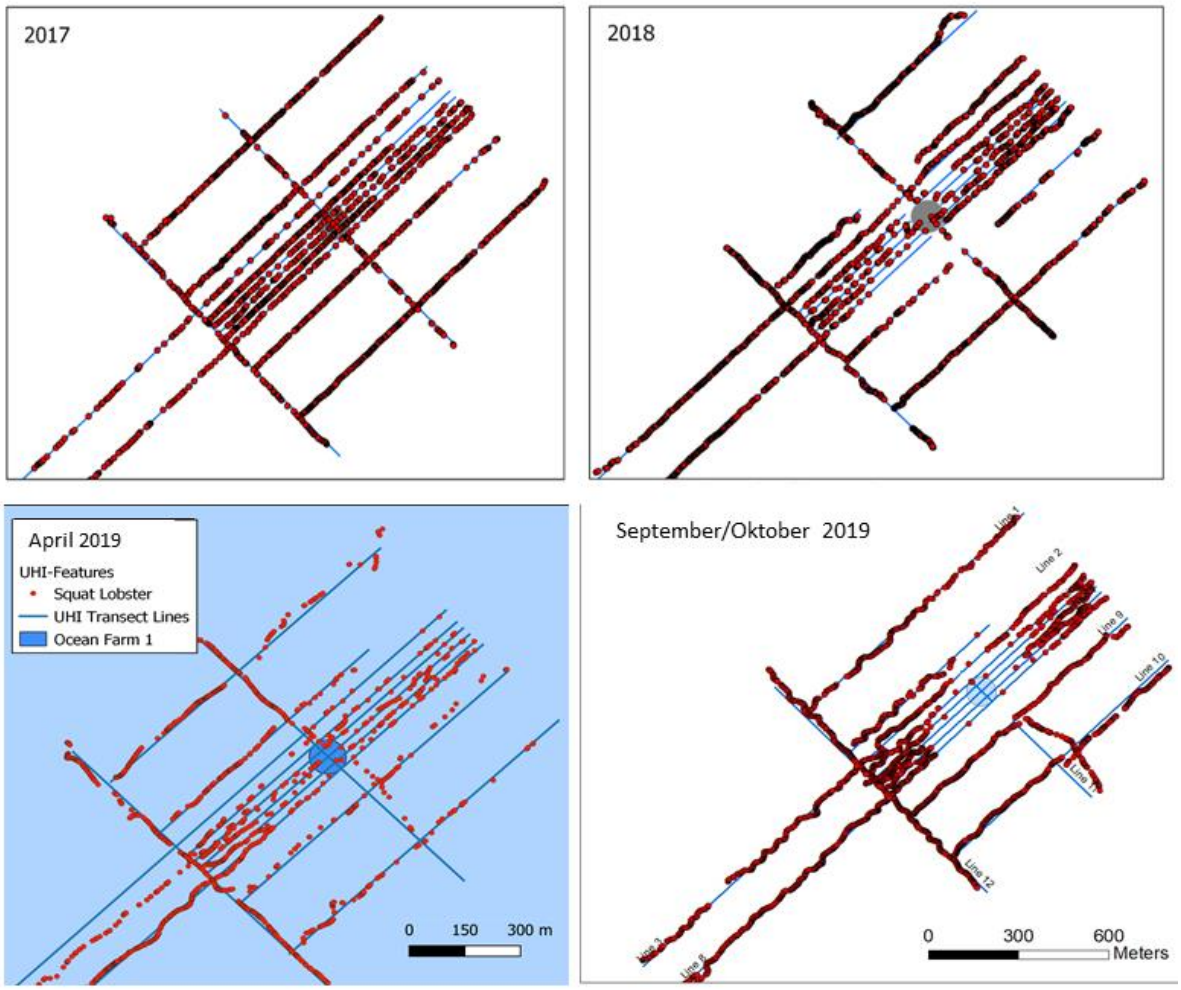
Tabell 3: Tetthet per 1000m^2 for de vanligste artene

Art	Survey 1 Baseline 2017 (#1000m^2)	Survey 2 MTB 2018 (#1000m^2)	Survey 3 Brakklegging April 2019 (#1000m^2)	Survey 4 Høst 2019 (#1000m^2)	Relativ endring Survey 1 - 2 %	Rel. endring Survey 1 - 3 %	Rel. endring Survey 1 - 4 %
Trollhummer (Galatheidae)	158,9	139	92,4	358,2	-13	-42	+125
Gul sjøstjerne (*Henricia* sp.)	36,8	22,9	30,7	35,3	-38	-17	-4
Pølseorm (*Bonellia viridis*)	10	3,3	1,9	7,4	-67	-81	-26
Flyndre (Pleuronectidae)	1,6	5,4	3,0	20,8	-	-	-
Breiflabb (*Lophius piscatorius*)	0	1,1	0,1	1,1	-	-	-
Sjøkreps (*Nephrops norvegicus*)	1,6	0,2	0,1	2,3	-	-	-
Rød sjøstjerne (Asteroidea)	Ikke talt	Ikke talt	Ikke talt	665,8	-	-	-



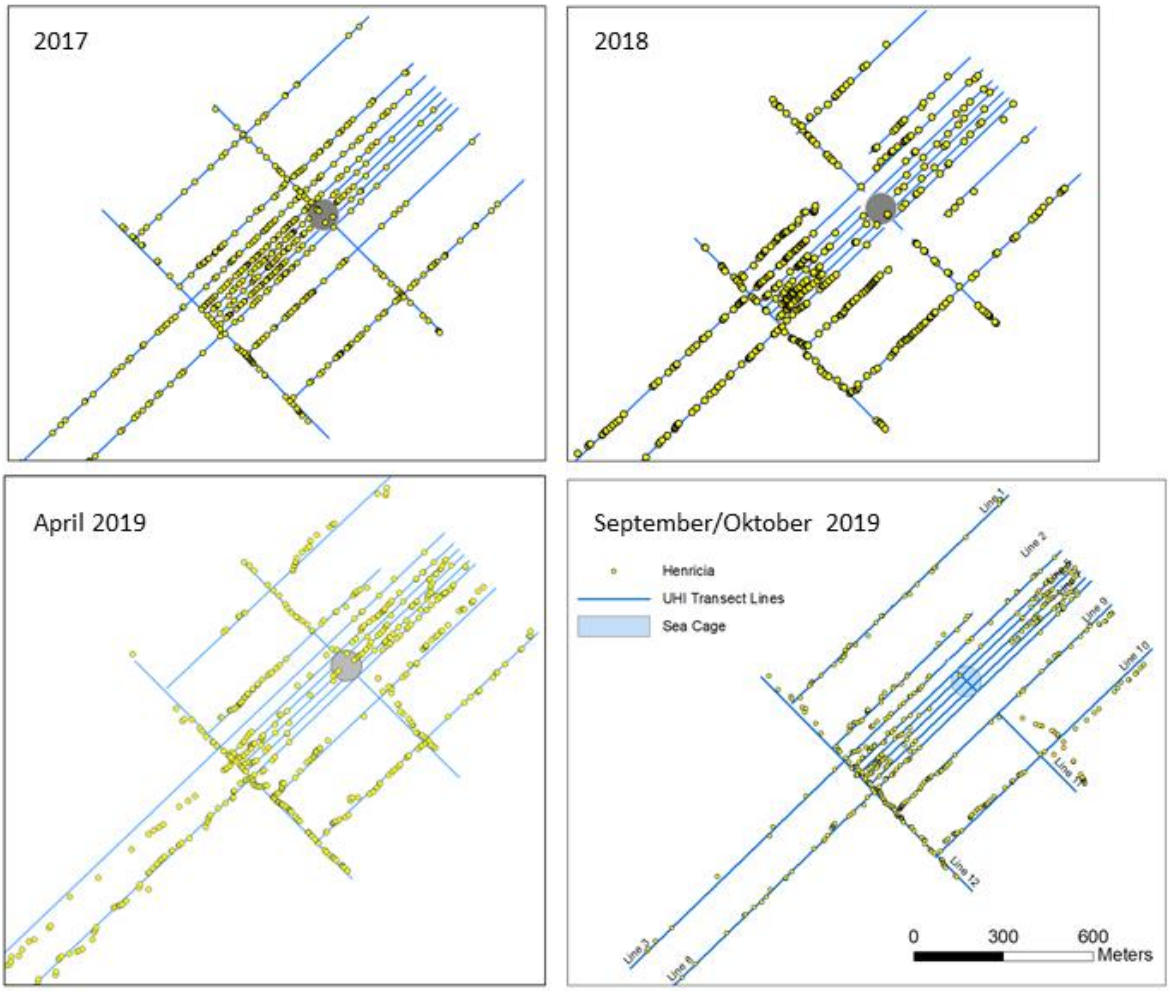
Figur 13: Tetthet av individer per 1000m^2 fra survey: Baseline (2017), Maksimum biomasse (2018), brakkleggingsperiode (April 2019), og en måned etter oppstart av andre utsett (Høst 2019).

Trollhummer (Galatheidae) var den vanligste organismen ved de tre første rundene kartlegging, og nest mest utbredt på siste kartlegging med et gjennomsnitt på 358,1 individer per 1000 m^2. Figur 14 viser fordelingen av trollhummer i området fra de fire tidspunktene. Det har gradvis utviklet seg en sone rundt Ocean Farm 1 hvor det er færre trollhummer.



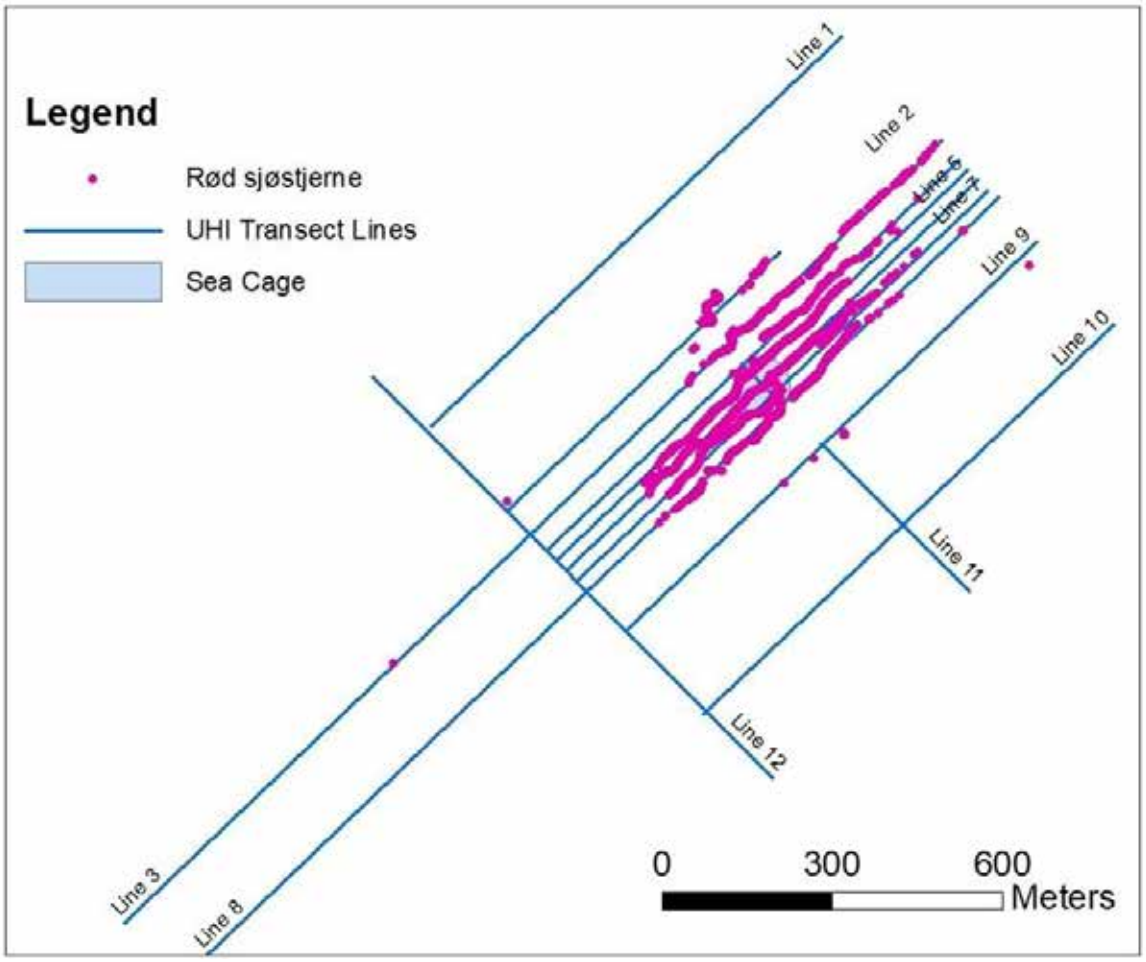
Figur 14: Trollhummere i undersøkelsene gjort i 2017 (baseline), 2018 (maksimum biomasse), april 2019 (brakklegging) og høst 2019 (1mnd. i andre produksjonsrunde).

Gul sjøstjerne var den tredje mest observerte organismen, med et gjennomsnitt på 35,3 observasjoner per 1000 m^2 ved siste survey. Som vist i Figur 15 er det færre dyr i nærhet til Ocean Farm 1.



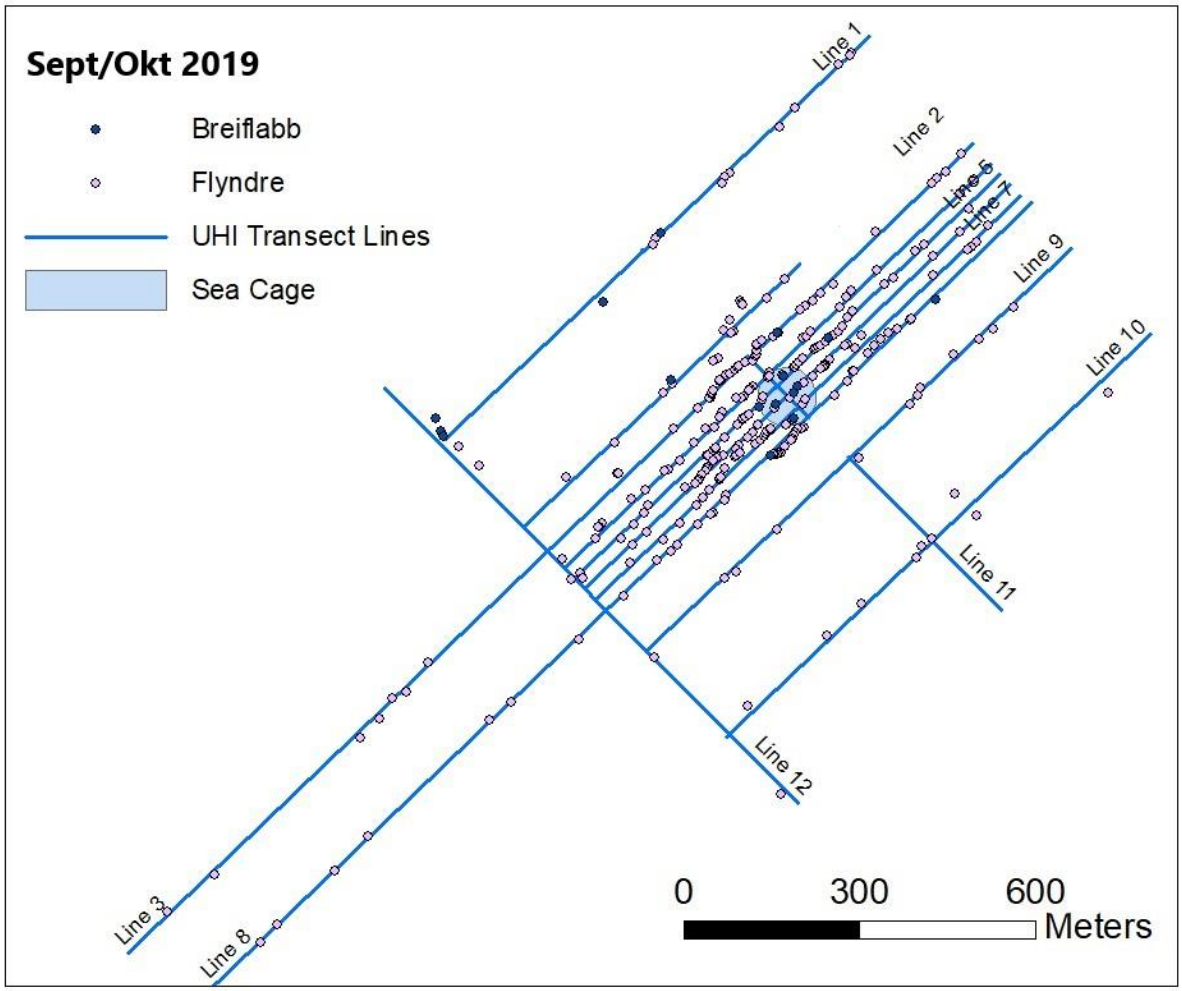
Figur 15: Gule sjøstjerner (*Henricia* sp.) i undersøkelsesområdet fra 2017 (baseline), 2018 (maksimum biomasse), april 2019 (brakklegging), og høst 2019 (1 mnd inn i andre produksjonsrunde).

Nytt av undersøkelsen høsten 2019, var en sterk tilstedeværelse av røde sjøstjerner (sannsynligvis korstroll) i området under og nært Ocean Farm 1, se Figur 16. Totalt ble det observert 9703 røde sjøstjerner i området. Dette var organismen med høyest tetthet (665,8 individer per 1000m^2). Enkelte forekomster av rød sjøstjerne har blitt registrert i de tidligere kartleggingsrundene, men ikke talt systematisk. Ettersom det var så mange av den ved survey 4, ble de talt denne gangen. Arten hadde høy tetthet rundt merd, og var tilnærmet fraværende i utkanten av området. De røde sjøstjernene viser altså en tendens til motsatt fordelingsmønster sammenlignet med de gule sjøstjernene og trollhummer. En mulig forklaring kan være at de finner næring i blåskjell spylt fra merd og/eller annet organisk materiale fra merden. I områdene hvor det ble observert stor tetthet av røde sjøstjerner ble det observert svært lite annen fauna, annet enn bunnfisk. Det var svært lite tegn til gravende megafauna i områder med rød sjøstjerne.



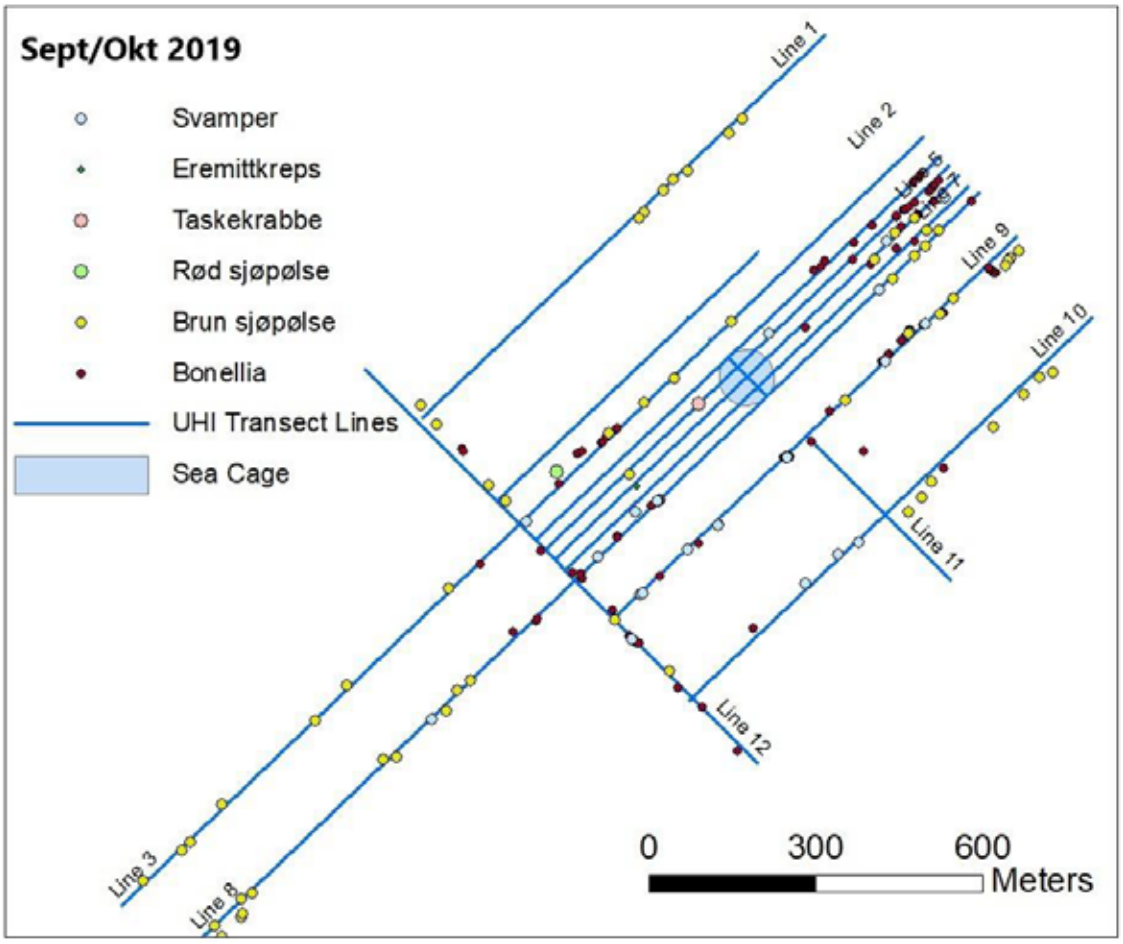
Figur 16: Oversikt over fordeling av røde sjøstjerner observert i survey 4, andre produksjonsrunde, sept/okt 2019.

Under survey 2 og 4 var det høyere forekomst av bunnfisk enn under baseline forhold (Tabell 3). Det var høyest tetthet i området nærmest og under Ocean Farm 1 mens de var sjeldnere å se i ytre deler av undersøkelsesområdet (Figur 17).



Figur 17: Fordeling av observerte breiflabb og flyndre, andre produksjonsrunde, sept/okt 2019.

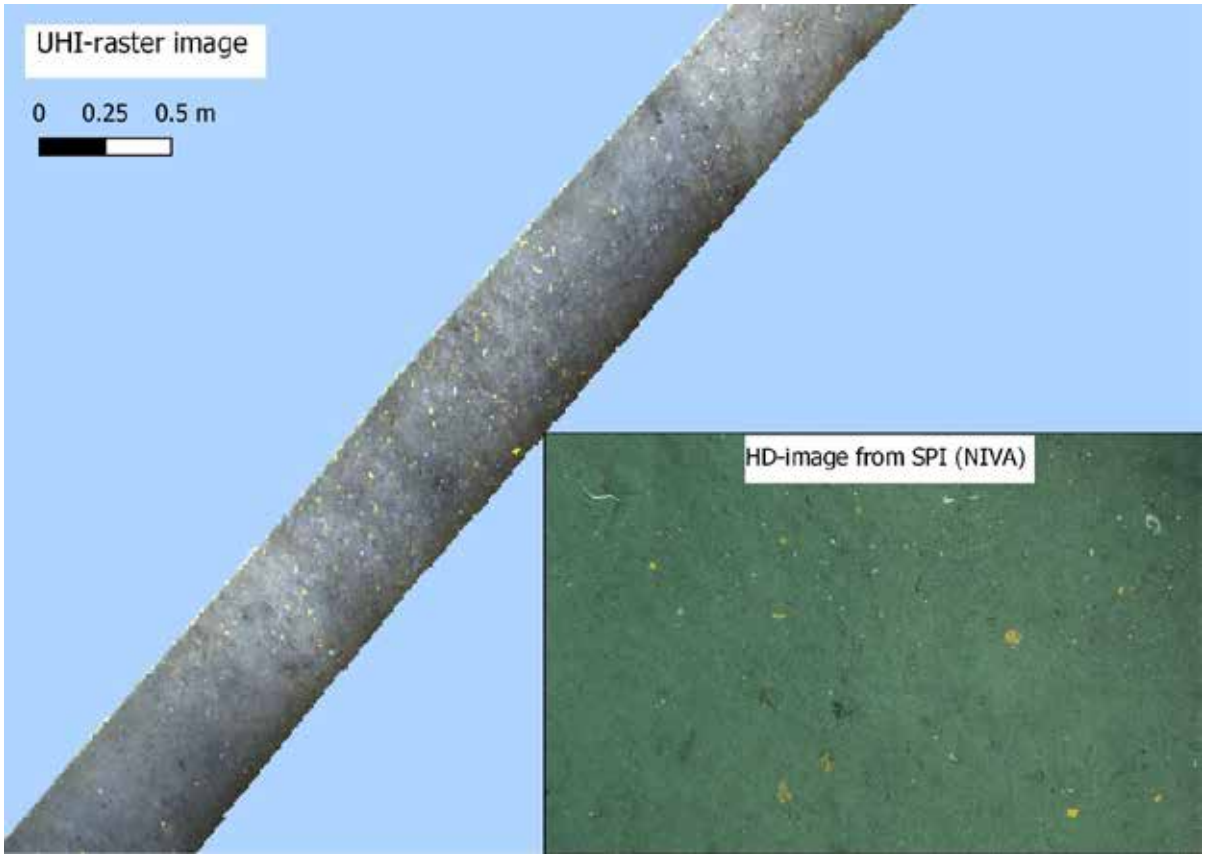
Figur 18 viser fordelingen til andre dyr. Dette inkluderer eremittkreps, rød og brun sjøpølse, pølseorm (*Bonellia viridis*) og taskekrabbe (*Cancer pagurus*). Det ble observert en svært liten endring i tilstedeværelsen av sjøkreps i området (Tabell 3). Dyrene viser en svak tendens til å fordele seg utenfor resipientsonen.



Figur 18: Fordeling av andre dyr av interesse observert i survey 4, Sept/Okt 2019.

3.3 Malingsflekker

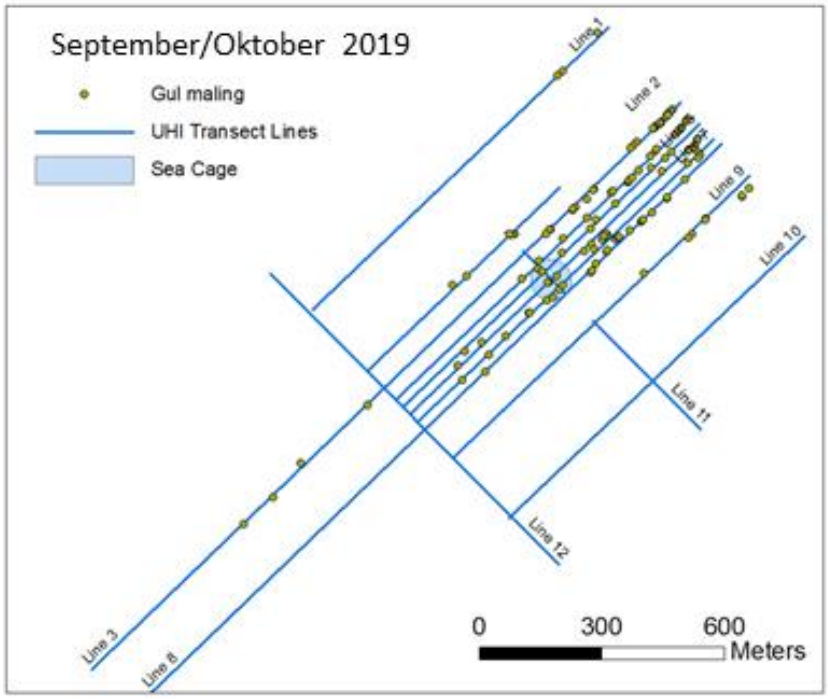
Spredte gule flekker ble observert på havbunnen på begge survey i 2019. Flekkene var av varierende størrelse (fra 1 cm til over 15 cm) og forekom hovedsakelig nord for merden (Figur 20). NIVA observerte disse flekkene på stasjonene 7-11 i april 2019, noe som samsvarer med UHI resultater (Figur 19). En mulig forklaring er at dette er flaket maling fra Ocean Farm 1. [14]



Figur 19: Kombinasjon av UHI-raster kart-bilde og HD-bilde fra SPI, viser tilstedeværelse av de gule flekkene på havbunnen.

Figur 20 viser fordelingen av observerte gule flekker antatt å være malingsflekker fra merden.

Under survey ble det også observert enkeltobjekter som knytter seg til menneskelig aktivitet, som teiner og tauverk. Se Vedlegg 1.



Figur 20: Oversikt over fordeling av gule (antatte) malingsflekker observert under survey Sept/Okt 2019.

3.4 Sediment profil bilder

Resultatene er beskrevet i NIVAs rapporter ([12] og [13]) og oppsummert her.

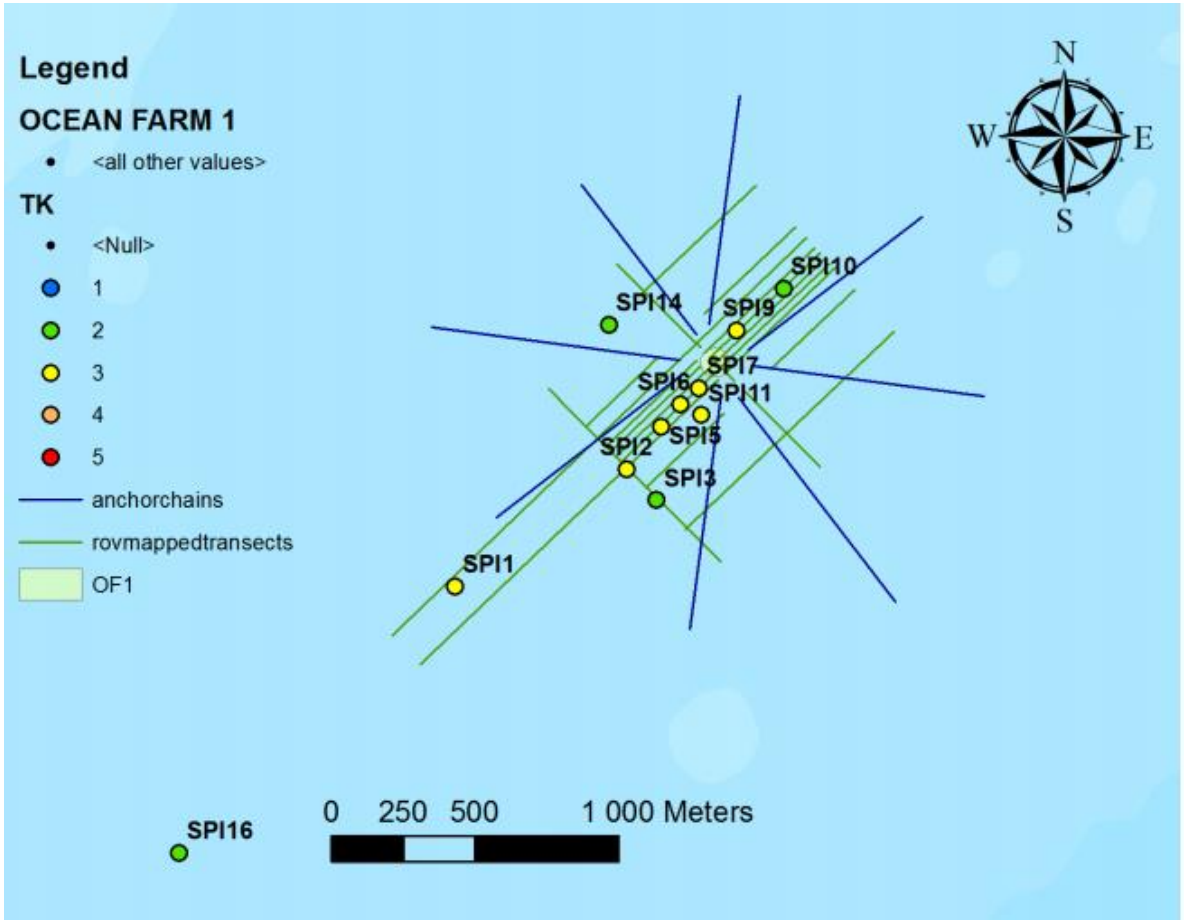
Mot slutten av første produksjonsrunde, januar 2019:

Tilstandsklasse: Alle stasjonene fikk tilstandsklasse 2 (God) eller 3 (Moderat) basert på BHQ-verdi som Figur 21 viser. Det kan se ut som det antatt mest påvirkede område basert på UHI undersøkelser fra august 2018 (Figur 9) fikk en dårligere tilstandsklasse enn de andre stasjonene, men merk at alle stasjonene var veldig nære grenseverdien mellom klasse 2 og 3. Det var da vanskelig å konkludere med noe basert på tilstandsklassifiseringen.

Bioturbasjon: Topplaget varierte i tykkelse fra 2,1 til 2,9 cm. Tykkelsen av dette topplaget gir en indikasjon på hvor langt ned i sedimentet det er gode oksygenforhold og hvor det foregår bioturbasjon (aRPD). Det var ingen tydelige lagdelinger utover dette som kan si noe om påvirkning fra Ocean Farm 1. Det var imidlertid en fargevariasjon i topplaget på noen av bildene på stasjon SPI11; det var noe mørkere enn resten av det oksygenerte sedimentet og hadde en gjennomsnittlig tykkelse på ca. 0,7 cm.

Overflatebilder: Overflatebildene viste flere organismer. Det viste ingen påvirkning med unntak av noen oransje klumper på stasjon SPI5, SPI6, og SPI7 nærme anlegget. En teori er at dette kan være rester av laksefór.

Samlet ble det altså kun sett små påvirkninger som kunne tilskrives anlegget.



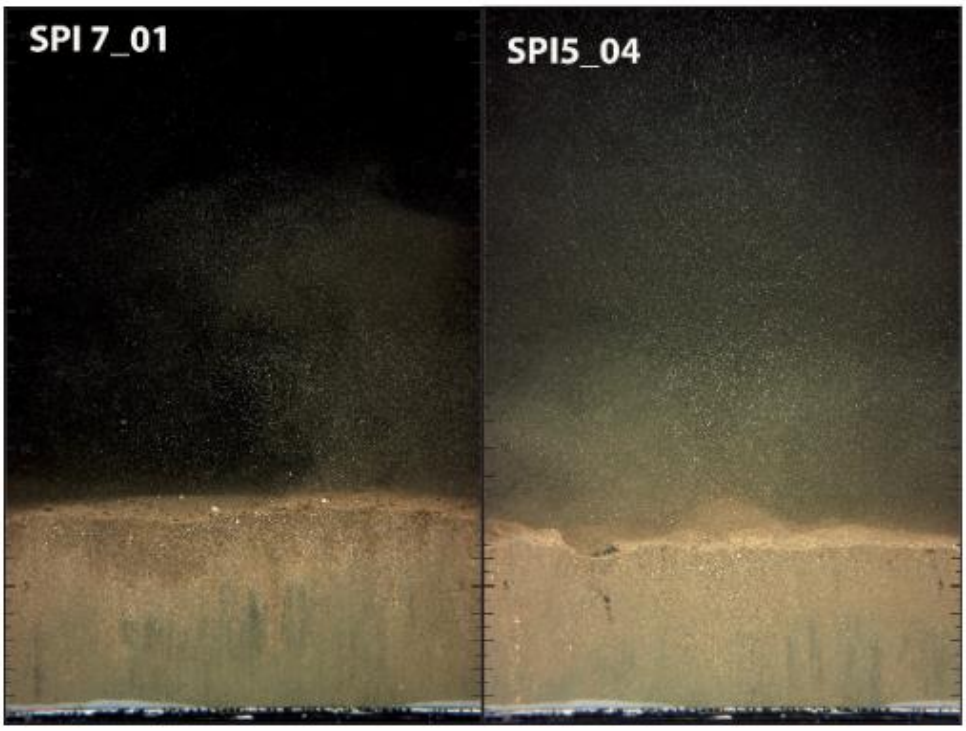
Figur 21: Tilstandsklasse ut fra Benthic Habitat Quality Index (BHQ) på SPI stasjoner januar 2019.

Brakkleggingsperiode april 2019:

Tilstandsklasse: Alle stasjonene ble klassifisert som tilstandsklasse 2 (god) eller 3 (moderat).

Bioturbasjon: Det ble i hovedsak funnet like resultater som for januar 2019. Det var imidlertid en litt uklar antydning til mørkere farge i toppen av sedimentet på noen av bildene på stasjon 6, 7, 8 og 11, som er stasjonene nærmest anlegget. Dette ble også observert på stasjon 11 i januar. En sannsynlig forklaring er at dette kan skyldes nedbryting av fôr og fekalier, muligens relatert til dannelse av jernsulfid og pyritt. Dette kan være et tegn på anaerobe forhold. Se eksempel i Figur 22.

Overflatebilder: Overflatebildene viste flere organismer, færre trollhummere ble observert denne gangen. På flere av overflatebildene på stasjon 7, 8, 9, 10 og 11 ble det observert en eller flere gule flak som man gjetter på at er maling fra anlegget (Se Figur 18).



Figur 22: Bilde fra SPI-stasjon 7 (SPI7) som har noe mørkere sediment i øvre del av topplaget, og fra SPI-stasjon 5 (SPI5) som et eksempel fra en stasjon som ikke har mørkere sediment i topplaget. Begge fra april 2019.

4 Diskusjon

Arealovervåking av havbunnen på Håbranden gjennom 2,5 år viste at området lokalt under merden ble påvirket av lakseoppdrettet. Dette var synlig i form av:

- Rester av organisk materiale, som fór og/eller fekalier.
- Hvitt sedimentlag. En teori er at dette var bakteriematter.
- Reduksjon av gravehull (groper dannet av krepsdyr o.l.).
- Reduksjon av gule sjøstjerner og trollhummer, arter som tidligere var dominerende i området.
- Etablering av rød sjøstjerne i svært høyt tall, som tidligere ikke var tilstede.
- Økt forekomst av flyndrefisk og breiflabb.
- Blåskjell spylt fra merdkonstruksjonen.
- Gule flak, antagelig malingsflak fra merdkonstruksjonen
- Tynt mørk topplag med sediment som kan indikere nedbryting under anaerobe forhold.

Disse påvirkningene ble observert lokalt under merden. I ytterkant av undersøkt område framsto sjøbunnen som upåvirket gjennom hele overvåkingsperioden.

Resultatene antyder at dannelse av hvitt lag og suspendert organisk materiale er «raske prosesser», ettersom dette var fraværende under besøk på lokaliteten i

brakkleggingsperioden. Dette støttes opp av at det ikke ble observert et slikt lag på sediment profilbildene, noe som indikerer at det suspenderte laget var svært tynt eller kortvarig.

Flyndre og breiflabb er opportunistiske og mobile, de hadde høy forekomst i perioder der det ble observert rester av organisk materiale, mens de forlot området under brakkleggingsperioden. Gule sjøstjerner og trollhummer derimot, re-koloniserte ikke området rundt merden i brakkleggingsperioden, noe som tyder på at dette er en langsommere prosess. Selv om laget var borte, kan det potensielt være langvarige effekter på bunnen. Tettheten av trollhummer i ytre områder hadde en kraftig økning ved siste kartlegging. Årsaken til dette er ikke kjent.

De røde sjøstjernene (antatt korstroll) som opptrådte med svært høye antall i 2019 hadde trolig funnet en nisje i de endrede miljøforholdene under merden. En mulig årsak kan være at de fikk lett tilgang på næring i form av blåskjell spylt fra merden. Deres høye antall kan også være med på å forklare det fortsatte fraværet av andre organismer (inter-spesifikk konkurranse). Dominans av én enkelt art på bekostning av andre er ofte forbundet med lav biodiversitet, mens et robust område gjerne kjennetegnes av høy grad av biodiversitet.

Resultatene fra Håbranden viser hvordan visuelle undersøkelser i form av hyperspektral avbildning og arealkart gir et unikt bidrag for å kartlegge lakseproduksjonens fotavtrykk på sjøbunnen. Arter som er kommersielt viktige for fiskeriene, som sjøkreps og flatfisk, ville ikke blitt kartlagt ved bruk av tradisjonelle B og C prøver.

Dette arbeidet understreker viktigheten av å ha gode baseline kart, samt å kartlegge et tilstrekkelig stort areal. På den måten kan man følge endringer i både tid og rom.

5 Konklusjoner

- Oppdrettsaktivitet på Håbranden, gir seg utslag i lokale påvirkninger på bunnforhold i området under og rundt merden i en radius på noen hundre meter til en kilometer. Lengre fra framstår området som upåvirket.
- UHI har vist seg som et nyttig verktøy for å få en helhetlig oversikt over anleggets fotavtrykk på bunnmiljø, både over tid og i geografisk utstrekning.

6 Videre arbeid

Ecotone vil anbefale å følge opp dette arbeidet og bygge videre på den etablerte kunnskapen ved å fortsette overvåkingsprogrammet i kommende produksjonssyklus. Dette vil gi unikt datagrunnlag for videre vurdering av anlegget, samt muliggjøre senere forskning.

For å gjøre metoden mer universell bør den videreutvikles ved å undersøke flere oppdrettsanlegg med ulike typer miljøforhold (dybde, eksponering, bløtbunn/hardbunn). Dette er spesielt interessant for hardbunnslokaliteter der det ikke er mulig å samle inn tradisjonelle grabbeprøver. Det er stort potensiale for å effektivisere analysemetodikk, ved å videreutvikle, standardisere og verifisere automatiserte metoder (machine learning).

Teknologien har vært testet på AUV – undervannsfarkost som opererer uten kabel til morfartøyet. AUV kan spille en viktig funksjon som instrumentbærer i framtidens offshore oppdrettsanlegg, der det kan være krevende å operere manuelt utstyr med tanke på vær, vind og avstander.

7 Referanser

[1] G. Johnsen et al. «Underwater hyperspectral imagery to create biogeochemical maps of seafloor properties,» i *Subsea Optics and Imaging. Woodhead Publishing.* 2013, pp. 508-535.

[2] G. Johnsen, «Underwater Hyperspectral Imaging». Patentnr. US8767205B2, 2009.

[3] G. Johnsen, M. Ludvigsen , A. Sørensen og L. Aas, «The use of underwater hyperspectral imaging deployd on remotely operated vehicles - methods and applications,» *IFAC,* vol. 49, pp. 476-481, 2016.

[4] Ø. Sture, M. Ludvigsen, F. Søreide og L. M. Aas, «Autonomous underwater vehicles as a platform for underwater hyperspectral imagin,» i *IEEE - OCEANS 2017*, Aberdeen, 2017.

[5] M. Ludvigsen, G. Johnsen, A. Sørensen og Ø. Ødegård, «Scientific operations combining ROV and AUV in the Trondheim Fjord,» *Marine Technology Society Journal,* vol. 48, nr. 2, pp. 59-71, 2014.

[6] I. Dumke, A. Purser, Y. Macron, S. M. Nornes, G. Johnsen og F. Søreide, «Underwater hyperspectral imaging as an in situ taxonomic tool for deep-sea megafauna,» *Scientif reports,* vol. 8, nr. 1, 2018.

[7] J. Tegdan, et al. "Underwater hyperspectral imaging for environmental mapping and monitoring of seabed habitats,» i *Oceans 2015. IEEE*, Genova, 2015.

[8] A. Mogstad og G. Johnsen, «Spectral characteristics of coralline algae: a multi-instrumental approach, with emphasis on underwater hyperspectral imaging,» *Applied Optics,* vol. 56, nr. 36, pp. 9957-9975, 2017.

[9] S. Cochrane, S. Ekehaug, E. Refit, R. Pettersen, I. M. Hansen og L. M. Aas, «Detection of deposited drill cuttings on the sea floor - a comparison between underwater hyperspectral imagery and the human eye,» *Marine pollution bulletin,* 145, pp. 67-80, 2019.

[10] P. A. Letnes et al., «Underwater hyperspectral classification of deep sea corals exposed to 2-methylnaphthalene,» *PloS one,* vol. 14, nr. 2, 2019.

[11] SalMar, «Havbasert Fiskeoppdrett,» SalMar, [Internett]. Available: https://www.salmar.no/havbasert-fiskeoppdrett-en-ny-aera.

[12] B. Beylich, «SPI-undersøkelser utenfor Ocean Farm 1 (ProsjektO-180381),» NIVA, 2019.

[13] B. Beylich, «SPI-undersøkelser utenfor Ocean Farm 1 – April 2019 (Prosjekt O-180381),» NIVA, 2019.

[14] S. Ekehaug og I.M. Hansen, «Ecotones rapporter til Ocean Farming, Survey 1, 2, og 3,» 2017, 2018, 2019.

Vedlegg 1: Artsliste og andre observasjoner

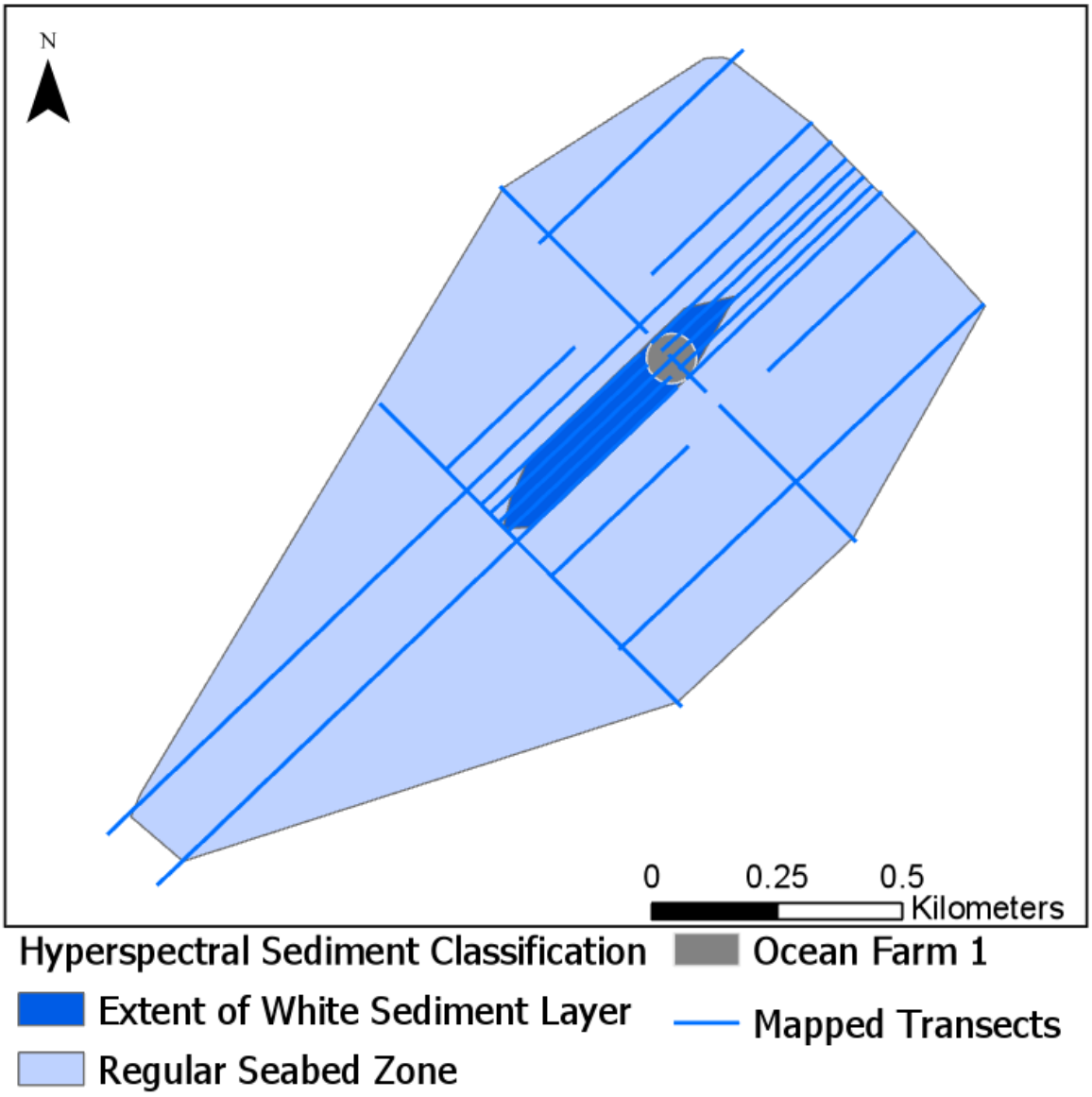
Vitenskapelig navn	**Norsk navn**
PORIFERA (Svamp)	
Geodia sp.	Geodia (kålrabisvamp)
Phakellia sp.	Vifteformet svamp
Porifera indet	Svamper, ukjent
CNIDARIA (Nesledyr)	
Anemone	-
Pennatula phosphorea	Vanlig sjøfjær
Sannaynligvis *Virgularia mirabilis*	Piperenser
Pennatulacida	Sjøfjær
ANNELIDA (Leddormer)	
Sabellidae (fam.)	Påfuglmarker
ECHIURA (Pølseormer)	
Bonellia viridis	Grønn pølseorm
ARTHROPODA (Leddyr)	
Caridea	Reker
Nephrops norvegicus	Sjøkreps
Galatheidae (sannsynligvis *Munida sarsi*)	Trollhummer (sannsynligvis muddertrollhummer)
Cancer pagurus	Taskekrabbe
Paguridae	Eremittkreps
Lithodes maja	Trollkrabbe
Crustacea	Krepsdyr
MOLLUSCA (Bløtdyr)	
Mytilus edulis Spylt fra merd	Blåskjell Spylt fra merd
ECHINODERMATA (Pigghuder)	
Asteroidea	Sjøstjerner
Asteroidea (Rød) Sannsynligvis *Asteria* sp.	Rød sjøstjerne (Sannsynligvis korstroll)
Asteroidea (Gul) Sannsynligvis *Henricia* sp.	Gul sjøstjerne (Sannsynligvis kameleonsjøstjerne)
Parastichopus tremulus	Rød sjøpølse
Cucumaria frondosa	Brunpølse
AGANTHA, CHONDRICHTHYES, OSTEICTHYES (Fisk:Kjeveløse fisker, rundmunner og beinfisk)	
Myxine glutinosa	Slimorm
Squalus acanthias	Pigghå
Chimaera monstrosa	Havmus
Salmo salar (I opdrettsmerden)	Laks
Molva molva	Lange
Pollachius virens	Sei
Gadus morhua	Torsk
Gadiformes	Torskefisk
Lophius piscatorius	Breiflabb

Pleuronectidae	Flyndrefisk
Pleuronectes platessa	Rødspette
Osteichtyes	Fisk
CETACEA (Hvaler og delfiner)	
Globicephala melas	Grindhval
OCHROPHYTA	
Fucales/ Laminariales	Tang og tare (drevet med strømmen fra grunnere områder)

Andre objekter på sjøbunnen
Teiner, tauverk, malingsflekker, ankerkjetting tilhørende merdkonstruksjon, avfall (metall, plast)

Vedlegg 2: Automatisk sedimentklassifisering

Automatisk sedimentklassifisering fra maksimum tillatte biomasse august 2018 viser at hvitt sediment (antatt bakteriematte) strekker seg til omtrent 500 m fra seter av Ocean Farm 1 i sørvestlig retning, og til 160 m i nordøstlig retning. Dette samsvarer med resultatene fra den manuelle tellingen gitt i Figur 11.



DNV·GL

OFFSHORE FISH FARM - OPERASJONSFASEN

Structural inspection OFF1 August 2019

Ocean Farming AS

Report No.: 2019-0868, Rev. A
Document No.:
Date: 2019-08-27

Project name:	Offshore Fish Farm - Operasjonsfasen	DNV GL AS Oil & Gas
Report title:	Structural inspection OFF1 August 2019	Environmental Loading &
Customer:	Ocean Farming AS,	Response
Customer contact:	Torbjørn Hammernes	Veritasveien 1
Date of issue:	2019-08-27	1363 Høvik
Project No.:	10117919	Norway
Organisation unit:	Environmental Loading & Response	Tel: +4767579900
Report No.:	2019-0868, Rev. A	
Document No.:		

Applicable contract(s) governing the provision of this Report:

Objective:

Describe observations from a general structural inspection performed in March 2019.

Prepared by:	Verified by:	Approved by:
Robert Indergård	Arne Fjeldstad	Frode Kamsvåg
Principal Specialist	Principal Engineer	Business Development Leader Marine Structures

Copyright © DNV GL 2019. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

☐ OPEN. Unrestricted distribution, internal and external.

☐ INTERNAL use only. Internal DNV GL document.

☒ CONFIDENTIAL. Distribution within DNV GL according to applicable contract.*

☐ SECRET. Authorized access only.

*Specify distribution:

Keywords:

Offshore Fish Farm, Inspection

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
A	2019-08-27	Issued for Review	Rinder	Arfje	Fkam

Table of contents

1 EXECUTIVE SUMMARY 1

2 INTRODUCTION 2
2.1 Purpose of the inspection 2
2.2 Extent and methods of inspection 2
2.3 Limitations of the inspection 4

3 INSPECTION RESULTS AND FINDINGS 5
3.1 General condition and general observations 5
3.2 Detail B2 and B2* 5
3.3 Detail M1 14
3.4 Damages 17

4 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS 18

5 REFERENCES 19

1 EXECUTIVE SUMMARY

DNV GL developed a risk based long-term inspection plan for Offshore Fish Farm 1 /1/. The inspection campaign was carried out 14th of August 2019. These were inspections originally planned for in 2018 according to the inspection report /1/. The inspection was performed by Robert Indergård from DNV GL. The inspection was carried out visually, i.e. no NDT (Non-Destructive Testing) was carried out.

The following details were subject for the inspection:

1. B2/B2* - welds at brackets and ring stiffeners located inside at the intersection between the internal ring stiffener and the footprint of the diagonal brace at column C2, C6, C8 and C12 at elevation 49000.
2. M1 – weld between column and horizontal beams located at column C4 and C10 at elevation 16000.

The inspection was carried out without findings.

The general condition of the structure is good. The painting seems intact, only minor damages from modification work, leaving some unpainted areas at the top ring and some areas at top of the bottom ring in centre where the painting is flaked off and corrosion has occurred. It is recommended to sand blast and paint these areas.

The structural inspection carried out 14th March 2018, /2/ 2019-0375 General structural inspection of Offshore Fish Farm 1, Rev.0, reports about trapped water in the ring stiffeners inside the columns. No water, or only small amount of water was observed inside the ring stiffeners this time. However, it is recommended to arrange self-draining of the ring stiffeners to avoid future corrosion.

2 INTRODUCTION

2.1 Purpose of the inspection

DNV GL ~~has~~ carried out Risk Based Inspection (RBI) analysis and established long-term inspection plans for the offshore fish farm structure for Ocean Farming AS. The inspection plans cover a period of 25 years of operation and accounts for fatigue damage accumulated in transport and two operational drafts. The inspection carried out 14th of August 2019 was the first planned inspection of tubular joint connections, originally planned for 2018 according /1/ 2017-0087 Inspection plan for offshore fish farm, Rev.0. The inspection was carried out by Robert Indergård from DNV GL. This is the second structural inspection carried out by DNV GL. The first inspection was carried out 14th March 2018. The results from the first inspection is presented in /2/ 2019-0375 General structural inspection of Offshore Fish Farm 1, Rev.0.

2.2 Extent and methods of inspection

According /1/ items B2, B2* and M1 were planned for inspection in 2018:

3. B2/B2* - welds at brackets and ring stiffeners located inside at the intersection between the internal ring stiffener and the footprint of the diagonal brace at column C2, C6, C8 and C12 at elevation 49000. The detail is shown in Figure 1 and Figure 2 Location of the detail is shown in Figure 4
4. M1 – weld between column and horizontal stiffener located at column C4 and C10 at elevation 16000. The detail is shown in Figure 3 The location of the detail I shown in Figure 4.

The inspections were carried out as visual inspections.

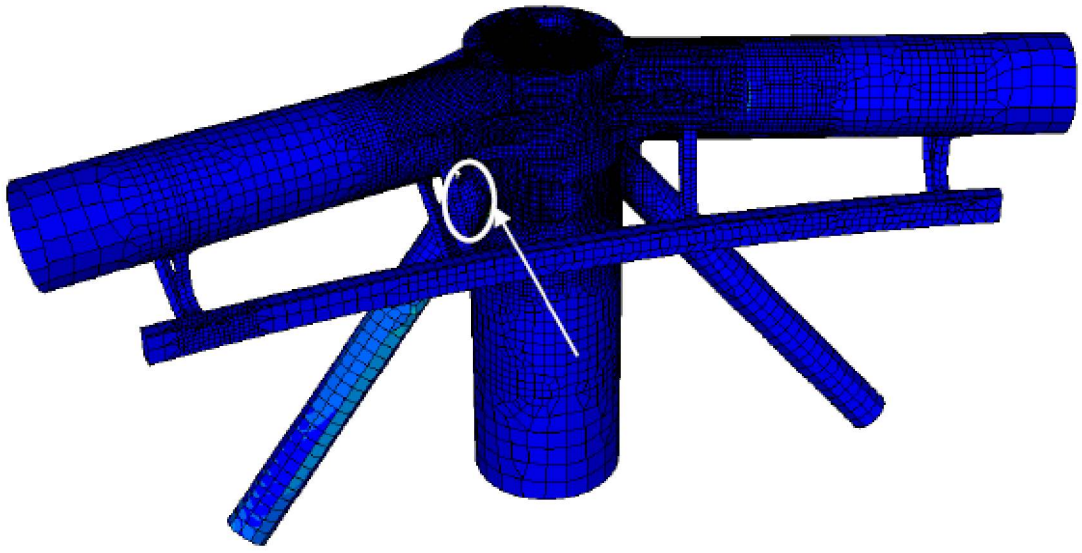


Figure 1 Overview of location of detail b2 and B2*. The detail is shown with white circle.

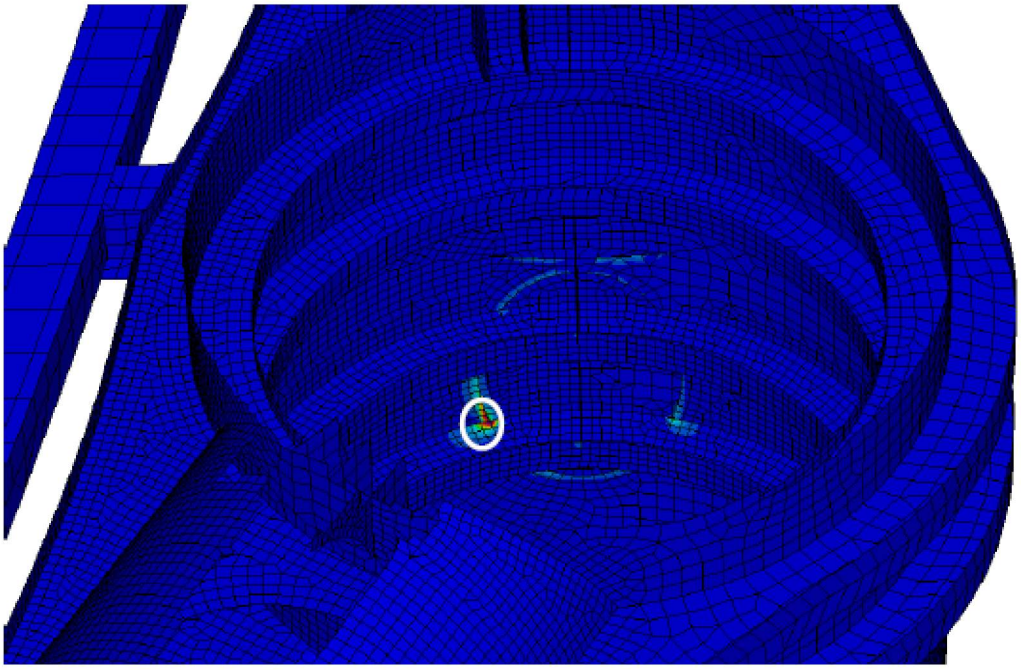


Figure 2 Close-up of B2 and B2*

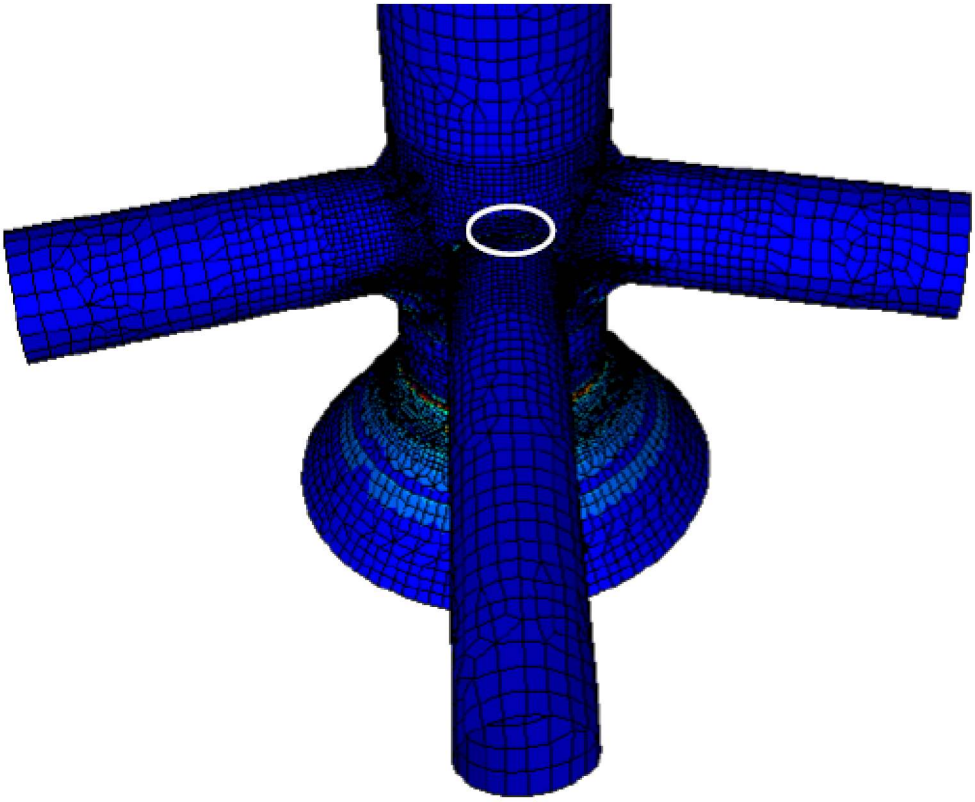


Figure 3 Overview of location of detail M1. The detail is shown with white circle.

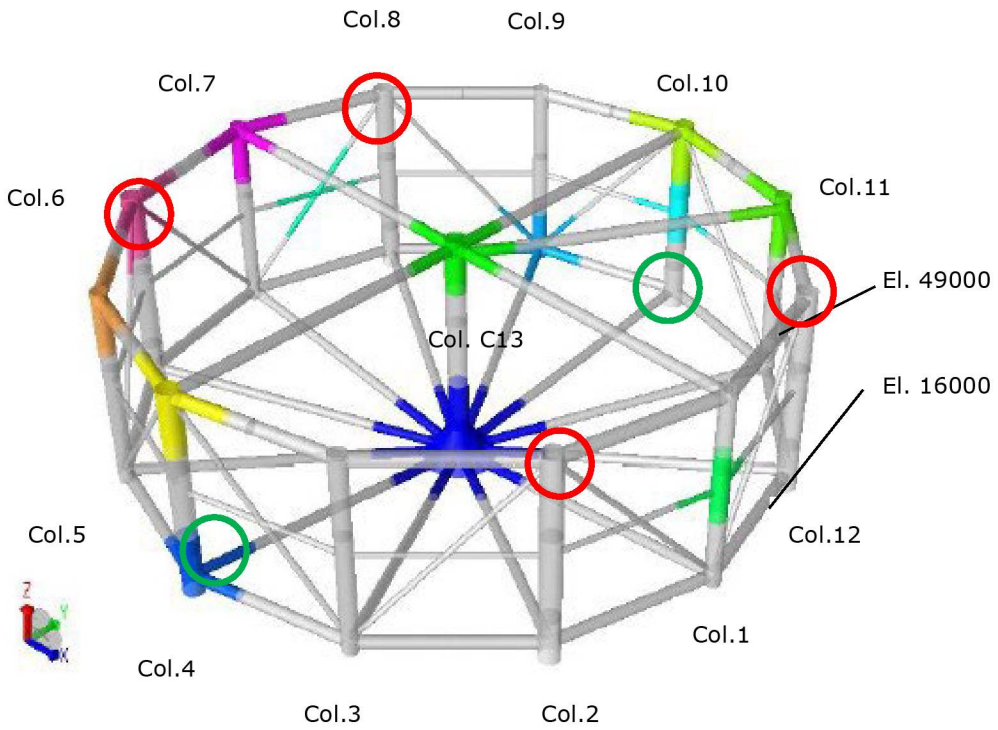


Figure 4 Overview of Ocean Fish Farm 1 and the areas inspected. The location of detail B2/B2* is shown with red circle. The location of detail M1 is shown with green circle.

2.3 Limitations of the inspection

The inspection was carried out visually, i.e. no NDT (Non-Destructive Testing) was carried out.

It was impossible to see the footprint of the diagonal brace inside the columns for detail B2/B2*. The approximate position was found by knocking. To be sure that the exact position of the detail was covered, an area of approximately 500x500mm was inspected.

3 INSPECTION RESULTS AND FINDINGS

3.1 General condition and general observations

The general condition of the structure is good. The painting seems intact, only minor damages from modification work were observed, leaving some unpainted areas at the top ring.

There are some areas at top of the bottom ring in centre where the painting is flaked off and corrosion has occurred.

The amount of marine growth is low.

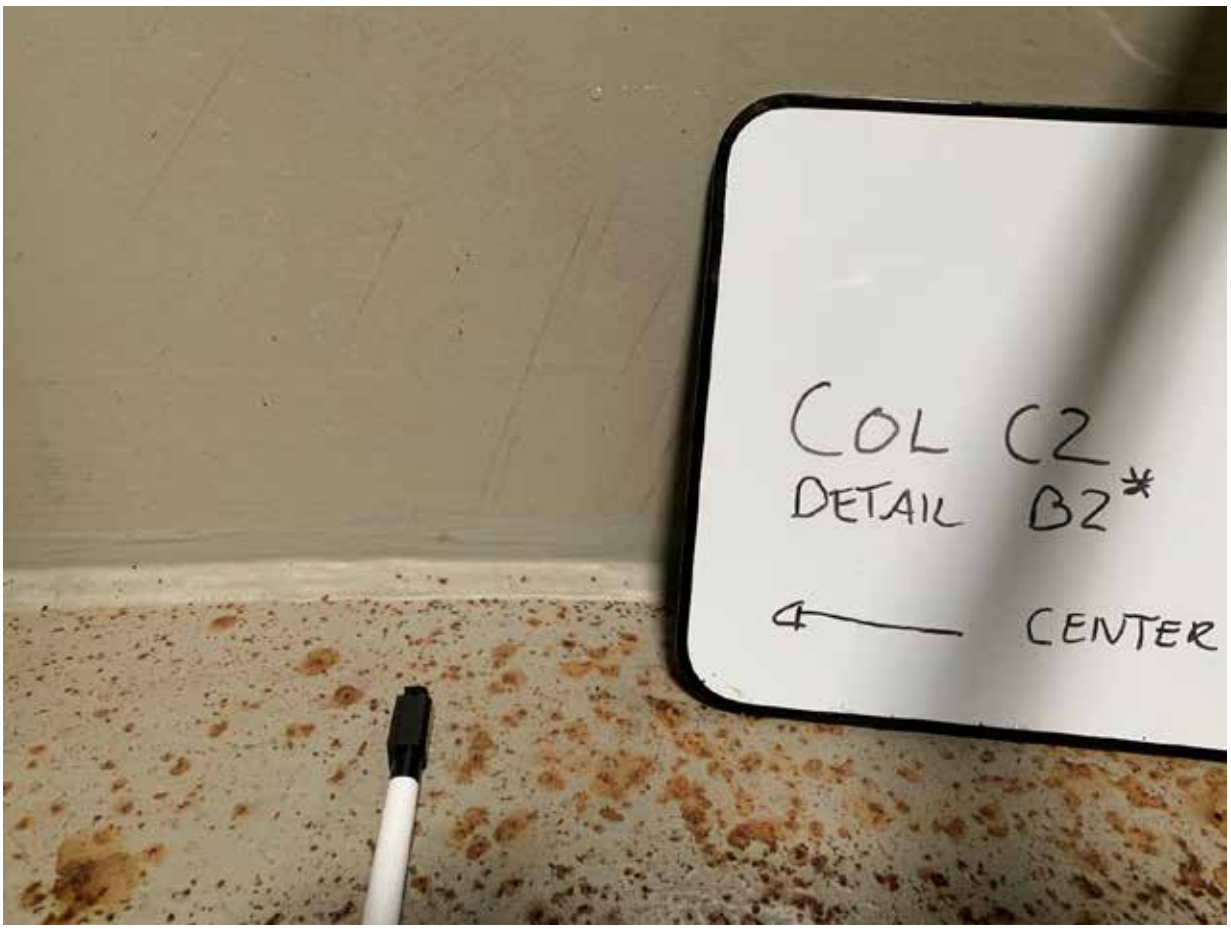
3.2 Detail B2 and B2*

Detail B2, inside Column C12 and detail B2*, inside Column C2, C6 and C8 was inspected. The footprint from the diagonal brace was found by knocking. To be sure that the close-up visual inspection covered the detail, an area of approximate 500x500mm was inspected.

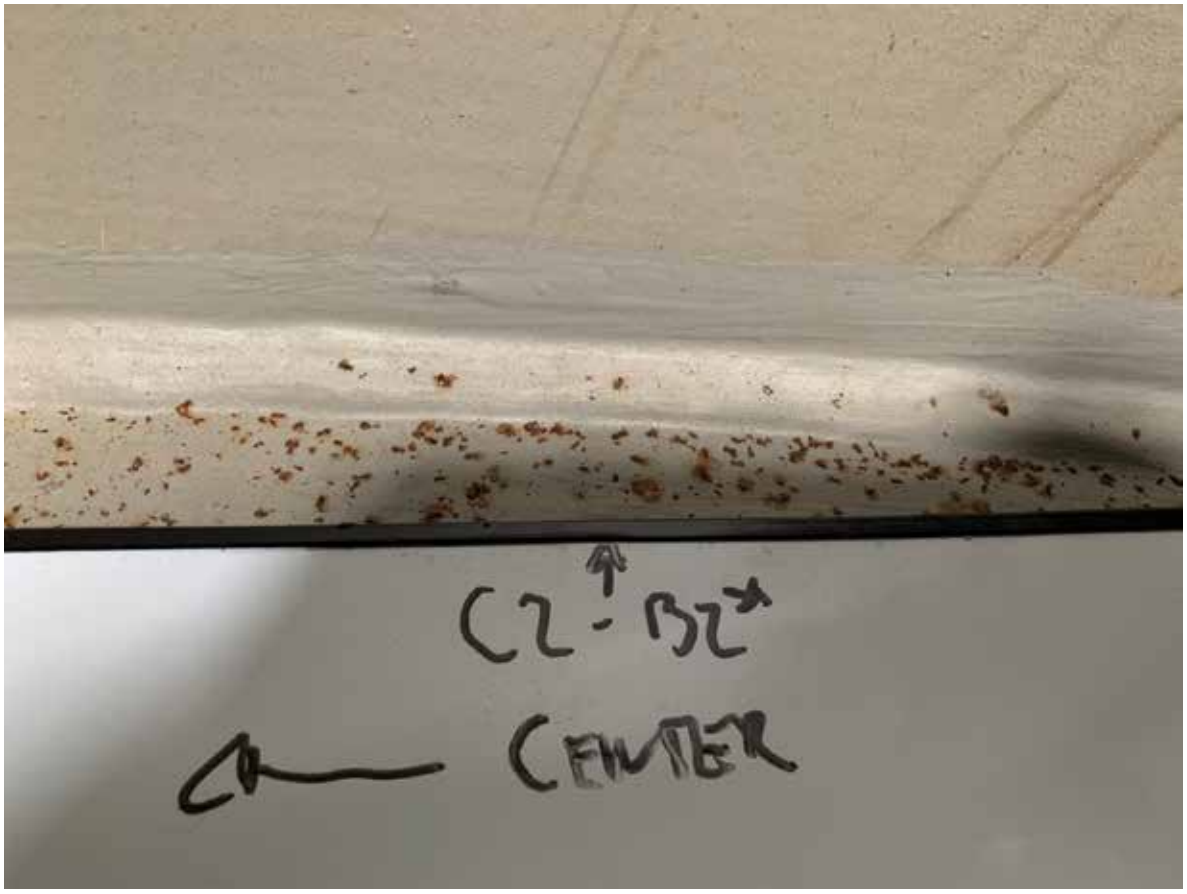
No corrosion or cracks were observed. The trapped water inside the ring stiffeners observed reported in /2/ had been removed. There is still no means of draining the ring stiffeners.

The exact position of B2 and B2* is specified in /1/. However, the same detail occurs at 3 other locations inside the column; the outside intersection of the diagonal brace and the two intersections of the opposite diagonal brace. These points were also visually inspected without findings.

See pictures below from the close-up inspection of detail B2 and B2*.

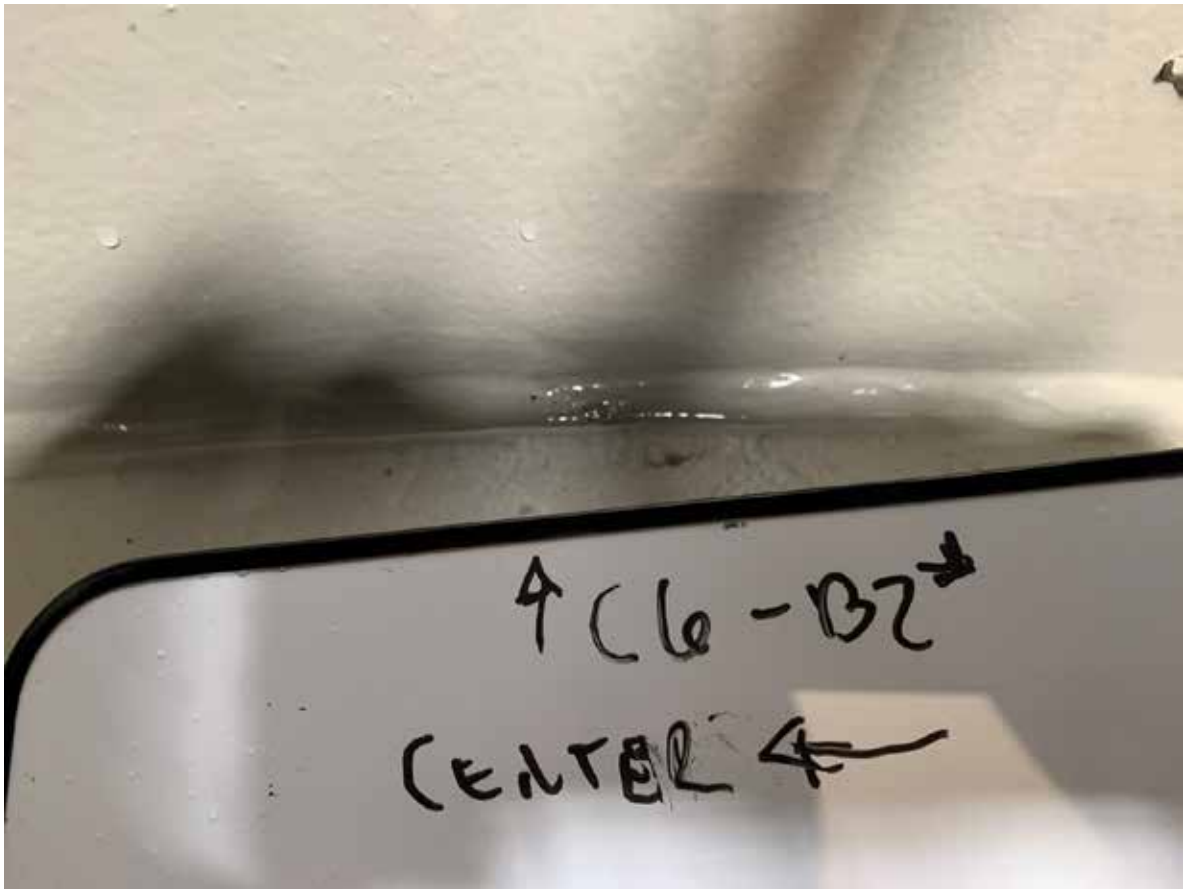


Picture 1 Detail B2* inside Column C2. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is staying vertically.

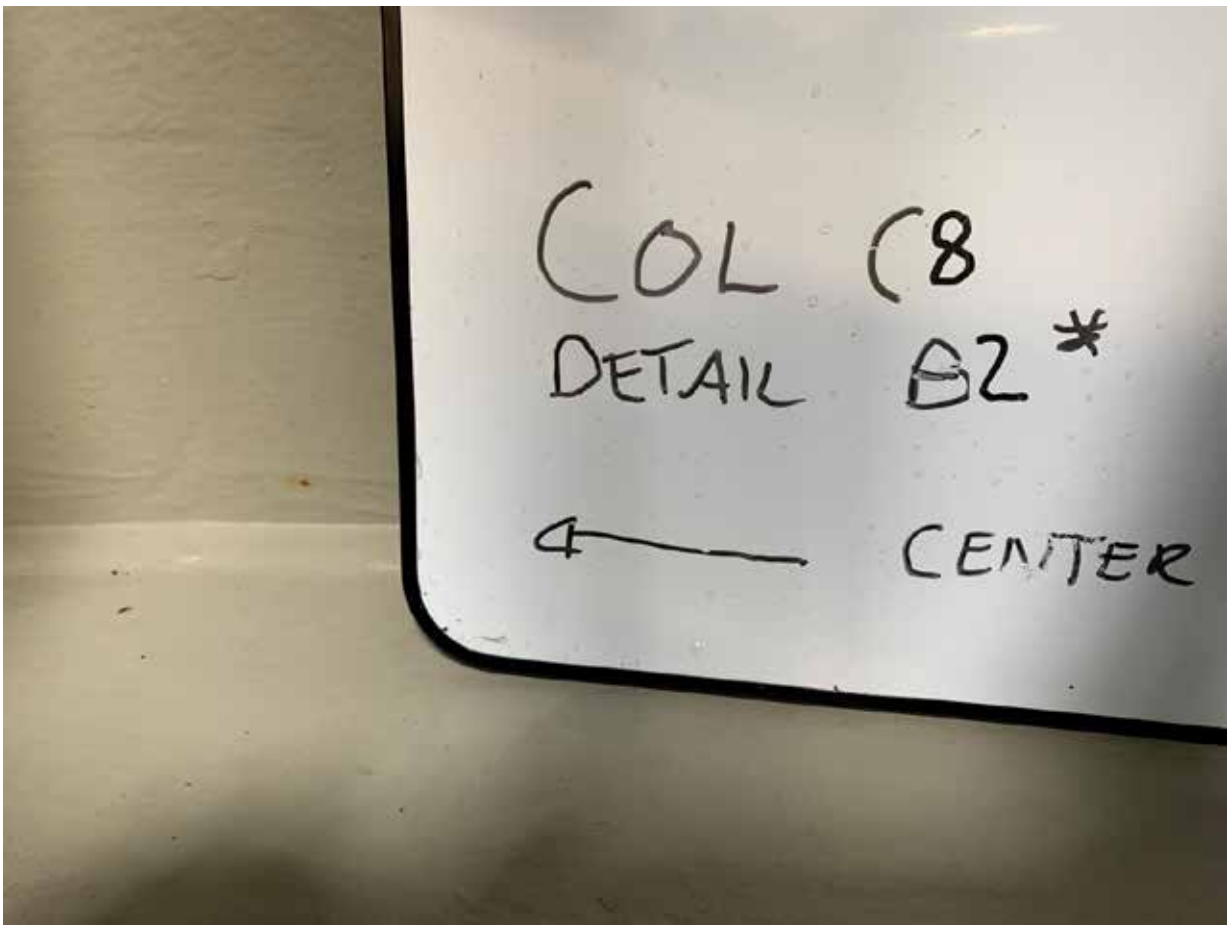


Picture 2 Close-up of detail B2* inside Column C2. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is laying horizontally.

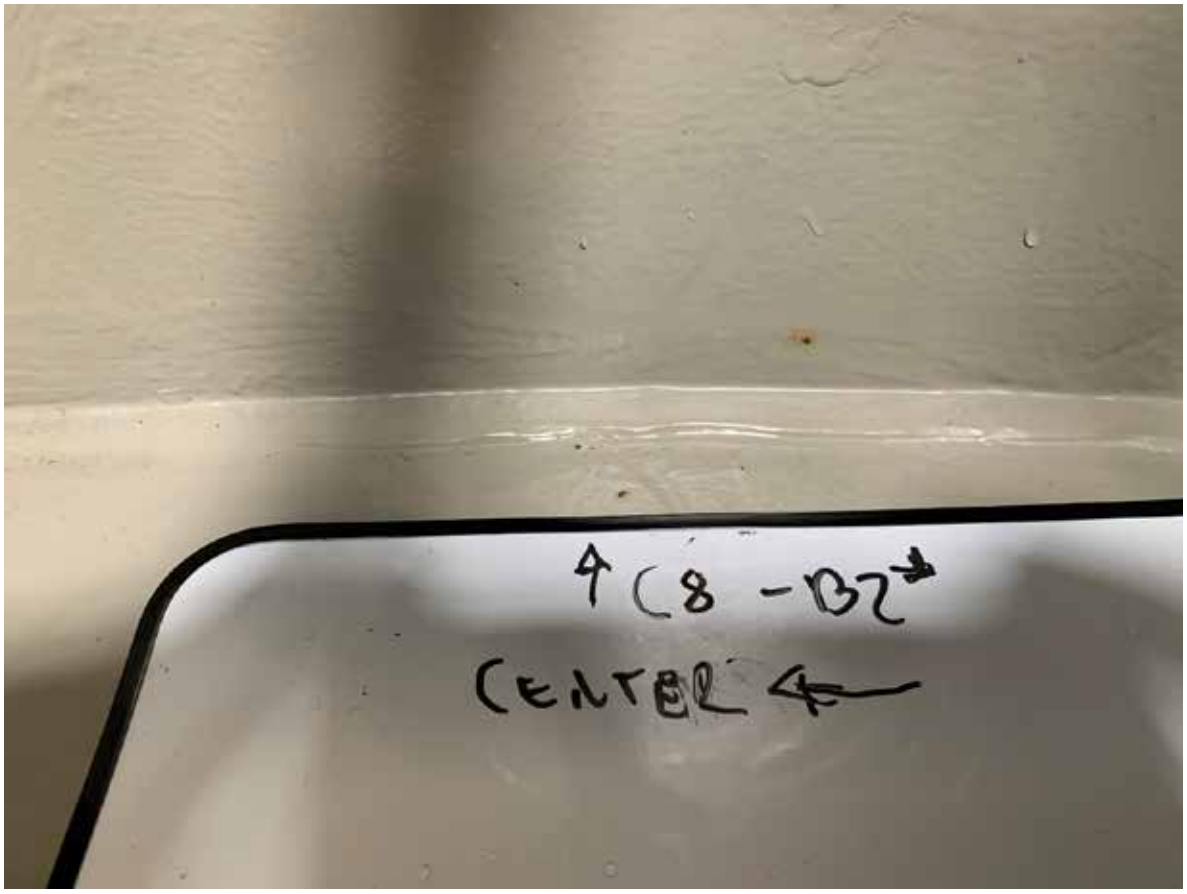
Picture 3 Detail B2* inside Column C6. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is staying vertically.



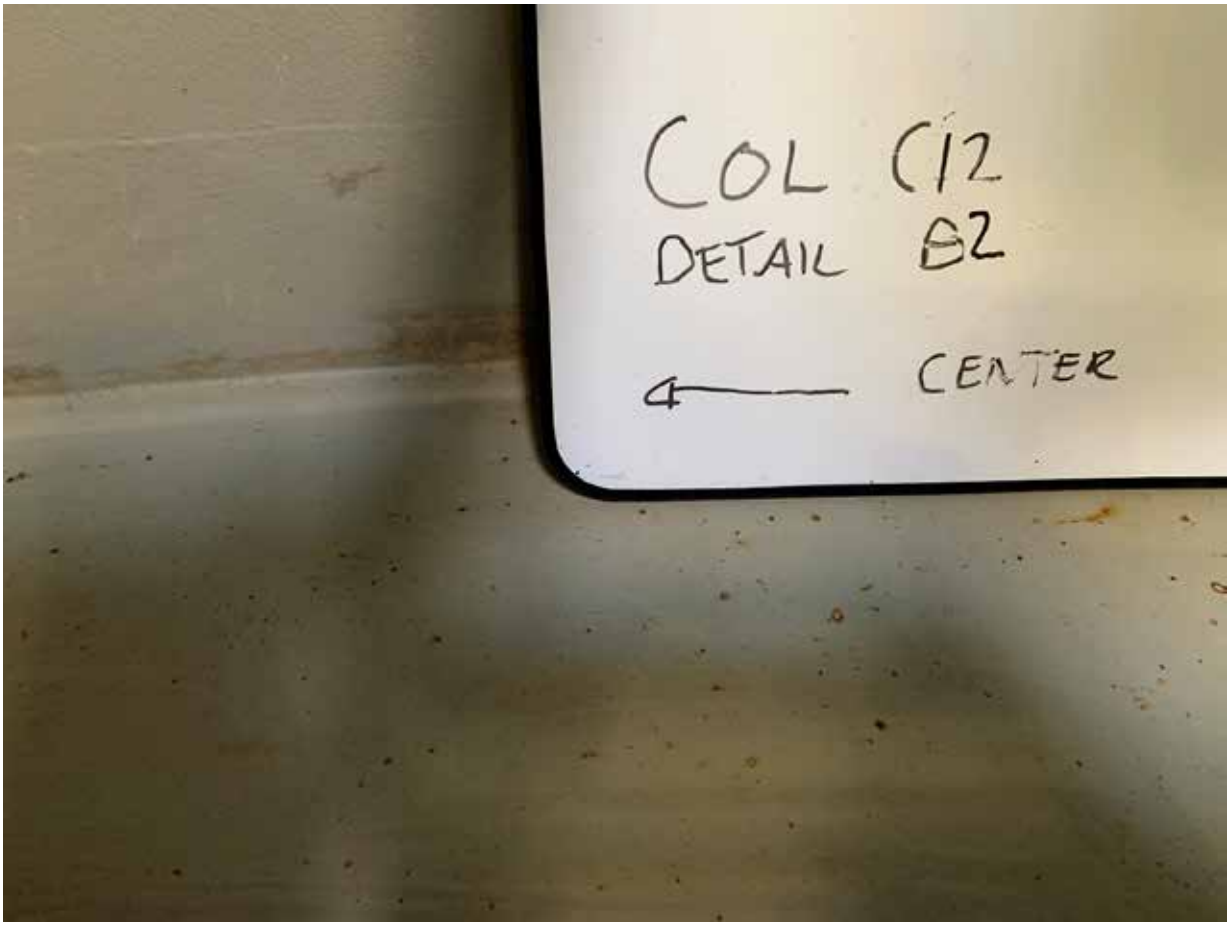
Picture 4 Close-up of detail B2* inside Column C6. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is laying horizontally.



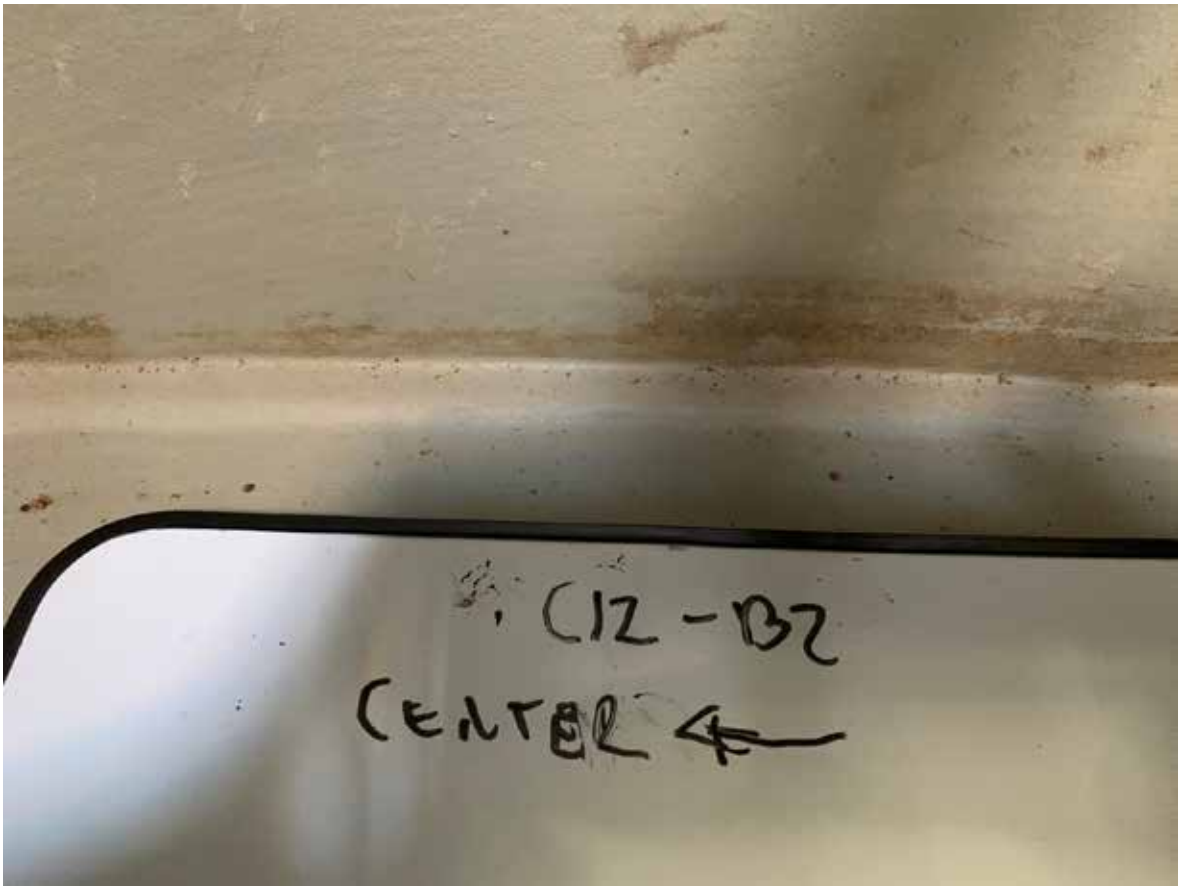
Picture 5 Detail B2* inside Column C8. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is staying vertically.



Picture 6 Close-up of detail B2* inside Column C8. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is laying horizontally.



Picture 7 Detail B2 inside Column C12. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is staying vertically.



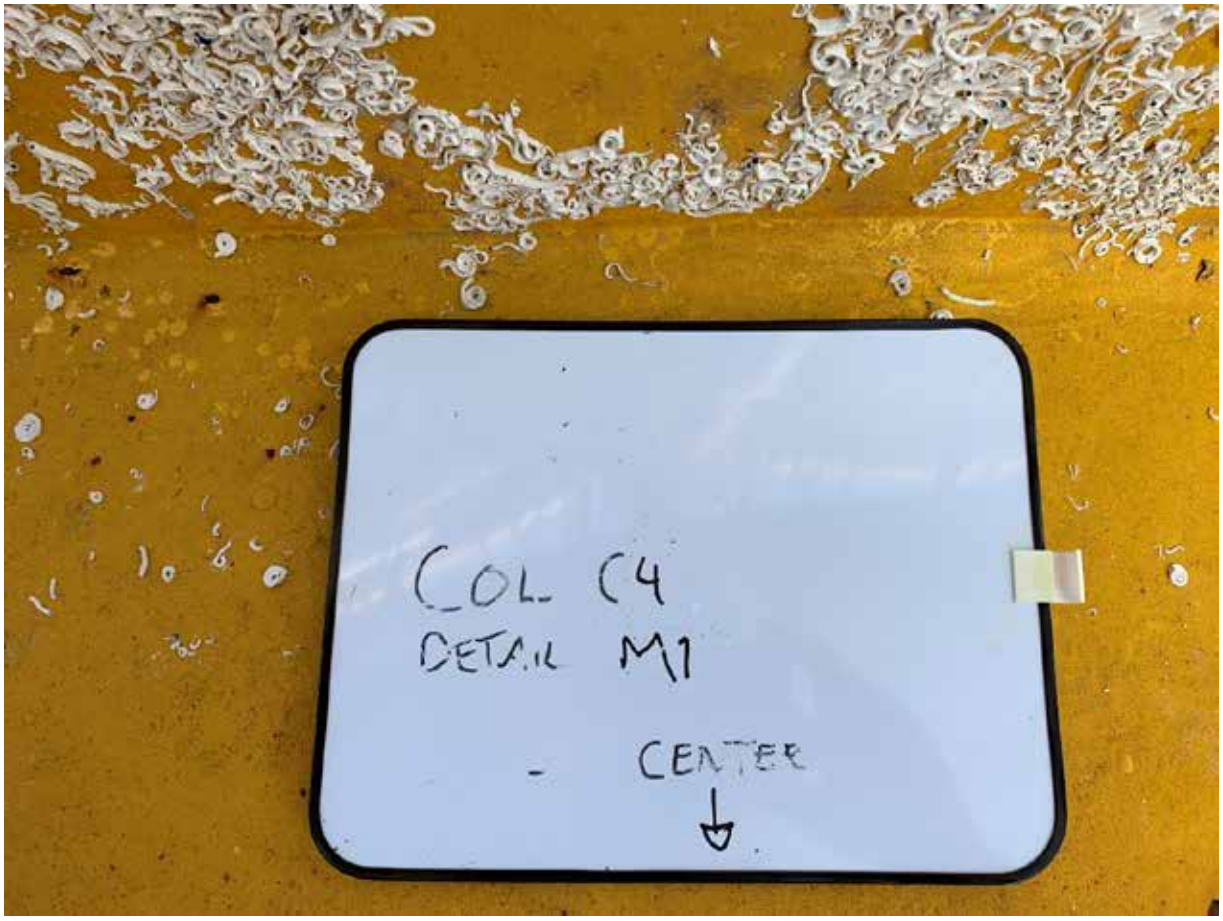
Picture 8 Close-up of detail B2 inside Column C12. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is laying horizontally.

3.3 Detail M1

Detail M1, weld between column and horizontal beams located at column C4 and C10 at elevation 16000 was inspected. The inspection covered a distance of approximately 500mm along the weld.

No corrosion or cracks were observed.

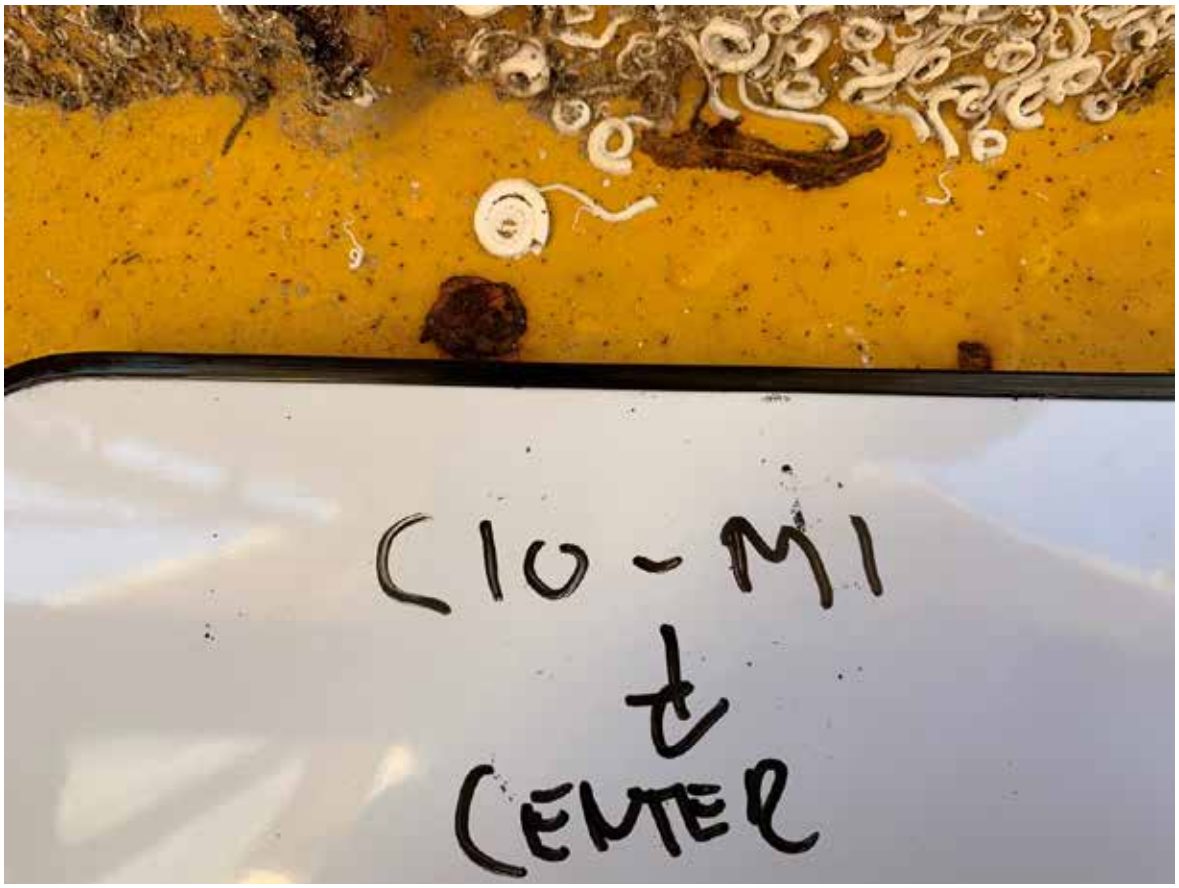
See pictures below from the close-up inspection of detail M1.



Picture 9 Detail M1 at the intersection of horizontal brace end vertical column C4. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is laying horizontally.

Picture 10 Close-up of detail M1 at the intersection of horizontal brace end vertical column C4. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is laying horizontally

Picture 11 Detail M1 at the intersection of horizontal brace end vertical column C10. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is laying horizontally.



Picture 12 Close-up of detail M1 at the intersection of horizontal brace end vertical column C10. The arrow gives the direction to the centre column C13. The whiteboard is laying horizontally.

3.4 Damages

No damages were discovered.

4 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The structural inspection 14th of August 2019 was carried out according to planned inspection for 2018 according to /1/ 2017-0087 Inspection plan for offshore fish farm, Rev. 0. The structural inspection was carried out without findings.

It is recommended to sandblast and paint the unpainted areas at the top ring and the areas with flaked off painting at the centre column to avoid future corrosion.

It is also recommended to arrange self-draining of the ring stiffeners to avoid future corrosion.

5 REFERENCES

/1/ DNV GL report 2017-0087 Inspection plan for offshore fish farm, Rev. 0.

/2/ DNV GL report 2019-0375 General structural inspection of Offshore Fish Farm, Rev. 0

About DNV GL

DNV GL is a global quality assurance and risk management company. Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, we enable our customers to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification, technical assurance, software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas, power and renewables industries. We also provide certification, supply chain and data management services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our experts are dedicated to helping customers make the world safer, smarter and greener.

Ocean Farming AS

Lokalitet Håbranden

Oppsummeringsrapport fiskehelse og fiskevelferd, G2017 høst på lokalitet Håbranden

Åkerblå AS ved undertegnede har hatt ansvar for helsekontroll ved lokalitet Håbranden fra utsett høst 2017 til utslakting vinter 2019. Vedlegg 1 viser dato for gjennomførte helsekontroller og navn på veterinær eller fiskehelsebiolog. Målet har vært månedlig helsekontroll. Det har vært regelmessig kontakt per telefon eller e-post mellom helsekontrollene. Åkerblå har når som helst tilgang til helse- og biologidata via FishTalk.

En helsekontroll på havmerda omfatter som regel:

- Lusetelling og individvekt med vurdering av relevante helse- og velferdsindikatorer (misdannelser, hud og finner, sår og slitasje, gjeller, katarakt, kjønnsmodning m.m.) på tilfeldig valgt laks
- Inspeksjon av laks og rensefisk både fra merdkant og ved hjelp av kamera på fôringssystem og ROV
- Opptak og undersøkelse / obduksjon av dødfisk (laks og rensefisk). Diagnostiske prøver på indikasjon
- Smittekartleggingsprøver tas delvis ut av helsetjenesten, delvis av personell opplært og godkjent som medhjelper
- Samtale med driftsleder og røktere, om atferd, appetitt og fôring, vann- og miljøforhold, driftsrutiner, håndtering, spesielle hendelser, forebyggende tiltak, smittehygiene etc.
- Oppsummerende rapport / journal sendes driftsleder innen noen få dager

Diagnoser og dødelighetsårsaker, laks:

Vedlegg 2 viser diagnoser for laks, mens vedlegg 3 viser dødelighet av laks måned for måned. Fra og med oktober 2017 til og med august 2018 har det vært moderat til lav dødelighet (< 0,45 % per måned, gjennomsnitt 0,28 % per måned). Det er ikke påvist noen smittsomme sykdommer. Det har vært innslag av sår på ettervinteren 2018 og uspesifisert hjerte- / sirkulasjonssvikt fra ca. januar 2018. Denne tilstanden er ikke knyttet til spesifikke diagnoser (f.eks. HSMB, CMS). Hypotesen er at det er fisk med stor vekst og fôropptak hvor hjerte- / sirkulasjonssystemet ikke henger med i utviklingen. Dødeligheten har økt noe i september - november 2018 (gjennomsnitt 0,61 % per måned). Diagnose har vært uspesifisert hjertesvikt, og særlig utløst ved håndtering. Noe skyldes også klemskader / slitasje ved oppstart levering. Det har vært forekomst av tidlig kjønnsmodning på en viss andel av populasjonen, estimert til maksimalt 1 %. Kjønnsmodning har ikke gitt vesentlig dødelighet, men gir nedklassing på slakteriet. Det samme er sett på andre lokaliteter med tilsvarende fisk (stor nullåring 2017 med rask vekst). Dødelighet har økt kraftig i desember 2018. Dette etter at mesteparten av populasjonen er utslaktet. Det har vært tekniske utfordringer med utstyret i

leveringssonen. Dette har gitt slitasjeskader på en del fisk og har utløst hjertesvikt (jfr. tidligere). Det er sannsynlig at CMS («hjertesprekk») kan være medvirkende årsak, se «Smittekartlegging».

Positive PCR – prøver for både ILA-virus og SAV2 på prøveuttak desember 2018. Svikt i kommunikasjonen mellom fiskehelsetjenesten og personell på anlegget førte til at innsending av prøvene ble forsinket. Prøvesvar forelå etter at siste fisk var slaktet. Det er verifisert påvisning av ILAvirus men ikke klinisk ILA. Histopatologiske prøver fra 08.01.2019 viser entydig diagnose CMS og ingen mistanke om verken ILA eller PD. CMS var også mistenkt diagnose basert på obduksjonsfunn.

Diagnoser og dødelighetsårsaker, rensefisk:

Vedlegg 4 viser antall rensefisk av de ulike arter som er satt ut og registrert dødelighet. Det er selektert stor leppefisk og ingen bruk av bergnebb. Vedlegg 5 viser diagnoser stilt på rensefisk. Det er påvist atypisk furunkulose, Moritella viscosa, Pasteurella sp, Vibrio logei og andre uspesifiserte bakterier. Det er påvist sår og avmagring. Sår kan være både av mekanisk og infeksiøs årsak. Avmagring kan være både primær (manglende tilgjengelighet på fôr) og sekundær til infeksjonssykdom. Det er utfôret nesten 9.000 kg rensefiskfôr. Dette fordeles langs ytterkanten av merda samt i poser ved skjul. Tareskjul er hengt på skyveskottet. For rognkjeks fins relativt mye overflate hvor de kan suge seg fast (sentersøyle, stag etc.). Det er undersøkt et relativt lite antall rensefisk, og diagnoser / dødelighetsårsaker er derfor beheftet med en viss usikkerhet.

Smittekartlegging / smitteovervåking:

Vedlegg 6 viser smittekartleggingsprøver som er analysert i produksjonsperioden. Vi ble i forkant av produksjonen enige om en plan for kartlegging av relevante virus og mikrosporidier. Denne planen er justert underveis. Mikrosporidien Paranukleospora (Desmozoon) er påvist, men moderat til lav prevalens og høy Ct – verdi indikerer liten klinisk betydning. Dette agens ble tatt ut av kartleggingsplanen. PRV er påvist, men også her lav prevalens og høy Ct. HSMB er ikke påvist histopatologisk. PMCV (CMS-virus) ble tatt inn i planen fra juni 2018. Her er sporadiske påvisninger men markant økning i november 2018. Dette faller sammen med tidspunkt for levering til slakt. Det er sannsynlig at PMCV / CMS («hjertesprekk») er medvirkende til høy dødelighet i leveringsperioden. Diagnosen CMS ble stilt først i januar 2019, men jeg vurderer at den er årsak til en betydelig andel av dødeligheten også i desember 2018. I prøver tatt desember 2018 ble påvist både ILA-virus (deletert) og SAV2. Som sagt er kommunikasjonssvikt / misforståelse årsak at innsending av disse prøvene ble forsinket, og prøvesvaret forelå etter at siste fisk er uslaktet.

Ventemerdsetting:

Ventemerdsetting er regulert etter kriterier satt av Arbeidsgruppe havbruk. Det som alltid skal vurderes er smittestatus for ILA-virus, PD-virus og lakselus samt fiskens generelle helsetilstand. PCR-prøver for smitte skal være maksimalt 6 uker gamle. Ventemerdsetting i januar 2019 ble akseptert uten at oppdatert prøvesvar foreligger, basert på negative prøver til og med november 2018 og påvist CMS som dødelighetsårsak. I ettertid viser dette seg som en feil vurdering og er ført som avvik.

Lakselus:

Vedlegg 7 viser registrerte lusetall uke for uke fra utsett til ut 2018. Lusetallene har vært lave, eller beskrives som moderate i perioden uke 27 til 39 - 2018. Ingen tellinger over grensen i lakselusforskriften. Høyeste registrerte antall kjønnsmodne hunnlus var 0,35 i uke 31. Det er ikke gjennomført avlusninger verken med medikamenter eller ikke-medikamentelt. Det er ikke skjørt / skjerming. Forebyggende tiltak er basert på rensefisk, undervannsfôring samt nokså isolert beliggenhet. Fiskehelsetjenesten har deltatt på lusetelling ved nesten alle helsekontroller, og våre lusetellinger samsvarer med personellets. Det er telt på minst 50 fisk per uke, gjerne > 100 fisk. Vi vurderer lusetallene som representative. Det var til å begynne med utfordrende og tidkrevende å fange representativ fisk til lusetelling og vektprøve, men dette er løst underveis. Oppsummert: Anlegget har hatt god kontroll og dokumentasjon på lakselus.

Fiskevelferd:

Fiskehelsetjenesten oppsummerer ved våre helsekontroller fiskevelferd for hhv. laks og rensefisk i en velferdsskår (0 = god, 1 = akseptabel, 2 = nedsatt, 3 = dårlig). Skåren oppsummerer fiskevelferd slik den vurderes på populasjonsnivå. Åkerblå har interne retningslinjer for vurdering, men det blir til dels subjektivt og basert på tilgjengelig informasjon og observasjoner. Faktorer som inngår i vurderingen: dødelighetsnivå og diagnoser, forekomst av svimere eller unormal atferd, sår og skader, røkting og håndtering, personellets evne til å fjerne og avlive syk og skadd fisk samt raskt bedre uheldige forhold, fôring og fôrtilgjengelighet for alle arter m.m. På Håbranden er kameraovervåking (fôringskamera og ROV) viktige og nødvendige hjelpemiddel i tillegg til visuell vurdering fra merdkanten. Laks vurderes i tillegg ved lusetelling hvor et antall fisk tas opp og bedøves. Vedlegg 8 oppsummerer velferdskår for hver helsekontroll på Håbranden. Ved nedsatt velferd er angitt stikkordsmessig årsak. Det er stort sett vurdert som god fiskevelferd for både laks og rensefisk i anlegget. Noen måneder er skåren satt til 1. Årsak har vært forekomst av sår eller litt økt dødelighet på grunn av svakt hjerte for laks, dødelighet og påvist sykdom / sår for rensefisk. I januar 2019 er satt velferdskår 2 pga. høy dødelighet forårsaket av slitasjeskader og CMS. Jeg oppsummerer fiskevelferd som generelt tilfredsstillende for alle arter fram til levering i november 2018. Fra november 2018 har det stått igjen en restbeholdning på ca. 150.000 laks hvor det har vært høy dødelighet og nedsatt velferd. Utfordringene knyttet til levering synes å være løst. Det er omforent målsetning at slike episoder bør unngås i framtida. Det at det ikke har vært behov for avlusning er positivt for fiskevelferden for alle arter.

Oppsummering:

- **Fiskehelse og fiskevelferd** vurderes som totalt sett god under produksjon av første generasjon i havmerda på Håbranden. Det har vært god helse og moderat dødelighet på laks helt fram til oppstart utslakting. Rask vekst, godt hold, jevn størrelse og meget lav forekomst av tapere gjennom hele produksjonen tyder på god fôring hvor all fisk har tilgang på fôr. Det har ikke vært behov for avlusning, noe som har gitt kontinuerlig fôring og minimalt med håndtering.
- Det har vært en uheldig økning i dødelighet på grunn av **slitasje, sår og CMS** i november 2018 til januar 2019. Utløsende årsak er utfordringer med leveringsarrangementet som viste seg å være ikke optimalt utformet. Dette er modifisert og forbedret underveis i leveringsperioden.
- For **rensefisk** har det vært moderat forøket dødelighet, men det er ikke påvist regulære utbrudd av smittsom sykdom. Det observeres betydelige mengder rensefisk av god fiskehelse ved avsluttet produksjonsperiode.

- **Biosikkerhet** er tilfredsstillende ivaretatt. Det er egen båt for transport av personell som har egen kai uten kontakt med andre lokaliteter. Det er ikke benyttet sørvisbåter til oppdrag utover transport av utstyr og fôr. For levering av smolt er benyttet brønnbåt dedikert kun til smolttransport. Rensefisk er transportert med båt spesialisert på rensefisktransport.
- Grunnet kommunikasjonssvikt / misforståelse foreligger svar på PCR – prøver for desember 2018 for sent. Prøvene viser positive for både **ILA-virus (deletert) og SAV2**. Ingen av diagnosene er verifisert. Både klinikk / obduksjon og histopatologi fra 08.01.2019 indikerer kun CMS, så det er ikke mistanke om klinisk ILA eller PD. Fisk ble satt i ventemerd ut fra tilgjengelig kunnskap om smittestatus på det tidspunkt. Dette er avviksregistrert både av fiskehelsetjeneste og oppdretter.

Sistranda, 17.03.2019

Asgeir Østvik,

fiskehelsekonsulent

Vedlegg:

1: Oversikt over helsekontroller / helsebesøk

2: Oversikt over diagnoser for laks

3: Dødelighet per måned (laks)

4: Oversikt over antall rensefisk av ulike arter som er satt ut, samt registrert dødelighet

5: Oversikt over diagnoser for rensefisk (berggylt og rognkjeks)

6: Oversikt over smittekartleggingsprøver («screening»), laks

7: Oversikt over lakselus per uke

8: Oversikt over velferds- og miljø-/ hygieneskår

Ocean Farming AS

Lokalitet Håbranden

Oppsummeringsrapport fiskehelse og fiskevelferd, G2019 høst på lokalitet Håbranden

Åkerblå AS har ansvar for helsekontroll ved lokalitet Håbranden. Denne rapporten beskriver status for helsekontroller, fiskehelse og fiskevelferd for G2019 høst fra utsett uke 34 (august) 2019 til og med november 2019. Rapporten blir et tillegg til rapport av 17.03.2019 som oppsummerer G2017 (første generasjon) i havmerda. Når gjelder generell beskrivelse av rutiner for fiskehelsekontroll viser jeg til rapport av 17.03.2019.

Tabell 1: helsekontroller G2019

Dato:	Ansvarlig	Oppdrag
05.09.2019	Hege Hauge	Akutt dødelighet rognkjeks
21.09.2019	Asgeir Østvik	Helsekontroll september
08.10.2019	-- « --	Akutt dødelighet berggylt, grønngylt
31.10.2019	-- « --	Helsekontroll oktober
27.11.2019	-- « --	Helsekontroll november – samtidig tilsynsbesøk fra Matilsynet

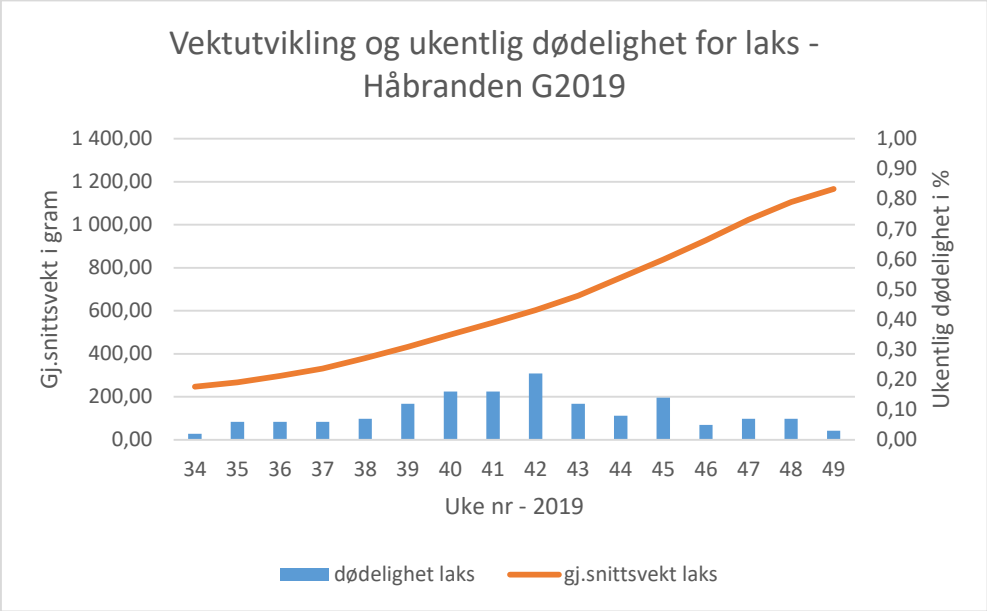
Tabell 2: Diagnoser og dødelighetsårsaker, laks

Dato:	Diagnose:	Klinisk betydning
21.09, 31.10, 27.11	Forspisning (dvs. magesekk full av pellet)	Lav dødelighet, men dette er dominerende funn på dødfisk.
21.09, 31.10, 27.11	Div. ryggmisdannelse, levercyster	Tilfeldige funn på et lite antall dødfisk.

Dødelighet for laks har vært lav siden utsett i uke 34, jfr. diagram 3. Akkumulert dødelighet per 30. november er ca. 1,4 %. Det er ikke påvist smittsomme sykdommer eller andre sykdomsdiagnoser. Forspisning er satt som dominerende årsak til dødelighet ved helsekontroller. Dette er laks som er fullstappet med pellet i magesekk, og hvor magesekken er rød og har sirkulasjonsforstyrrelser. Jeg tolker det slik at enkelte fisk spiser mer enn hva de makter å fordøye. Jeg antar de får problemer med å bløte opp og viderebefordre fôret bakover til tarmen. Ved histopatologi påvises ingen andre funn enn sirkulasjonsforstyrrelser i indre organer. Dette er et nokså vanlig funn på laks i god vekst på sensommer og høst.

Utover dette er noen sporadiske funn av misdannelser etc. på enkeltfisk.

Diagram 1: vektutvikling og ukentlig dødelighet for laks fra utsett uke 34-2019 til og med uke 49-2019



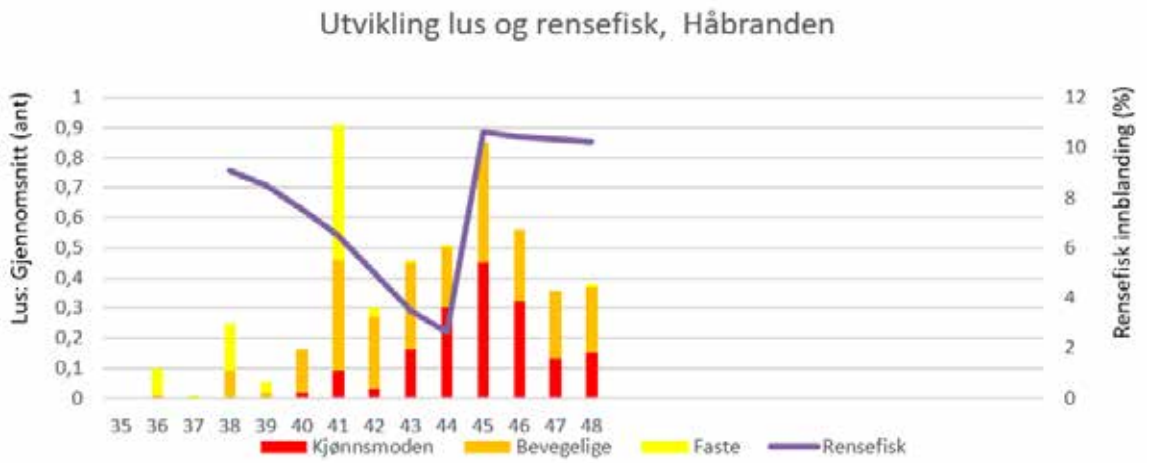
Tabell 4: smittekartlegging laks

SMITTEKARTLEGGING LAKS:							
Smittestoff:			**ILAV**	**SAV**	**PRV**	**Paranucleospora**	**Ct - verdier**
aug. 2019	negativ		30	30	10	10	-
sept. 2019	negativ		30	30	30	-	
sept.2019	påvist		-	-	-	19 av 27	27,6 til 36,4
okt.2019	negativ		36	36	36	-	-
okt.2019	påvist		-	-	-	20 av 21	20,8 til 33,4
nov.2019							(innsendt 28.11)

Tabell 4 viser resultat av smittekartleggingsprøver. Det er avtalt å analysere for SAV, ILA-virus, PRV (HSMB-virus) og Paranukleospora på gjelle. Sistnevnte er påvist på prøveuttak for september og oktober. Har per dato ikke mottatt resultat fra prøver for november.

Lakselus:

Figur 2: lakselus og innblandingsprosent av rensefisk (sum rognkjeks, berggylt og grønngylt)



Figur 2 viser et betydelig smittepress av lakselus. I tillegg har det også vært betydelig påslag av skottelus (Caligus elongatus) tidligere på høsten. Det er gjennomført en oral behandling med emamektin-benzoat (Slice vet) mot lakselus og skottelus med sannsynlig effekt på fastsittende og skottelus, men usikker effekt på eldre stadier lakselus. Det er foretatt et suppleringsutsett med rognkjeks i uke 45.

Rensefisk:

Tabell 3: Diagnoser og dødelighetsårsaker, rensefisk

Dato:	Art:	Diagnose:	Klinisk betydning:
05.09, 21.09	Rognkjeks	Sår, finneråte, infeksjon med Tenacibaculum sp. og diverse Vibrio – arter	Meget høy dødelighet
08.10, 31.10, 27.11	Berggylt, grønngylt	Atypisk furunkulose (infeksjon med atypisk Aeromonas salm.)	Meget høy dødelighet
27.11	Rognkjeks	Haleråte, små sår (bakteriologi ikke avsluttet)	Moderat til lav dødelighet

Det ble satt ut rognkjeks, berggylt og grønngylt samtidig med laks i august. Det har vært meget høy dødelighet av alle arter rensefisk. Dette har vært tilfelle i svært mange oppdrettslokaliteter i PO6 sommer og høst 2019. For rognkjeks er det infeksjon med Tenacibaculum spp. som er dominerende diagnose, på samme måte som i flere andre anlegg. Det påvises ulike bakterier (Vibrio / Aliivibrio spp) men Tenacibaculum vurderes som primær. For leppefiskartene har det vært høy dødelighet hvor atypisk furunkulose er dominerende diagnose. Leppefiskartene er ikke vaksinert, mens rognkjeks er vaksinert mot atypisk furunkulose og vibriose.

Rensefisken fôres med fôrautomater, håndfôring og poser med pellet som henges ut på like steder og ulike dyp rundt merda. Jeg vurderer fôrtilgang for rensefisk som meget tilfredsstillende.

Etter en risikovurdering ble det satt ut suppleringsutsett av rognkjeks i uke 45. Det har vært moderat til lav dødelighet etter dette og lusetallene gikk straks ned noe som tyder på fungerende rensefisk. Ved siste helsekontroll var haleråte dominerende dødelighetsårsak, men det var også enkeltfisk med tegn på Tenacibaculum – infeksjon.

Fiskevelferd:

Fiskehelsetjenesten oppsummerer ved våre helsekontroller fiskevelferd for hhv. laks og rensefisk i en velferdsskår (0 = god, 1 = akseptabel, 2 = nedsatt, 3 = dårlig). Skåren oppsummerer fiskevelferd slik den vurderes på populasjonsnivå. Faktorer som inngår i vurderingen er dødelighetsnivå og diagnoser, forekomst av svimere eller unormal atferd, sår og skader, røkting og håndtering, personellets evne til å fjerne og avlive syk og skadd fisk samt raskt bedre uheldige forhold, fôring og fôrtilgjengelighet for alle arter m.m.

Tabell 4: velferdsskår for hhv. laks og rensefisk samt miljø- og hygieneskår

0 God, 1 Akseptabel, 2 Nedsatt, 3 Dårlig

Dato	MILJØ/HYGIENE-INDIKATOR	Kommentar	VELFERDSINDIKATOR LAKS	Kommentar	VELFERDSINDIKATOR RENSEFISK	Kommentar
21.09.2019	0	Ingen anmerkning	0	god fiskevelferd	3	svært høy dødelighet rognkjeks og leppefisk
31.10.2019	0	Ingen anmerkning	0	god fiskevelferd	1	fortsatt noe nedsatt pga dødelighet, sykdom
27.11.2019	0	Ingen anmerkning	0	god fiskevelferd	1	noe haleråte rognkjeks

Fiskevelferden har vært god for laks men til dels dårlig for rognkjeks og leppefiskartene. Dette skyldes smittsom sykdom og siden de samme diagnosene er påvist på mange andre lokaliteter i 2019 vurderer jeg at det ikke er forhold ved havmerda som primært er årsak til dette.

Oppsummering:

- **Fiskehelse og fiskevelferd** for laks vurderes som meget god i perioden fra utsett til og med november 2019. Laksen har godt hold, jevn størrelse og meget lav forekomst av tapere. Dette tyder på god fôring hvor all fisk har tilgang på fôr. Det har ikke vært behov for avlusning som krever håndtering. Det er ikke påvist spesielle sykdommer og ikke håndterings- eller miljørelaterte skader.
- **Fiskehelse og fiskevelferd for rensefisk** har vært til dels dårlig for alle arter. Årsak til at det generelt har vært høy dødelighet særlig på rognkjeks men også på leppefisk i 2019 er ukjent. Når det påvises de samme diagnosene på ulike anlegg tyder det på at utenforstående faktorer (f.eks. smittepress) er viktige og jeg kan ikke tilskrive dette særlig til drift eller forhold i havmerda.
- **Biosikkerhet** er tilfredsstillende ivaretatt. Rutiner som for G2017.

08.12.2019

Asgeir Østvik,

Fiskehelsekonsulent, veterinær

OCEAN FARMING AS
7266 KVERVA

Deres ref:
Vår ref: 2017/257953
Dato: 12. desember 2017
Org.nr: 985399077

Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler

Tilsynsrapport for Håbranden - varsel om gebyr

Vi viser til inspeksjonen hos OCEAN FARMING AS 27. november 2017.

Inspeksjonen ble utført av førsteinspektør Synnøve Sverresdotter Dypvik, seniorinspektør Toril Lyng Celius og spesialinspektør Steinar Johnsen. Biologic controller Mari Røstvik og driftsleder Brage Strand Hansen var til stede under inspeksjonen.

Oppsummering av inspeksjonen
Håbranden ligger i en sone med koordinert brakklegging vår/sommer oddetall. Det ble satt ut ca. 1050 000 smolt fra 27. september i år. Smolten ble levert fra Follafoss settefiskanlegg.

Håbranden er et pilotprosjekt for Ocean Farmings havmerd. All fisken holdes i et stort bur, som overvåkes via kamera og ekkolodd. Fisken kan trenges og flyttes innen merden med skyveskott. Dyser og børster på skyveskottet fører med seg dødfisk, samt spyler notveggen. Dødfisken tas deretter opp via hevert i lukket system med automatisert optisk teller. Det jobbes med å forenkle inspeksjonsmuligheten og mulighet for prøveuttak av dødfisken.

Fisk for lusetelling tas opp via storhåv og kran på to forskjellige steder i merda. Det er tidligere telt iht. luseforskriftens krav til antall fisk pr. enhet, men det blir opplyst at det fremover skal telles ca. 100 fisk ved hver telling, for å få et mer representativt antall. Det ble ikke gjennomført helsebesøk i oktober. Rapporten for november var ved tilsynstidspunktet ikke oversendt lokaliteten, og kunne derfor ikke gjennomgås.

Fisken viser naturlig adferd i merda og dødelighet på både smolt og rensefisk er lav. Fiskevelferdsmessig så det veldig bra ut under tilsynet.

Varsel om vedtak om gebyr
Gebyret for inspeksjon av akvakulturanlegg er fastsatt til kr 2 265,00 på grunnlag av medgått tid innenfor 3 timeverk opp til 6 timeverk (med hjemmel i Forskrift 3. april 2017 nr. 426 om gebyr til dekning av utgifter ved tilsyn og kontroll med fiskehelse og fiskevelferd i akvakulturanlegg § 3).

Gebyret inkluderer forarbeid, kjøring, inspeksjon og etterarbeid.

Mattilsynet
Region Midt

Saksbehandler: Toril Lyng Celius
Tlf: 22 40 00 00 / 22779042
E-post: postmottak@mattilsynet.no
(Husk mottakers navn)

www.mattilsynet.no

Postadresse:
Felles postmottak, Postboks 383
2381 Brumunddal
Telefaks: 23 21 68 01

Se regelverk og rettigheter.

Med hilsen

Ivar Eiken
avdelingssjef

Dette dokumentet er elektronisk godkjent og sendes uten signatur.
Dokumenter som må ha signatur blir i tillegg sendt i papirversjon.

Vedlegg:
Regelverk og rettigheter
Uttalelse til varsel om vedtak

Regelverk og rettigheter

Mattilsynet kan føre tilsyn og fatte nødvendige vedtak

Mattilsynet har hjemmel i loven til å føre tilsyn og fatte nødvendige vedtak. Hjemmelen i denne saken er matloven § 23 og dyrevelferdsloven § 30.

Du har rett til å få veiledning om regelverket

Dette betyr at du kan kreve å få vite hvilket regelverk som gjelder, hvor du finner regelverket og hvordan regelverket skal forstås. Mattilsynet kan ikke gi konkrete råd om hvordan du skal oppfylle regelverket. Plikten til å veilede følger av forvaltningsloven § 11.

Retten til uttalelse og andre rettigheter

Vi har i denne rapporten gitt varsel om vedtak. Dere har rett til å uttale dere om innholdet i varselet før vedtak blir fattet. Fristen for uttalelse er **18. desember 2017**. Dere har også rett til å få veiledning av Mattilsynet og innsyn i saksdokumentene, jf. forvaltningsloven §§ 11, 18 og 19.

Vi har vurdert saken etter dette regelverket

- FOR 2012-12-05 nr 1140: Forskrift 5. des. 2012 nr. 1140 om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg (forskrift om lakselusbekjempelse)
- Lov 19. des. 2003 nr. 124 om matproduksjon og mattrygghet mv (matloven)
- FOR 2000-01-27 nr 65: Forskrift 27. jan. 2000 nr. 65 om kontrolltiltak for restmengder av visse stoffer i animalske næringsmidler, produksjonsdyr og fisk for å sikre helsemessig trygge næringsmidler (restkontrollforskriften)
- Lov 19. jun. 2009 nr. 97 om dyrevelferd (dyrevelferdsloven)
- FOR 2008-06-17 nr 822: Forskrift 17. jun. 2008 nr. 822 om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften)
- FOR 2004-03-19 nr 537: Forskrift 19. mar. 2004 nr. 537 om internkontroll for å oppfylle akvakulturlovgivningen (forskrift om IK-Akvakultur)

OCEAN FARMING AS
7266 KVERVA

Deres ref:
Vår ref: 2018/133697
Dato: 28. juni 2018
Org.nr: 985399077

Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler

Mattilsynet

Tilsynsrapport - Mattilsynet forhåndsvarsler vedtak om gebyr etter tilsyn på akvakulturanlegg

Vi viser til inspeksjonen hos OCEAN FARMING AS 8. juni 2018.

Inspeksjonen ble utført av førsteinspektør Synnøve Sverresdotter Dypvik og seniorinspektør Gøril Thomassen. Driftsleder Brage Strand Hansen var til stede under inspeksjonen.

Oppsummering av inspeksjonen
Det ble gjennomført et rutinetilsyn på anlegget. Fokus for tilsynet var lusetelling og Mattilsynets tilsynskampanje for Rensefisk.
På tilsynet ble det gjennomført lusetelling. De hadde nylig mottatt en not som skal gjøre det lettere å få tak i fisk for lusetelling, fisken blir tatt opp med våthåv og legges i kar med bedøvelse, det telles lus og fisken veies og måles før den legges i oppvåkningskar. Deretter sendes den ned til merda igjen gjennom et spiralrør. Det er vann i røret under hele operasjonen. Det telles lus på 100- 200 fisk for hver telling. Det har vært lite lus på fisken i anlegget så langt i produksjonen.
Mattilsynet gjennomfører en tilsynskampanje på rensefisk i 2018, målet med kampanjen er å få en oversikt over velferden til rensefisken og øke bevisstheten om hvilke regler som gjelder for rensefisk. Det er tilsatt Rognkjeks, bergnebb, og bergylt i nota. Antall utsatt rensefisk og art og opprinnelse noteres i journal og døfisk journalføres. Det er helsekontroll på rensefisken ved rutinemessige besøk fra fiskehelsetjensesten. Det er skjul til rensefisken i nota, men Rognkjeksen foretrekker å sitte på konstruksjonen fremfor å benytte seg av skjulene.
Det har vært noe forhøyet dødelighet på Rognkjeksen på grunn av Yersiniose.
Det ble også tatt ut prøver til Mattilsynet overvåknings og kartleggingsprogram. Mattilsynet tar årlig ut prøver for å kunne dokumentere norges status for dyrehelse, fiske helse og mattrygghet.
Mattilsynet fikk et godt inntrykk av driften på anlegget og det virket som det var fokus på velferd og helse for rensefisken.

Varsel om vedtak om gebyr
Gebyret for inspeksjon av akvakulturanlegg er fastsatt til kr 9 240,00 på grunnlag av medgått tid innenfor 12 timeverk og oppover (med hjemmel i Forskrift 3. april 2017 nr. 426 om gebyr til dekning av utgifter ved tilsyn og kontroll med fiskehelse og fiskevelferd i akvakulturanlegg § 3).

I henhold til forskrift om gebyr til dekning av utgifter ved tilsyn og kontroll med fiskehelse og fiskevelferd i akvakulturanlegg § 3 skal de betales et gebyr til staten til dekning av kostnader

Mattilsynet
Region Midt

Saksbehandler: Synnøve Sverresdotter Dypvik
Tlf: 22 40 00 00 / 22778980
E-post: postmottak@mattilsynet.no
(Husk mottakers navn)

www.mattilsynet.no
Postadresse:
Felles postmottak, Postboks 383
2381 Brumunddal
Telefaks: 23 21 68 01

Mattilsynet har ved inspeksjon av akvakulturanlegg for tilsyn og kontroll med etterlevelse av regelverk om fiskehelse og fiskevelferd, når Mattilsynet bruker tre timer eller mer på inspeksjon. Inspeksjon inkluderer forarbeider, reise, inspeksjon og etterarbeid med rapportskriving

Se regelverk og rettigheter.

Med hilsen

Ivar Eiken
avdelingssjef

Dette dokumentet er elektronisk godkjent og sendes uten signatur.
Dokumenter som må ha signatur blir i tillegg sendt i papirversjon.

Vedlegg:
Regelverk og rettigheter
Uttalelse til varsel om vedtak
Informasjon om prøveuttak

Regelverk og rettigheter

Mattilsynet kan føre tilsyn og fatte nødvendige vedtak
Mattilsynet har hjemmel til å føre tilsyn og fatte nødvendige vedtak i matloven § 23 og dyrevelferdsloven § 30.

Du har rett til å få veiledning om regelverket og saksbehandlingen
Du har rett til å få veiledning om regelverket og saksbehandlingen. Dette betyr at du kan kreve å få vite hvilket regelverk som gjelder, hvor du finner regelverket og hvordan dette regelverket skal forstås. Du har også rett til å få vite hvordan saken din behandles og hvilke rettigheter du har i den sammenheng. Men vi kan ikke gi konkrete råd om hvordan du skal oppfylle regelverket. Plikten til å veilede følger av forvaltningsloven § 11.

Du har rett til å uttale deg
I dette brevet har du fått forhåndsvarsel om at vi vurderer å fatte enkeltvedtak. Du har rett til å uttale deg hvis du mener at noe i forhåndsvarselet er feil, at vedtaket er unødvendig, urimelig eller umulig å gjennomføre. Du bør også si fra hvis du allerede har rettet opp avviket. Du må sende uttalelsen til oss innen **25. juni 2018**.

Du har rett til å se saksdokumentene
Du har også rett til å få innsyn i saksdokumentene. Innsynsretten følger av forvaltningsloven §§ 18 - 21.

Vi har vurdert saken etter dette regelverket

- Lov 19. des. 2003 nr. 124 om matproduksjon og mattrygghet mv (matloven)
- FOR 2008-06-17 nr 819: Forskrift 17. jun. 2008 nr. 819 om omsetning av akvakulturdyr og produkter av akvakulturdyr, forebygging og bekjempelse av smittsomme sykdommer hos akvatiske dyr (omsetnings- og sykdomsforskriften for akvatiske dyr)
- FOR 2017-08-29 nr 1318: Forskrift 29. aug. 2017 nr. 1318 om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe pankreassykdom (PD) hos akvakulturdyr (forskrift om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe PD hos akvakulturdyr)
- Lov 19. jun. 2009 nr. 97 om dyrevelferd (dyrevelferdsloven)
- FOR 2008-06-17 nr 822: Forskrift 17. jun. 2008 nr. 822 om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften)

OCEAN FARMING AS
7266 KVERVA

Deres ref:
Vår ref: 2019/237665
Dato: 3. desember 2019
Org.nr: 985399077

Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler

Mattilsynet

Tilsynsrapport på Håbranden og oppfølging av dødelighetsmelding

Vi viser til inspeksjonen hos OCEAN FARMING AS 27. november 2019.

Inspeksjonen ble utført av førsteinspektør Stian Aleksander Brastad, førsteinspektør Preben Juvik og førsteinspektør Synnøve Sverresdotter Dypvik. Driftsleder Rune Sandvik og daglig leder Ocean Farming Arvid Hammernes var til stede under inspeksjonen.

Oppsummering av inspeksjonen

Inspeksjonen var avtalt på forhånd og forholdene var lagt til rette for inspeksjon. Dette var en rutineinspeksjon med fokus på fiskevelferd, samt oppfølging av en dødelighetsmelding på rensefisk. Siden forrige utsett har blant annet dødfiskopptaket blitt endret, det er nå mulighet til å inspisere dødfisk etter at fisken er pumpet opp til et samlebånd. Dette ble demonstrert under inspeksjonen og så ut til å fungere bra.

Følgende dokumentasjon ble gjennomgått og var i orden

- Rapporter fra fiskehelsetjenesten. Det er avtale om å gjennomføre 12 besøk årlig i regi av Åkerblå
- Journalføring
- Uttak av PCR prøver (PD og ILA) samt analysesvar
- Lusetellingsskjemaer
- Handeldokument for levering av ensilasje (Forrige utsett)

Fiskehelse

Laks: Fisken ble inspisert med kamera og hadde normal stimatferd. Dere mener å ha kontroll på lusesituasjonen. Innrapporterte lusetall for Håbranden (t.o.m uke 48) viser lave lusetsall. Det er per nå ingen påviste diagnoser og lav dødelighet. Rensefisk: Det var skjul og fôrautomater i havmerden. Rognkjeksen viste normal svømmeatferd (inspisert via kamera). Dødeligheten har stabilisert seg etter forøket dødelighet i uke 41. I uke 45 ble det satt ut ca. 100 000 rognkjeks, på inspeksjonen fikk vi se en risikovurdering utstedt fra Åkerblå som vurderte at dette var forsvarlig.

Dødelighetsmelding

På inspeksjonen ble en dødelighetsmelding på rensefisk fulgt opp. Vi opplyste om at dødelighetsprosenten må komme frem av dødelighetsmeldingen som sendes inn. Dødeligheten

Mattilsynet
Region Midt

Saksbehandler: Stian Aleksander Brastad
Tlf: 22 40 00 00 / 22778496
E-post: postmottak@mattilsynet.no
(Husk mottakers navn)

www.mattilsynet.no

Postadresse:
Felles postmottak, Postboks 383
2381 Brumunddal
Telefaks: 23 21 68 01

har blitt fulgt opp av Åkerblå med helsebesøk og prøveuttak. Prøvesvarene fra dette besøket var forenelige med Tenacibaculum sp. og atypisk furunkulose. Vi har nå avsluttet denne dødelighetmeldingen.

Varsel om vedtak om gebyr
Gebyret for inspeksjon av akvakulturanlegg er fastsatt til kr 4 710,00 på grunnlag av medgått tid innenfor 6 timeverk opp til 12 timeverk (med hjemmel i Forskrift 3. april 2017 nr. 426 om gebyr til dekning av utgifter ved tilsyn og kontroll med fiskehelse og fiskevelferd i akvakulturanlegg § 3).

Gebyret er beregnet ut i fra inspeksjon og rapportskriving.

Se regelverk og rettigheter.

Med hilsen

Ivar Eiken
avdelingssjef

Dette dokumentet er elektronisk godkjent og sendes uten signatur.
Dokumenter som må ha signatur blir i tillegg sendt i papirversjon.

Vedlegg:
Regelverk og rettigheter
Uttalelse til varsel om vedtak

Regelverk og rettigheter

Mattilsynet kan føre tilsyn og fatte nødvendige vedtak
Mattilsynet har hjemmel til å føre tilsyn og fatte nødvendige vedtak i matloven § 23 og dyrevelferdsloven § 30.

Du har rett til å få veiledning om regelverket og saksbehandlingen
Du har rett til å få veiledning om regelverket og saksbehandlingen. Dette betyr at du kan kreve å få vite hvilket regelverk som gjelder, hvor du finner regelverket og hvordan dette regelverket skal forstås. Du har også rett til å få vite hvordan saken din behandles og hvilke rettigheter du har i den sammenheng. Men vi kan ikke gi konkrete råd om hvordan du skal oppfylle regelverket. Plikten til å veilede følger av forvaltningsloven § 11.

Du har rett til å uttale deg
I dette brevet har du fått forhåndsvarsel om at vi vurderer å fatte enkeltvedtak. Du har rett til å uttale deg hvis du mener at noe i forhåndsvarselet er feil, at vedtaket er unødvendig, urimelig eller umulig å gjennomføre. Du bør også si fra hvis du allerede har rettet opp avviket. Du må sende uttalelsen til oss innen **13. desember 2019**.

Du har rett til å se saksdokumentene
Du har også rett til å få innsyn i saksdokumentene. Innsynsretten følger av forvaltningsloven §§ 18 - 21.

Vi har vurdert saken etter dette regelverket

- FOR 2012-12-05 nr 1140: Forskrift 5. des. 2012 nr. 1140 om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg (forskrift om lakselusbekjempelse)
- Lov 19. des. 2003 nr. 124 om matproduksjon og mattrygghet mv (matloven)
- FOR 2017-08-29 nr 1318: Forskrift 29. aug. 2017 nr. 1318 om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe pankreassykdom (PD) hos akvakulturdyr (forskrift om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe PD hos akvakulturdyr)
- Lov 19. jun. 2009 nr. 97 om dyrevelferd (dyrevelferdsloven)
- FOR 2008-06-17 nr 822: Forskrift 17. jun. 2008 nr. 822 om drift av akvakulturanlegg (akvakulturdriftsforskriften)
- FOR 2004-03-19 nr 537: Forskrift 19. mar. 2004 nr. 537 om internkontroll for å oppfylle akvakulturlovgivningen (forskrift om IK-Akvakultur)
- FOR 2008-12-22 nr 1623: Forskrift 22. des. 2008 nr. 1623 om næringsmiddelhygiene (næringsmiddelhygieneforskriften)

Miljøundersøking i Frohavet 2018

Vurdering av miljøpåverknad av næringssaltutslepp frå Ocean Farm 1

TALE SKROVE, PHD-KANDIDAT

INSTITUTT FOR BIOLOGI

NTNU – 2018

Samandrag 3
Bakgrunn 3
Materiale og metode 4
Estimerte næringssaltutslepp 4
Prøvetaking 4
Resultat 5
Utslepp frå Ocean Farm 1 5
Temperatur og salinitet 5
Uorganiske næringssalt 6
Partikulært CNP og klorofyll *a* 6
CNP-forhold 7
Diskusjon 8
Næringssaltutslepp frå Ocean Farm 1 8
Algefysiologiske indikatorar 8
Biomassemålingar 9
Naturlege svingingar og prøvetaking 9
Oppsummering 10
Litteraturliste 10

UNDERSØKINGA ER GJORT I HØVE DOKTORGRADSPROSJEKTET TIL TALE SKROVE I SAMARBEID MED OCEAN FARMING A/S. RETTLEIARARAR: YNGVAR OLSEN (INSTITUTT FOR BIOLOGI, NTNU) OG JENNIFER BAILEY (INSTITUTT FOR SOSIOLOGI OG STATSVITSKAP, NTNU).

Samandrag

Denne undersøkinga freista å måle effekt av næringssaltutslepp frå Ocean Farm 1 (OF1) på plankton i kringliggjande vassmengder, samt vurdere økologisk tilstand i vassmengdene. Det vart tatt 9 prøver (1-10 m) frå slutten av mai til midten av september, på ein stasjon nedstraums for anlegget (påverka stasjon (PVS)) og ein stasjon antatt upåverka (bakgrunnsstasjon (BAS)). Prøvene vart analysert for konsentrasjonar av ammonium (NH_4), nitrat (NO_3), fosfat (PO_4), partikulært organisk karbon (POC) partikulært organisk nitrogen (PON), partikulært organisk fosfor (POP) og klorofyll *a* (CHLA).

Det vart ikkje funne signifikant skilnad mellom PVS og BAS i målingar som kan indikere påverknad av oppdrettsanlegg, men resultata kan tyde på ei svak fosforavgrensing på begge stasjonane, noko som kan forbindast med slik påverknad. Biomassemålingane var låge, og CHLA synte verdiar innanfor det som vert anset som god tilstand i denne type vassmengder. Undersøkinga synte ikkje skilnad i næringssaltopptak eller økologisk tilstand mellom vatn nedstraums for, og vatn upåverka av OF1.

Bakgrunn

Havbaserte oppdrettsanlegg er ei kjelde til næringssaltutslepp langs kysten. Der utsleppa overstig den naturlege bakgrunnen vil dei ha potensiale til å påverke økosystemet (Tett, 2008). Det er difor av interesse å overvake vassmengdene i områder med oppdrettsanlegg for å sjå om ein kan spore effekt av utsleppa. Ocean Farm 1 (OF1) er kjelde til punktutslepp av næringssalt i Frohavet. Denne undersøkinga samanliknar vassprøver frå eit område ein reknar som tilnærma upåverka av OF1 med vassprøver tatt frå eit område som truleg er påverka av OF1.

Frå oppdrettsanlegga vert nitrogen (N) og fosfor (P) skild ut frå fisken både som større partiklar og som løyste stoff. Dei løyste stoffa ammonium (NH_4) og fosfat (PO_4) er tilgjengeleg for algar og kan påverke primærproduksjonen på sumaren når det er rikeleg med sollys til å drive fotosyntesen. Kor stor denne påverkinga er styrast av kor stort utsleppet er samanlikna med naturleg bakgrunn (primært nitrat (NO_3) og PO_4 frå djuphavet, samt noko resirkulert N som NH_4 og PO_4) , beitekjeda si effektivitet, og hydromorfologiske krefter (Olsen et al., 2014). Autotrofe organismar i frie vassmengder utgjer grunnlaget for store delar av vidare produksjon i havet. Desse organismane er avhengig av ressursar som næringssalt og sollys, og medan det om vinteren er sollyset som avgrensar veksten er det i sumarhalvåret tilgangen på næringssalt, i norske farvatn som oftast nitrogen og av og til fosfor. I eit balansert næringsnett vil dyreplankton kontrollere algeveksten gjennom beiting og ein vil berre sjå mindre endringar over tid (Olsen et al., 2006, Olsen et al., 2014). Eit tilskot av næringssalt vil kunne endre denne balansen, og føre til ein algevekst som beitekjeda ikkje klarer ta unna, noko som igjen vil kunne føre til ei auke i algebiomassen og på sikt eutrofiering (OSPAR, 2003). Medan algeoppblomstring kan føre til endring av makroalgesamfunn på grunnare vatn, kan søkkande biomasse på djupet føre til oksygenmangel for botnorganismar og med det endre den bentiske faunaen (Pearson and Rosenberg, 1978). Algeoppblomstringar kan òg vere giftige for marine dyr og for menneske (Wang et al., 2008).

Gjennom Vassforskrifta (Vannforskriften, 2006) implementerer Noreg EU sitt Vassdirektiv, der ein finn retningslinjer for ei holistisk og økosystembasert forvaltning. Kravet er at definerte vassmassar skal vurderast etter økologiske og kjemiske kvalitetselement, der målet er å oppnå minimum «god» tilstand. For frie vassmengder skal det målast klorofyll *a* (CHLA) for å vurdere økologisk tilstand. Løyst uorganisk nitrogen (DIN) og løyst uorganisk fosfor (DIP) vert ofte nytta for å vurdere kjemisk tilstand og er med i denne undersøkinga, det er òg partikulært organisk nitrogen (PON), partikulært organisk fosfor (POP) og partikulært organisk karbon (POC) som kan seie noko om både økologisk og kjemisk tilstand (Olsen et al., 2014).

Materiale og metode

Estimerte næringssaltutslepp

Balansen av nitrogen (N), fosfor (P) og karbon (C) i all fisken i ei merd kan uttrykkast med Likning 1 (Etter et al., 2016):

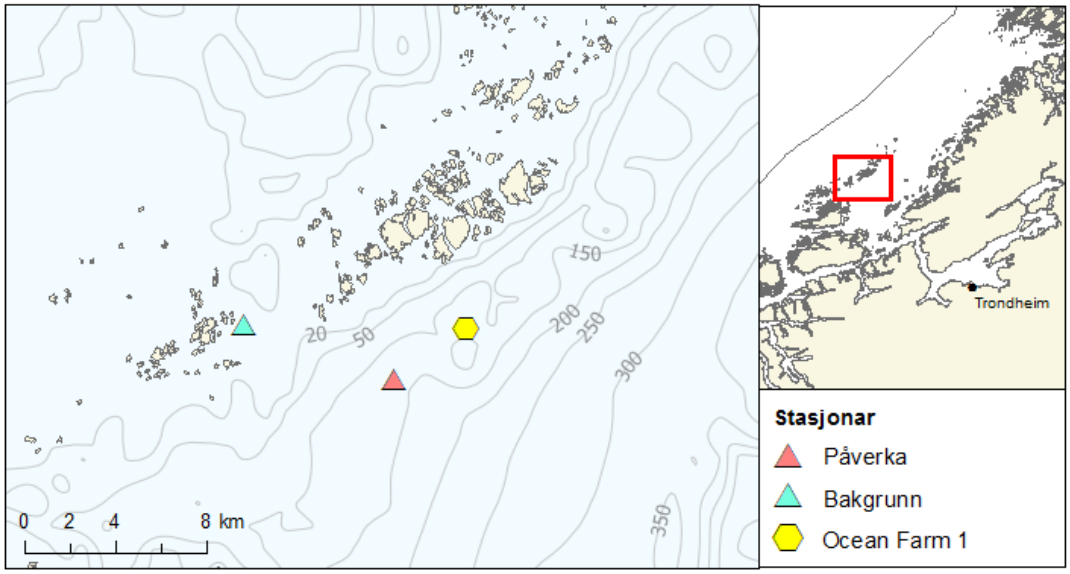
(1) $I = A + F + T = G + R + F + T$

Der I er inntak av N/P/C frå fôret, A er assimilasjon, F er utskilling, G er vekst, R er respirasjon/ekskresjon og T er tap.

Månadleg næringssaltutslepp frå OF1 frå juni til september vart estimert med koeffisientar for fôrinnhald og fordøying som beskrive av Wang et al. (2013), og med fôrtal og fôrfaktor som oppgitt av oppdrettar.

Prøvetaking

På bakgrunn av ei resipientundersøking utført av Sintef (Broch, 2016) vart det i Frohavet valt ut ein prøvestasjon med vatn antatt å vere minimalt påverka av næringssaltutslepp frå OF1 (Bakgrunn - BAS) og ein prøvestasjon med vatn antatt å vere påverka (Påverka - PVS) (Fig.1).



Figur 1. Plassering av prøvetakingsstasjonar antatt påverka av næringssaltutslepp frå Ocean Farm 1 (Påverka) og stasjon antatt upåverka av Ocean Farm 1 (Bakgrunn).

Prøvetakingsperioden var frå slutten av mai til midten av september og det vart tatt prøver annakvar veke (klokka 12:00 ± 2 timar), totalt 9 på kvar stasjon.

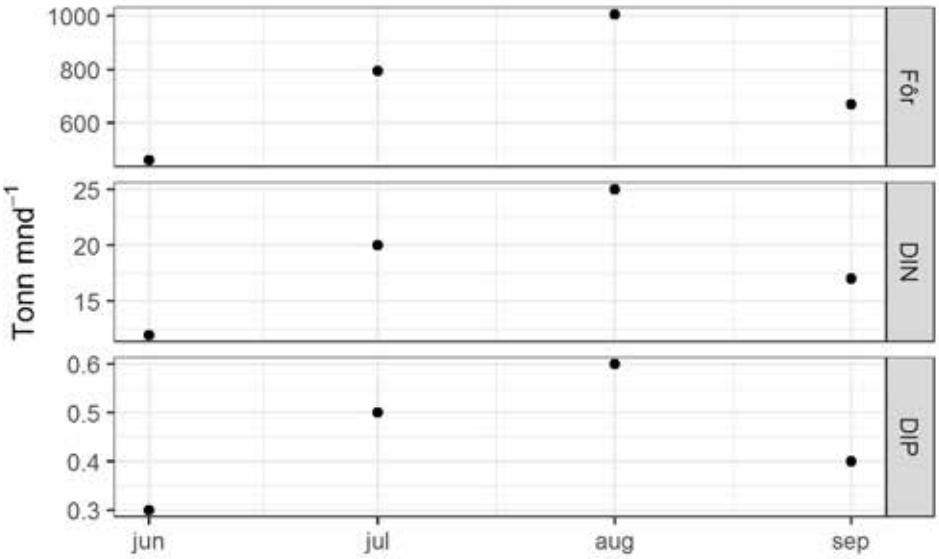
Temperatur og salinitet vart målt med CTD (SAIV CTD-SD204), og vassprøvene vart tatt som integrerte prøver frå dei ti øvste metra etter metode beskrive i Etter et al. (2016) og behandla på Trondheim biologiske stasjon 4–6 timar seinare. Ammonium (NH_4), nitrat (NO_3), fosfat (PO_4), partikulært organisk karbon (POC) partikulært organisk nitrogen (PON), partikulært organisk fosfor (PON) og klorofyll *a* (CHLA) vart bearbeidd og analysert på Trondheim biologiske stasjon (sjå Etter et al. 2016 for metode).

Signifikant skilnad i målingar mellom prøvestasjonane vart testa med Student's t-test der data var normalfordelt (PO_4, PON, POP, POC og CHLA) og med Wilcoxon-rank-sum-test der data var forskyvd (temperatur, salinitet, NH_4 og NO_3).

Resultat

Utslepp frå Ocean Farm 1

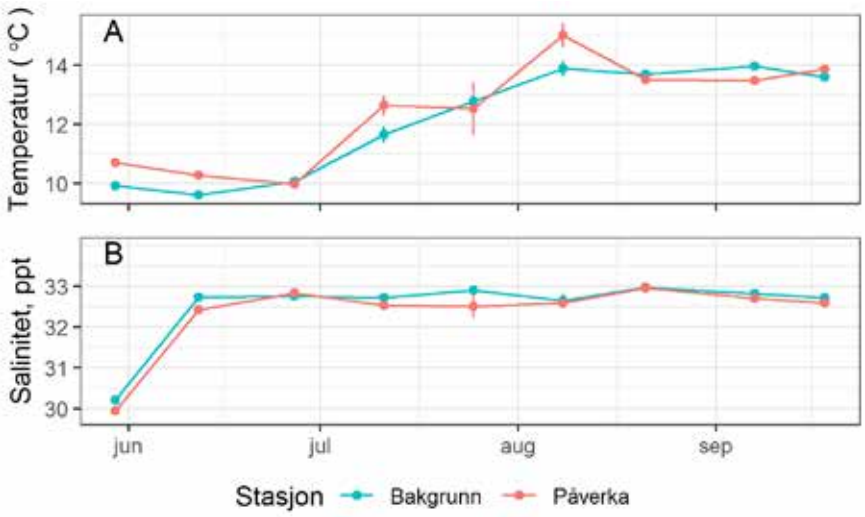
Fôrforbruket på OF1 auka frå om lag 460 tonn i juni og til 1000 i august, før det sank att i til 670 i september. Utsleppet av DIN og DIP følger proporsjonalt som høvesvis om lag 2,5 og 0,06 % av fôrvekta (Fig. 2).



Figur 2: Fôrforbruk (tonn mnd^{-1}) på Ocean Farm 1, og utslepp av løyst organisk nitrogen (DIN) og løyst organisk fosfor (DIP) frå anlegget frå juni til september 2018.

Temperatur og salinitet

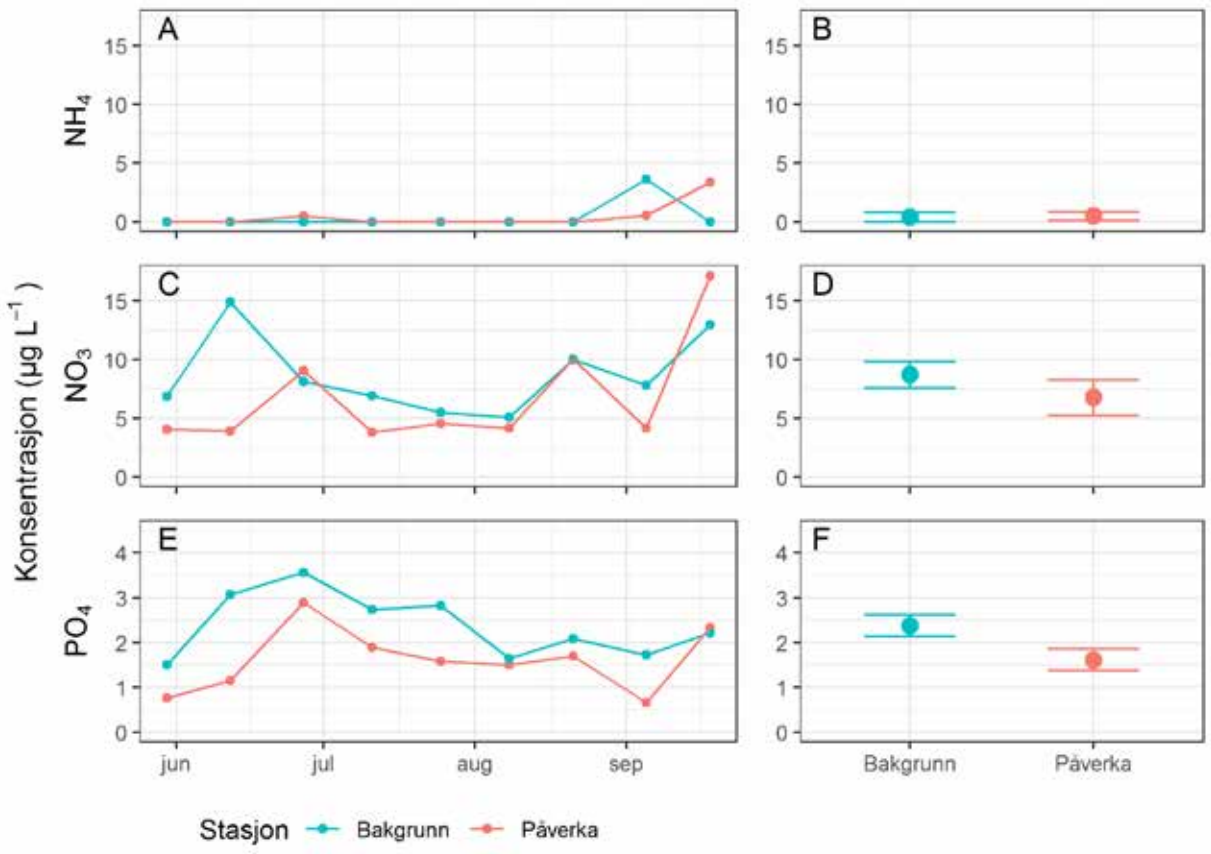
Temperaturen i vassmengdene på prøvestasjonane steig frå om lag 10 °C i slutten av mai til om lag 14 °C gradar i midten av september (Fig. 3 A). Medan bakgrunnsstasjonen synte ei jamn stigning i temperatur, var den litt meir skiftande nedstraums for havmerda, utan at det var noko signifikant skilnad mellom stasjonane ($p > 0,05$). Saliniteten låg jamt på 32–33 ppt gjennom sumaren, utanom fyrste prøvetaking i slutten av mai, då den låg på om lag 30 ppt på begge stasjonane ($p > 0,05$) (Fig. 3 B).



Figur 3. Temperatur (A) og salinitet (B) i integrert vassprøve (1-10 meter) på bakgrunnsstasjon og påverka stasjon frå slutten av mai til midten av september. Barrar syner 1SD.

Uorganiske næringssalt

Næringssaltkonsentrasjonane varierte ein del gjennom prøvetakingsperioden (Fig. 4 A,C,E), med gjennomsnittlege nitratkonsentrasjonar på 6,7 ±4,6 µg N L^{-1} på PVS og 8,7 ±3,4 µg N L^{-1} på BAS (Fig. 4 D), og fosfatkonsentrasjonar på gjennomsnitt 1,6 ±0,7 µg N L^{-1} på PVS og 2,4 ±0,7 µg N L^{-1} på BAS (Fig. 4E). PVS synte signifikant lågare verdiar enn BAS i PO_4 ($p = 0,04$), men ikkje i NH_4 og NA_3 (begge $p > 0,05$). Ammoniumkonsentrasjonen var tilnærma null gjennom heile perioden, fram til september då den auka noko (Fig. 4 A).



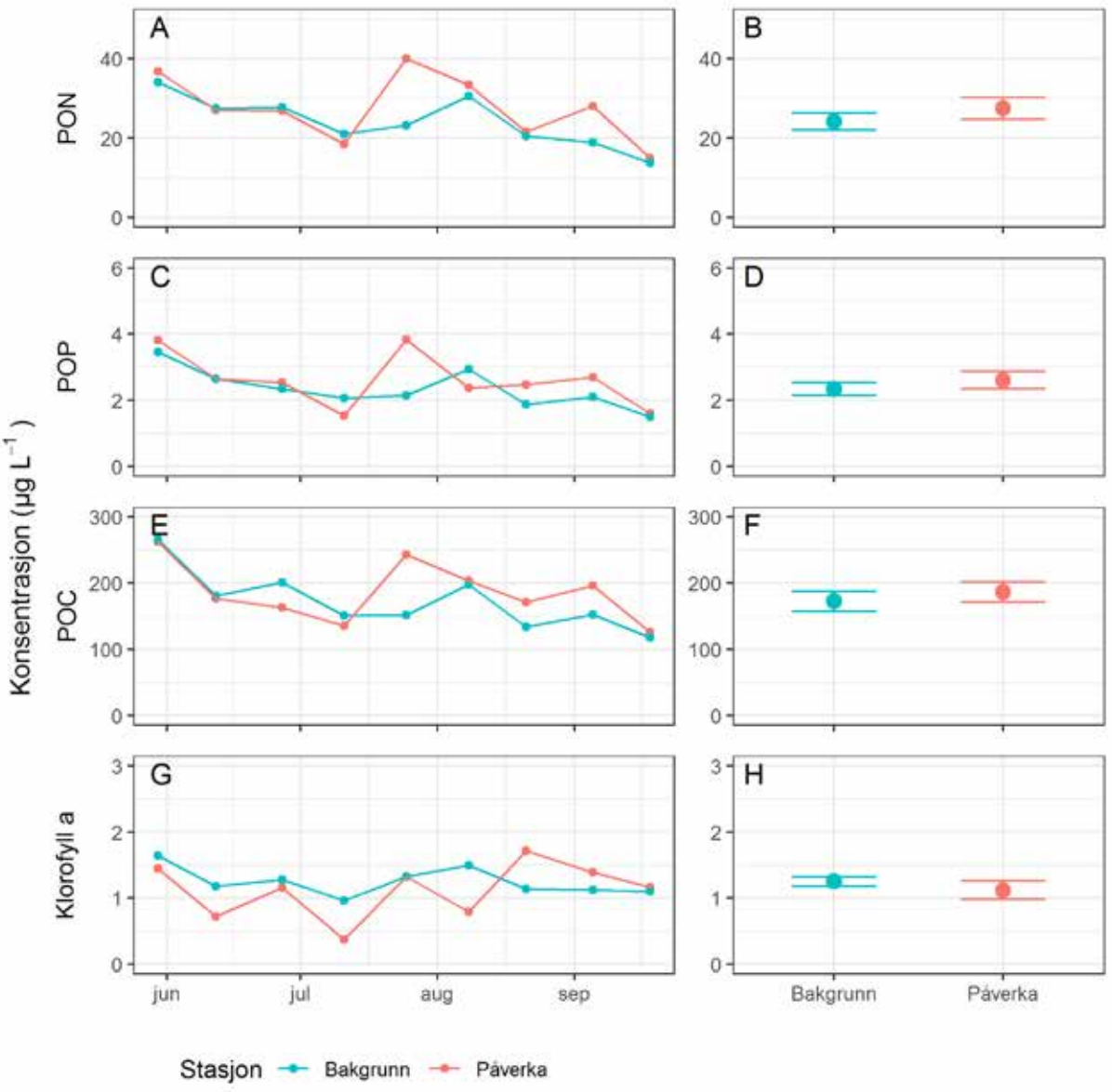
Figur 4. Konsentrasjonar av ammonium (NH_4), nitrat (NO_3), fosfat (PO_4) (A,C,E) frå slutten av mai til midten av september, og snitt gjennom denne perioden (B,D,F) på dei to stasjonane Påverka og Bakgrunn. Barrar synar 1SE.

Partikulært CNP og klorofyll *a*

Konsentrasjonen av PON var 20–40 µg N L^{-1} gjennom mesteparten av prøveperioda (Fig. 5 A), medan POP-konsentrasjonen var på 2–4 µg P L^{-1} (Fig. 5 C). POC-konsentrasjonen var 150-250 µg C L^{-1} (Fig. 5 E). Målingane synte at konsentrasjonane sank etter fyrste prøvetaking i slutten av mai, utanom ein topp på PVS i slutten av juli, og ein på BAS i byrjinga av august.

Gjennomsnittskonsentrasjonen av PON og POP på PVS (høvesvis 27,5 ±8,3 og 2,6 ±0,8 µg L^{-1}) var noko høgare enn på BAS (høvesvis 24,2 ±6,4 og 2,3 ±0,6 µg L^{-1}) (Fig. 5 B,D) men det var ingen signifikant skilnad mellom stasjonane (begge $p > 0,05$). Det same mønsteret fann me i POC-konsentrasjonen som var 186 ±45 µg L^{-1}på PVS og 172 ±45 µg L^{-1} på BAS ($p > 0,05$) (Fig. 5 G).

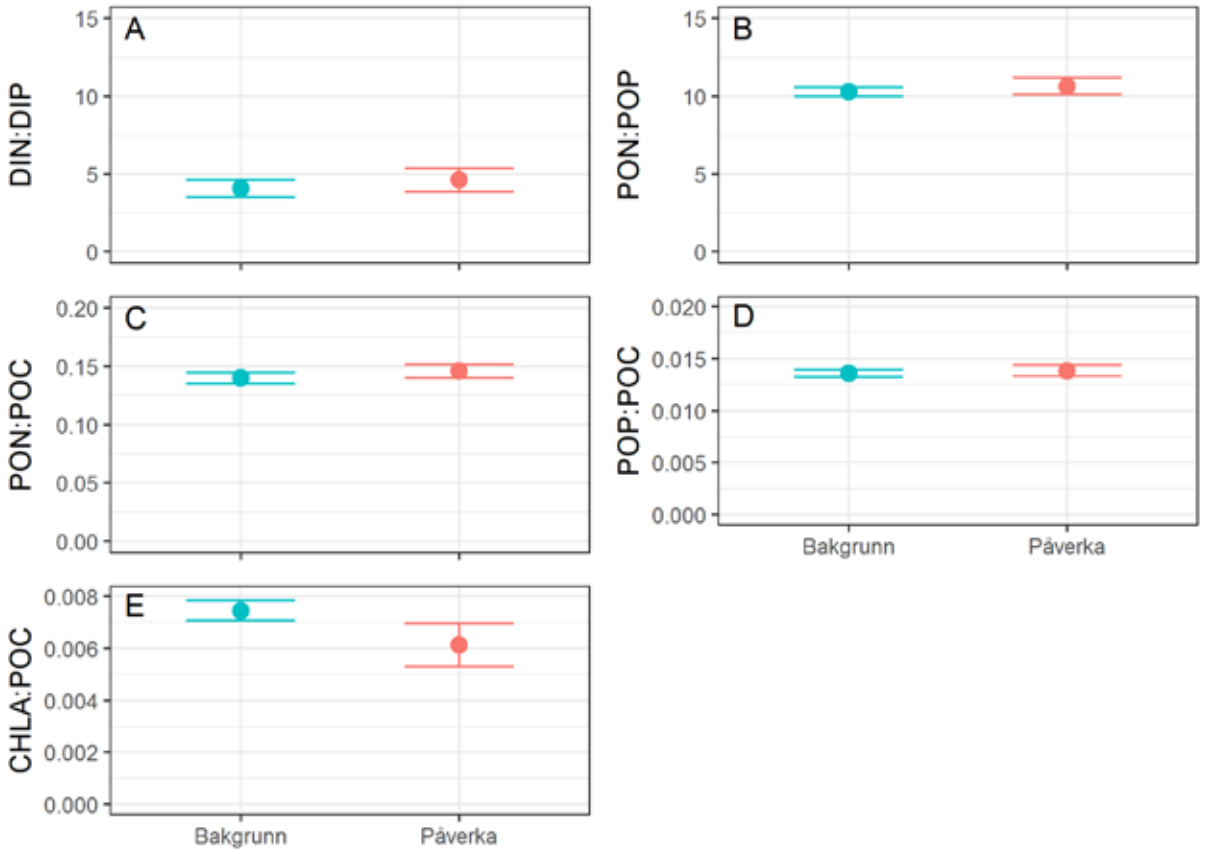
Klorofyll *a*-konsentrasjonane låg i hovudsak på 0,8 – 1,4 µg L^{-1}. Det var større variasjon på PVS enn på BAS og gjennomsnittet på PVS var noko lågare med 1,12 ±0,4 µg L^{-1} mot 1,25 ±0,2 µg L^{-1} (Fig. 5 G-H), men ikkje signifikant forskjellig ($p>0,05$).



Figur 5. Konsentrasjonar av partikulær organisk nitrogen (A), fosfor (C), karbon (E) og Klorofyll *a* (G) på bakgrunnsstasjon og påverka stasjon frå slutten av mai til midten av september 2018. B, D, F og H syner gjennomsnittskonsentrasjonen i denne perioden med 1SE.

CNP-forhold

DIN:DIP-forholdet låg på 4–4,5 µg N (µg P)$^{-1}$ på begge prøvestasjonane og var ikkje signifikant ulik mellom PVS og BAS ($p > 0,05$), sjølv om PVS synte eit noko høgare snitt enn BAS (Fig. 6 A). Det var heller ikkje skilnad mellom PON:POP-forholda på stasjonane ($p > 0,05$), og målte verdiar synte eit snitt på 10–11 µg N (µg P)$^{-1}$, men her òg hadde PVS noko høgare N per P enn BAS (Fig. 6 B). PON:POC låg på 0,14–0,15 µg N (µg C)$^{-1}$ og POP:POC på 0,013–0,014 µg P (µg C)$^{-1}$, begge med større forhold på PVS enn BAS (Fig. 6 C), men ikkje signifikant ulik einannan ($p > 0,05$). Klorofyll *a*:POC-forholdet låg på 0,006–0,007 µg CHLA (µg C)$^{-1}$ (Fig. 6 D), med størst forhold på BAS ($p > 0,05$).



Figur 6. Gjennomsnittleg forhold (vekt) mellom løyst uorganisk nitrogen (DIN), partikulært organisk nitrogen (PON), partikulært organisk fosfor (POP), partikulært organisk karbon (POC) og klorofyll *a* (CHLA) i prøvetakingsperioden. Barrar syner 1SE.

Diskusjon

Næringssaltutslepp frå Ocean Farm 1

I prøvetakingsperioden var utsleppa av DIN (som frå oppdrettsanlegg kjem som NH_4) frå OF1 mellom 12 og 25 tonn per månad (Fig. 2), noko som svarar til 2–2,5 % av totalt DIN-utslepp frå oppdrettsanlegg i Trøndelag i 2014 (Etter et al., 2016). Det vart målt signifikant skilnad i PO_4-konsentrasjonar mellom stasjonane, men verdiane er likevel innanfor naturlege svingingar (Olsen et al., 2014) og tydar ikkje på påverknad frå anlegget. NH_4 var ikkje til stades i målbare konsentrasjonar mesteparten av prøvetakingsperioden (Fig. 4 A).

DIN:DIP-forholdet vert gjerne nytta til å vurdere den kjemiske tilstanden på vatn, men den har svakheita at den berre syner det som er tilgjengeleg på eit gjeven punkt og tid. Det gjev lite informasjon om kva som faktisk vert tatt opp og kva som har vore tilgjengeleg og er difor sårleg eigna til å vurdere tilstanden i vatnet (Olsen et al., 2006). Næringssalt vert tatt raskt opp av planteplankton ved eit oppdrettsanlegg, og saman med straumforhold som raskt tynnar ut påverka vatn er det lite truleg å måle utslepp anna enn i umiddelbar nærleik av anlegget. Undersøkingar har synt at ein ikkje kan måle auka mengde ammonium berre kort avstand nedstraums frå oppdrettsanlegg (Jansen et al., 2018), og me har heller ikkje freista det i denne undersøkinga, men lagt PVS eit stykke unna OF1.

Algefysiologiske indikatorar

Elementforholdet (C, N og P) i det partikulære materialet kan nyttast til å vurdere næringstilgangen for planteplanktonet og vidare ernæringstilstand og veksthastigheit, fordi det i motsetning til DIN:DIP

gjev oss informasjon om kva som har vore tilgjengeleg og kva som har blitt tatt opp og ikkje berre kva som er i vatnet der og då.

PON:POP-forholdet på prøvestasjonane indikerer eit overskot av nitrogen i høve fosfor (Fig 6 B) og kan tolkast som ei svak P-avgrensing (grensa for P-/N-avgrensing vert gjerne sett til 7–8 µg N (µg P)$^{-1}$). Dette vert òg underbygd av PON:POC- og POP:POC-forholda som syner god, men ikkje maksimal, tilgang på nitrogen, og noko avgrensa tilgang på fosfor for optimal vekst (Fig 6 C,D). Fosforavgrensing kan vere eit teikn på påverknad av utslepp frå oppdrettsanlegg då desse utsleppa kjem i eit mykje høgare N:P-forhold enn det som er naturleg i sjøvatn (Wang et al., 2013). Sjølv om det er små skilnader i gjennomsnittsverdiane på BAS og PVS var det inga signifikant skilnad, og ein har ikkje grunnlag for å kople P-avgrensinga til utslepp frå OF1 ut frå denne undersøkinga. P-avgrensinga er truleg grunna naturleg variasjon av næringssalt frå djupvatn, men ein kan ikkje utelukke at totalbelastinga frå OF1 og andre oppdrettsanlegg i regionen kan ha påverka målingane. Med straumforholda som er i Frohavet er det truleg at det er så rask uttynning av vatn som vert påverka av OF1 at det er vanskeleg å måle opptaket. Det vart gjort tilsvarande målingar nærme Frøya i same tidsrommet som synte om lag same konsentrasjonar av partikulært materiale (upubl.).

Biomassemålingar

PVS ligg for nærme OF1 til at ein kan sjå biomasseendringar som følgje av utslepp frå anlegget. Ein kan likevel vurdere den økologiske tilstanden på vassmengda ut frå målingane.

Både Vassforskrifta og OSPARCOM nyttar klorofyll *a* (CHLA) som biomassemål for planteplankton. OSPARCOM sett 2–4 µg CHLA L^{-1} (gjennomsnittskonsentrasjon over dette er negativt) som normalverdiar for norsk kystvatn, medan Vassforskifta sett skillet mellom «god» og «moderat» tilstand på 5 µg CHLA L^{-1} og mellom «god» og «veldig god» på 2,5 µg CHLA L^{-1}. Målingane frå vår undersøking, med gjennomsnittsverdiar på 1,1–1,3 µg CHLA L^{-1} tyder på at det var god økologisk tilstand i området.

POC kan nyttast som biomassemål for mikroorganismar i vatnet, og vil i sumarhalvåret ofte hovudsakeleg bestå av planteplankton, men òg små dyreplankton (<200 µm) er inkludert i målingane. Konsentrasjonane av POC var lågare enn tidlegare undersøkingar gjort i regionen (Etter et al., 2016) men her er det store naturlege svingingar. Det relativt høge CHLA:POC-forholdet (6 E) kan tyde på at vassprøvene hadde lågt innhald av detritus (dødt organisk materiale) som i nokre tilfelle kan vere ei kjelde til feiltolking av målingar (Etter et al., 2016). Dette tyder på at dei partikulære målingane er representative for planktonbiomassen.

Naturlege svingingar og prøvetaking

Planktoniske økosystem er i stadig endring, og syklusar med topp i planteplanktonbiomasse og dyreplanktonbiomasse følgjer kvarandre ofte med ei tids mellomrom. Det er difor vanskeleg å vete kvar i syklusen ein treff når ein tar ei vassprøve, på ein stasjon kan det vere når biomassen er mot toppen, medan det på ein annan kan vere når biomassen er mot botn. PVS i denne undersøkinga har større variasjon enn BAS i alle parametrane, men ut frå målinga som er gjort er det ikkje grunnlag for å seie om det er naturlege svingingar eller om det er andre eigenskapar ved prøvestasjonen som gjer det. Når ein nyttar snittet i ei prøvetakingsperiode er målet at det skal jamne ut desse svingingane og gje eit samanliknbart grunnlag (Olsen et al., 2014).

Antatt påverka stasjon vart lagt 3,8 km sørvest for OF1 (Fig. 1), noko som er så nærme at ein ikkje forventa å sjå noko endring i planteplanktonbiomassen, då det gjerne tek 4–7 dagar frå tilførsel av næringssalt og til ein kan sjå ei endring i biomasse (Olsen et al., 2014). På grunn av hydromorfologiske krefter er det krevjande å finne prøvestasjon der ein kan sjå påverknad av eitt enkelt anlegg på

biomassen og det vart heller ikkje freista i denne undersøkinga. Med avstanden som vart vald var det derimot grunnlag for å sjå ei mogleg i næringssaltopptaket i planteplanktonet med tanke på straumretning og straumsnøggleik (sjå Sintef-notat (Broch, 2016)), då dette skjer frå timar til eit døgn etter næringssalttilgangen (Olsen et al., 2014). Straumforholda er likevel skiftande og ein er ikkje garantert å treffe på kvar måling, sjølv om observasjonar i felt støttar val av stasjon.

Oppsummering

Denne undersøkinga freista å sjå om ein kunne spore utslepp frå Ocean Farm 1 i vassprøver nedstraums for anlegget. I fleire av parametrane som vart målt var det noko differanse i gjennomsnittskonsentrasjonane mellom stasjonane, men ikkje nok til at det var signifikant skilnad mellom vassmengdene. Dei partikulære CNP-forholda kan tyde på ei svak fosforavgrensing, noko som kan forbindast med utslepp frå oppdrettsanlegg, men denne var tilstade både på bakgrunnsstasjon og påverka stasjon og tyder difor ikkje på at Ocean Farm 1 er kjelda til dette. Biomassekonsentrasjonane er låge og klorofyll *a*-konsentrasjonane indikerer god økologisk tilstand.

Litteraturliste

BROCH, O. J. 2016. Lokalisering av referansestasjon for miljøundersøkelser i Froan. *Internrapport.* Trondheim: SINTEF Fiskeri og havbruk AS.

ETTER, S. A., ANDRESEN, K., LEIKNES, Ø. & OLSEN, Y. 2016. Miljødokumentasjon Trøndelag - Utslipp og vurdering av miljøvirkninger av næringssalter tilført fra oppdrett i Trøndelag regionen i 2014. *NTNU internrapport.* Trondheim: Trondhjem biologiske stasjon, Institutt for Biologi.

JANSEN, H. M., BROCH, O. J., BANNISTER, R., CRANFORD, P., HANDÅ, A., HUSA, V., JIANG, Z., STROHMEIER, T. & STRAND, Ø. 2018. Spatio-temporal dynamics in the dissolved nutrient waste plume from Norwegian salmon cage aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions,* 10**,** 385-399.

OLSEN, Y., AGUSTÍ, S., ANDERSEN, T., DUARTE, C. M., GASOL, J. M., GISMERVIK, I., HEISKANEN, A.-S., HOELL, E., KUUPPO, P., LIGNELL, R., REINERTSEN, H., SOMMER, U., STIBOR, H., TAMMINEN, T., VADSTEIN, O., VAQUÉ, D. & VIDAL, M. 2006. A comparative study of responses in plankton food web structure and function in contrasting European coastal waters exposed to experimental nutrient addition. 51**,** 488-503.

OLSEN, Y., REINERTSEN, H., SOMMER, U. & VADSTEIN, O. 2014. Responses of biological and chemical components in North East Atlantic coastal water to experimental nitrogen and phosphorus addition--a full scale ecosystem study and its relevance for management. *Sci Total Environ,* 473-474**,** 262-74.

OSPAR 2003. Strategies of the OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (Reference number: 2003-21). Bremen: OSPAR Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-east Atlantic: Ministerial Meeting of the OSPAR Commission.

PEARSON, T. H. & ROSENBERG, R. 1978. Macrobenthic succession in relation to rganic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology - A Annual Review,* 16**,** 229-311.

TETT, P. 2008. Fish farm wastes in the ecosystem. *In:* HOLMER, M., BLACK, K., DUARTE, C. M., MARBÁ, N. & KARAKASSIS, I. (eds.) *Aquaculture in the Ecosystem.* Springer.

VANNFORSKRIFTEN 2006. FOR -2006-12-15-1446 Forskrift om rammer for vannforvaltningen.

WANG, S. F., TANG, D. L., HE, F. L., FUKUYO, Y. S. & AZANZA, R. V. 2008. Occurrences of harmful algal blooms (HABs) associated with ocean environments in the South China Sea. *Hydrobiologia,* 596**,** 79-93.

WANG, X. X., ANDRESEN, K., HANDA, A., JENSEN, B., REITAN, K. I. & OLSEN, Y. 2013. Chemical composition and release rate of waste discharge from an Atlantic salmon farm with an evaluation of IMTA feasibility. *Aquaculture Environment Interactions,* 4**,** 147-162.

NTNU
Ocean Training AS

Kompetanseprogram:
Sikkerhet og Samtrening for Havbruk

I Samarbeid med NTNU Ocean Training (NTNU-OT) og Offshore Simulator Centre (OSC) har Ocean Farming gjennomført et kompetanseprogram for sine mannskap som arbeider på havbruksanlegget Ocean Farm 1/Håbranden (OF1). Programmet ble gjennomført i to runder med halve mannskapet per runde. Første runde i uke 8 & 9, andre runde i uke 10 & 11.

Et kortere kurs på 5 dager ble kjørt for det samme mannskapet i 2017. Dette var før OF1 var levert slik at man hadde ikke da driftserfaringer eller full innsikt i hvilke problemstillinger som kravde ekstra fokus. Programmet som ble gjennomgått nå i 2019 var delt i 4 bolker og spesialtilpasset behovet om bord i OF1 etter at en syklus med produksjon er gjennomført. Det ble spesielt lagt vekt på at programmet ble samkjørt med selskapets egne planer og instrukser for drift og beredskap. Landorganisasjon ble også involvert i beredskapsøvelse samt at Global Maritime som står bak design deltok og orienterte om bakgrunn og sikkerhetshensyn for design av OF1.

Målet med kurset har vært å heve kompetansen innen viktige områder for drift og sikkerhet fordelt på 4 områder:

Stabilitet og Ballastering (2 dager)
Her har fokus vært å repetere grunnkurset innen stabilitet og ballastering (fra 2017) der en har kjørt øvelser på ulike scenario som har vist seg relevante så som vannintrengning i tanker og effekten av at flere uønskede hendelser sammenfaller i tid. Øvelsene har lagt vekt på korrekt situasjonsforståelse og korrigerende tiltak. Andre emner som er dekt er:

- Terminologi og hydrostatiske data
- Gjeldende regelverk og forskrifter
- Ballastering og de-ballastering
- Vanntett integretet
- Stabilitet ved utilsiktet krenging
- Fri væskeoverflate, formler, oppgaver, beregninger
- Lastekondisjonsark
- Nødprosedyrer

BRM/ERM/CRM Samtrening Havmerd - Fartøy (3 dager)

Denne delen av treningen ble basert på den emneplanen som var lagt til grunn for oppdgradeingen av sertifikat etter STCW 2010 oppdateringene og fokuserte på forhold som ligger til grunn for effektiv og sikker samhandling mellom et kontrollrom, dekk og fartøy.

Til denne delen ble det utviklet og kjørt i simulator med aktørene kontrollrom, dekk og fartøysbro. Erfaringen er at bruk av simulator til denne delen bør være et absolutt krav, da det førte til realistiske øvelser med stor læringseffekt samt at motivasjon for å lære ble svært høy. Moment som ble øvd på var:

- Kommunikasjon,
- Stess og prestasjon under press
- Situasjonsforståelse
- Konflikthåndtering
- Kulturforståelse
- Ledelse
- Debrief teknikk

ISM og Sikkerhetsstyringssystem (1,5 d)

Her ble fokus flyttet fra omgivelsene til det planverket som er utarbeidet for drift av OF1, og sett i sammenheng med hvordan slike system bør brukes i praksis. Andre bransjer har lenger erfaring med ISM og sikkerhetsstyring og mye planverk har kommet som et resultat av erfaringer etter ulykker. Det er nok derfor viktig at planer og rutiner ble sett på og sett i sammenheng med hvordan disse er tenkt gjennomført i prakis. De definerte DFU'ene ble gått gjennom både med hensyn på handlinger om bord og i forhold til nødetatene sin rolle og når er det riktig å slå alarm. Tema som ble dekt:

- ISM
- Ocean Farming Sikkerhetsstyringingssystem EQS
- Beredskap 1.Linje, 2.Linje samt 3.Linje
- Gjennomgang av Definerte Fare og Ulykkessituasjoner (DFU)

Fiskerømning og fiskehelse ble håndtert i egen sesjon med biolog og tok for seg årsaker og bakgrunn for både faremoment, prøvetaking samt videre konsekvens. Dette gav både innsikt og forståels men også økt motivasjon for arbeidsoperasjoner som det ellers var vanskelig å se grunnlaget for.

Beredskap og beredskapsøvelse (3,5 d)

Beredskapsplaner ble gått gjennom med tanke på ansvar, myndighet og oppgaver for den enkelte posisjon. Innledningsvis gjennomgang av planer for deretter å trappe opp med tabletop øvelser og til slutt fullskala beredskapsøvelse der landorganisasjon og HRS deltok sammen med en spillstab.

- Organisering Ansvar
- Tiltak og barrierer
- Loggføring
- Kommunikasjon og mediahåndtering
- Nødetater sin rolle - varsling og opptrapping

Granskning og dokumentasjon	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5
08:15-09:00	Velkommen til kurs. Informasjon sikkerhet og fasiliteter. Rundtur på bygget.	Stabilitet Ballastering Deballastering	BRM Teori - Refleksjon - Introduksjon	BRM Simulator Familiarisering	BRM Øv 3: Støttefartøy(fôr eller brønn-båt) i tjeneste sammen med OF
09:15-11:15	Global Maritime og OF Om OF1 design og barrierer	Nødprosedyrer etter skade Skadestabilitet	BRM Teori - Kommunikasjon - Persepsjon	BRM Øv 1: Fórbåt tar seg inn og leverer fór	BRM Øv 3: Fortsettelse
11:15-12:15	Lunsj	Lunsj	Lunsj	Lunsj	Lunsj
12:15-14:15	Introduksjon Regelverk Forskrifter & Krav Lastekondisjoner Grunnleggende stabilitet, formler, oppgaver, beregninger	Stabilitet Lastekondisjonsark Vanntett integretet	BRM Teori - Sit. Forståelse - Ledelse - Debrief teknikk	BRM Øv 2: Brønnbåt leverer smolt eller henter laks * Instruktør kjører evt. Fartøy	BRM Øv 4: Arbeid på dekk Brief – Debrief
14:15-16:00	Daglige beregninger Fri væskeoverflate	Stabilitet Prosedyrer Beste praksis	BRM Teori - Motivasjon - Kultur	BRM Øv 2 Fortsettelse	BRM Øv 4 forts. Arbeid på dekk Oppsummering

	Dag 6 (lø)		Dag 7 (man)	Dag 8 (ti)	Dag 9 (ons)	Dag 10 (tors)
08:15-09:15	ISM	08:15-09:15	Beredskap Organisering Ansvar Tiltak og barrierer Loggføring	Aksjonsplaner DFU Gjennomgang	Storskala øvelse Opptrapping-utvikling	Bilogiske farer Fiskehelse
09:15-11:15	ISM Styringssystem OF	10:15-11:15	Beredskap Kommunikasjon og mediahåndtering	Aksjonsplaner DFU Gjennomgang	Storskala øvelse Krise/beredskap	Bilogiske farer Fiskerømming
11:15-12:15	Lunsj	11:15-12:15	Lunsj	Lunsj	Lunsj	Lunsj
12:15-14:15	ISM Styringssystem OF	12:15-14:15	Beredskap - AMK rolle - varsling og opptrapping v/ John Rune Lillebø	Tabletop øvelse I	Storskala øvelse Krise/beredskap	Granskning og å bli gransket. Sporing og dokumentasjon
14:15-14:45	ISM Styringssystem OF	14:15-16:00	AMK rolle varsiing og opptrapping v/ John Rune Lillebø del II	Tabletop øvelse II	Storskala øvelse Debrief	Ealuering Oppsummering Pkt. For oppfølging avslutning 15:00

DNV·GL

OCEAN FARM 1

Gjennomgang av Ocean Farm 1 prosjektet – Delrapport A

Ocean Farming AS

Rapportnr.: 2019-1161A, Rev. 0.1
Dokumentnr.: 551026A
Dato: 2019-12-12

Prosjektnavn:	Ocean Farm 1	DNV GL AS Region Norway
Rapporttittel:	Gjennomgang av Ocean Farm 1 prosjektet – Delrapport A	
Oppdragsgiver:	Ocean Farming AS, Kverva, 7266, Norway	
Kontaktperson:	Arvid K. Hammernes	
Dato:	2019-12-12	
Prosjektnr.:	10170826	
Org. enhet:	Asset Risk Management	
Rapportnr.:	2019-1161A, Rev. 0.1	
Dokumentnr.:	551026A	

Levering av denne rapporten er underlagt bestemmelsene i relevant(e) kontrakt(er): SFA 19.09.2019

Oppdragsbeskrivelse: Vurdering av resultatoppnåelse for gjennomføringen av OF 1 prosjektet

Utført av:	Verifisert av:	Godkjent av:
Angelsen, Sture Digitally signed by Angelsen, Sture Date: 2019.12.12 13:02:55 +01'00'	Johnsen, Anne Cathrine Digitally signed by Johnsen, Anne Cathrine Date: 2019.12.12 09:48:57 +01'00'	Angelsen, Sture Digitally signed by Angelsen, Sture Date: 2019.12.12 13:03:14 +01'00'
For Ellen Sjølie Principal Consultant	Anne Cathrine Johnsen Associate Director	Sture Angelsen Head of Section
	Kamsvåg, Frode Digitally signed by Kamsvåg, Frode Date: 2019.12.12 10:38:57 +01'00'	
Clemens Dietl Principal Consultant	Frode Kamsvåg Business Development Leader	
Vaksdal, Tor Nilsen Digitalt signert av Vaksdal, Tor Nilsen Dato: 2019.12.12 16:27:17 +01'00'		
Tor Vaksdal Technical Inspector	[Name] [title]	

Beskyttet etter lov om opphavsrett til åndsverk m.v. (åndsverkloven) © DNV GL 2019. Alle rettigheter forbeholdes DNV GL. Med mindre annet er skriftlig avtalt, gjelder følgende: (i) Det er ikke tillatt å kopiere, gjengi eller videreformidle hele eller deler av dokumentet på noen måte, hverken digitalt, elektronisk eller på annet vis; (ii) Innholdet av dokumentet er fortrolig og skal holdes konfidensielt av kunden, (iii) Dokumentet er ikke ment som en garanti overfor tredjeparter, og disse kan ikke bygge en rett basert på dokumentets innhold; og (iv) DNV GL påtar seg ingen aktsomhetsplikt overfor tredjeparter. Det er ikke tillatt å referere fra dokumentet på en slik måte at det kan føre til feiltolkning. DNV GL og Horizon Graphic er varemerker som eies av DNV GL AS.

DNV GL distribusjon:

☐ ÅPEN. Fri distribusjon, intent og eksternt.

☐ INTERN. Fri distribusjon internt i DNV GL.

☒ KONFIDENSIELL. Distribusjon som angitt i distribusjonsliste.*

☐ HEMMELIG. Kun autorisert tilgang.

*Distribusjonsliste:

Nøkkelord:

havbasert fiskeoppdrett, målekriterier, laks, pilotprosjekt, Ocean Farm 1

Rev.nr.	Dato	Årsak for utgivelser	Utført av	Verifisert av	Godkjent av
0	2019-12-10	Endelig versjon	ELSJO	ACJ/FK	SA
0.1	2019-12-12	Mindre endringer		ACJ	SA

Innholdsfortegnelse

1 SAMMENDRAG 1

2 NØKKELINFORMASJON 3
2.1 Bakgrunn 3
2.2 Formål 3
2.3 Omfang 3
2.4 Kriterier 3
2.5 Gjennomgangsteam 4
2.6 Dato og sted 4
2.7 Forkortelser 4

3 GJENNOMGANGSPROSESSEN 5

4 FUNN 6
4.1 Avvik 6

5 DISKUSJON 7
5.1 Fiskeridirektoratets målekriterier 7
5.2 Pilotprosjektet OF 1 8
5.3 Forbedringsprosjekter 8

6 REFERANSER 10

Appendix A Deltakere Ocean Farming
Appendix B Målekriterier
Appendix C Forbedringsprosjekter

1 SAMMENDRAG

Ocean Farming AS (Ocean Farming) eier og drifter Ocean Farm 1 (OF 1) anlegget på Frohavet som har vært i drift siden september 2017. Én driftssyklus (ca. 16 måneder) er gjennomført. Dette inkludere å sette ut fisk, fôring og å ta ut ferdig voksen fisk. Selskapet hadde også ansvaret for prosjektering og bygging av anlegget.

Da det ikke finnes et etablert sett med myndighetskrav for offshore oppdrettsanlegg, fikk DNV GL i oppdrag av Ocean Farming å utarbeide et «regelrammeverk» basert på offshore/petroleumsregelverket for mobile enheter på norsk sokkel. Dette «regelrammeverket» har Fiskeridirektoratet lagt til grunn for sin tillatelse til Ocean Farming. DNV GL Seksjon for Marine Structures har verifisert OF 1 i henhold til «regelrammeverket», mens DNV GL TAS har utstedt anleggssertifikat.

DNV GL har på oppdrag fra Ocean Farming utført en uavhengig gjennomgang av OF 1 prosjektet. Gjennomgangen ble utført på Frøya 22.-24. oktober 2019 med deltakere fra ledelsen og driftsorganisasjonen. Gjennomgangen inkluderte også et besøk på Ocean Farm 1 anlegget i Frohavet 23. oktober 2019.

Hovedformålet med gjennomgangen var en uavhengig vurdering av resultatoppnåelse for OF 1 prosjektet. Denne delrapporten dekker vurderingene opp mot målekriteriene i tillatelsen fra myndighetene samt utvalgt del av OF sin søknad om utviklingstillatelser med fokus på forbedringsprosjektene.

Målekriterier

Det ble ikke gjort funn opp mot syv av målekriteriene definert av Fiskeridirektoratet i tilsagn om utviklingstillatelser. For det siste og åttende målekriteriet var det ikke mulig å verifisere resultatoppnåelse da sluttrapport ikke er oversendt Fiskeridirektoratet. Gjennomgangsteamet ble informert om at denne er under utarbeidelse og vil bli oversendt Fiskeridirektoratet innen utgangen av 2019.

Forbedringsprosjekter

Gjennomgangsteamet finner at Ocean Farming aktivt har identifisert forbedringsforslag. Per oktober 2019 har i underkant av 300 forbedringsforslag blitt vurdert. Fjorten av disse har resultert i forbedringsprosjekter, hvor av tretten er implementert. Totalt fem av de fjorten forbedringsprosjektene vil inngå i et oppdatert anleggssertifikat og anses som forbedring av anlegget med hensyn til blant annet sikkerhet og fiskevelferd. I tillegg har DNV GL Marine Structures verifisert tre av systemene, mens de resterende implementerte forbedringsprosjektene er relatert til installasjon eller implementering av systemer for drift og vedlikehold eller kurs. Det er ikke forventet at sistnevnte type prosjekter skal verifiseres eller sertifiseres. Det siste forbedringsprosjektet, ny gangvei i tilknytning til den ene dokkingstasjonen, forventes installert i Q1 2020. I tillegg har Ocean Farming to teknologiprogrammer som har pågått siden oppstart av anlegget. Forbedringsprosjekter i driftsfasen ble presentert for gjennomgangsteamet som utført i henhold til en etablert praksis som ikke er nedfelt i en egen prosedyre.

Gjennomgangen avdekket at anleggssertifikatet ikke ble oppdatert før ekstrautstyr ble tatt i bruk. Dette er ikke i henhold til NYTEK-forskriften §28. Underlagsdokumenter som brukerhåndbøker, monteringsbeskrivelser og risikovurderinger skulle vært sendt DNV GL TAS i forkant av bruk, for oppdatering av anleggssertifikat.

I etterkant av gjennomgangen har Ocean Farming sendt inn nødvendig dokumentasjon og har per desember 2019 et oppdatert anleggssertifikat.

Oppsummering av prosjektfasene fra design til drift

Verifisering av Ocean Farm 1 design og utstedelse av anleggssertifikat er blitt gjort av kompetent tredjepart; henholdsvis DNV GL Seksjon for Marine Strukturer og DNV GL Technical Aqua Service (TAS). Risikostyring i prosjekterings- og byggefasen er av gjennomgangsteamet ansett å ha blitt fulgt opp tilfredsstillende.

Ocean Farming har utarbeidet erfaringsrapport fra byggefasen som også inkluderer dokumentasjon av resultater fra driftsfasen. I tillegg er én produksjonssyklus til Havmerden blitt dokumentert i halvårsrapporter som er oversendt Fiskeridirektoratet.

Driftsforberedelser er gjennomført ved at driftsorganisasjonen er utviklet i parallell med prosjektutviklingen slik at personer som senere skal inngå i drift har hatt mulighet til å være med under byggefasen og på den måten tidlig bli kjent med anlegget. Det ble tatt bevisste valg for transport av anlegget til Norge, og hva som skulle ferdigstilles på verft i Kina kontra sluttføres på lokasjon i Norge.

Kongsberg K-feet system blir brukt for vedlikeholdsstyring i driftsfasen. I forkant av oppstart av anlegget ble brukermanualer knyttet opp mot de enkelte arbeidsordrene.

2 NØKKELINFORMASJON

2.1 Bakgrunn

Ocean Farming AS (heretter: Ocean Farming eller OF) fikk i februar 2016 tildelt åtte (8) utviklingstillatelser av Fiskeridirektoratet, forutsatt realisering i tråd med innsendt søknad, ref./1/ og definerte målekriterier, ref./Appendix A/.

2.2 Formål

Formålet med gjennomgangen var en uavhengig ekstern vurdering av resultatoppnåelse for OF 1 prosjektet.

Denne delrapporten dekker vurderingene opp mot målekriteriene i tillatelsen fra myndighetene samt utvalgt del av OF sin søknad om utviklingstillatelser med fokus på forbedringsprosjektene.

2.3 Omfang

Gjennomgangen dekker følgende tre områder:

Fiskeridirektoratets målekriterier:

- Gjennomgang av i hvilken grad OF oppfyller de åtte målekriteriene definert for prosjekteringsfasen, byggefasen, transport til lokalitet og NYTEK-status

Prosjekter:

Pilotprosjektet OF 1 – inkluderer hovedsakelig alt som er beskrevet i søknad om utviklingstillatelser, ref. /1/, fra forretningside til drift.

- Vurdering av hvordan OF 1 prosjektet sikret at design ble verifisert og anleggssertifikat utstedt før drift ble igangsatt

Forbedringsprosjekter – utført som tiltak i designfasen, samt egne prosjekter av større eller mindre omfang i driftsfasen.

- Vurdering av gjennomførte forbedringsprosjekter

Denne rapporten ettergår ikke allerede utstedt anleggssertifikat. Funn knyttet til denne rapporten omfatter endringer gjort etter at dette ble utstedt.

Det er i tillegg til denne delrapporten utarbeidet en hovedrapport (rapport nummer 2019-1161) som beskriver hele gjennomgangen i henhold til formål og omfang, dvs. hvor grad av resultatoppnåelse mot OF sitt styringssystem samt «Søknad om utviklingstillatelser for realisering av pilotprosjektet havbasert fiskeoppdrett» avsnitt 4.2-4.7, også er vurdert.

2.4 Kriterier

Følgende dokumenter dannet basisen for gjennomgangen:

A. «Søknad om utviklingstillatelser for realisering av pilotprosjektet havbasert fiskeoppdrett» (ref. /1/ avsnitt 4.7 Målekriterier – fase for ytelsestesting av anlegget) med fokus på forbedringsprosjektene som er eller vil bli gjennomført etter at anlegget ble satt i drift.

- «Ocean Farming AS – tilsagn om utviklingstillatelser» (ref. /2/ avsnitt 6.8 Fremdriftsrapportering og målekriterier; 6 hovedpunkter med til sammen 8 underpunkter).

2.5 Gjennomgangsteam

- Ellen Sjølie, DNV GL, gjennomgangsleder
- Clemens Dietl, DNV GL, gjennomgangsteam
- Tor Vaksdal, DNV GL, gjennomgangsteam – forbedringsprosjekter

I tillegg deltok Pål Fossan fra Fiskeridirektoratet som observatør under gjennomgangen.

2.6 Dato og sted

Den 28. september og 11. oktober 2019 ble det gjennomført formøter (per telefon). Selve gjennomgangen ble gjennomført på Frøya og Frohavet 22.-24. oktober 2019

2.7 Forkortelser

CCTV	Closed Circuit TV
DFU	Definert Fare og Ulykke
EQS	Extend Quality System
GMDSS	Global Maritime and Distress Safety System
HMS	Helse, Miljø og Sikkerhet
KPI	Key Performance Indicator
K-Fleet	Kongsberg vedlikehold system
MOB	Mann over bord
OF	Ocean Farming AS
OF 1	Ocean Farm 1
SCR	Short Range Certificate
SFI	Skipsteknisk Forskningsinstitutt
TAS	Technical Aqua Service

3 GJENNOMGANGSPROSESSEN

Denne gjennomgangen er utført i henhold til prinsippene i ISO 19011:2018 «Retningslinjer for gjennomgang av ledelsessystemer». På grunn av lokasjonene for gjennomføringen og tidsaspektet ble det under besøket på Frøya i begrenset grad etterspurt skriftlig dokumentasjon. Tilleggsdokumenter ble avtalt oversendt til gjennomgangsteamet i etterkant.

Følgene aktiviteter ble gjennomført:

1. Formålet med gjennomgangen ble definert av OF
2. Gjennomgangsomfang, kriterier og plan ble bestemt i formøter og dialog med OF i forkant av gjennomføring
3. Tidspunkt for oppstart og gjennomføring ble avtalt med OF
4. Dokumentgjennomgang ble utført i forkant av gjennomgangen basert på dokumenter identifisert av OF som relevante og oversendt gjennomgangsteamet. I tillegg ble det gitt tilgang til elektroniske dokumenter i SalMar/ OF sitt styringssystem (EQS).
5. Intervjuguide ble utarbeidet som en del av forberedelsesarbeidet
6. Gjennomgangen inkluderer:
    a. Åpningsmøte med og intervju av OFs ledelse - på Frøya hotell
    b. Åpningsmøte med alle fra driftsorganisasjonen om bord på anlegget
    c. Intervju med et utvalg av personer fra de to skiftene som var om bord OF 1 anlegget da gjennomgangen ble utført
    d. Inspeksjon av forbedringsprosjekter
    e. Oppfølgingsintervjuer med ledelsen fra OF, på Kverva
    f. Avslutningsmøte
7. Mottak av ettersendt informasjon og ytterligere verifisering av informasjon gitt under selve gjennomgangen
8. Utarbeidelse av rapporter

4 FUNN

Det er ikke gjort funn opp mot syv av de åtte målekriteriene definert av Fiskeridirektoratet i tilsagn om utviklingstillatelser. For det åttende målekriteriet var det ikke mulig å verifisere resultatoppnåelse da sluttrapport ikke er oversendt Fiskeridirektoratet.

Det er gjort ett funn (avvik), knyttet til Forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg (NYTEK-forskriften).

To kategorier av funn er definert:

- Avvik:
    - påvist brudd på/mangel på oppfyllelse av regelverks-, myndighets- eller internkrav
    - store forskjeller i intervjudiskusjoner – mangel på en enhetlig forståelse
- Observasjoner:
    - mindre mangler eller svakheter
    - områder hvor det er muligheter for forbedringer

4.1 Avvik

Det er identifisert ett avvik fra NYTEK-forskriften

Avvik 1: Anleggssertifikat ble ikke oppdatert før ekstrautstyr ble tatt i bruk

Referanse: Forskrift om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg (NYTEK-forskriften) § 28. Anleggssertifikatets gyldighet

Beskrivelse: Gjennomgangsteamet ble informert om at underlagsdokumenter for systemer som var utbedret og tatt i bruk, fortsatt var under utarbeidelse da gjennomgangen ble utført. Fem av forbedringsprosjektene inngår i denne kategorien, der det i NYTEK-forskriften § 28 heter «hvor det ved endringer av eksempelvis teknisk utstyr, fastmontert eller flyttbart, som brukes til å utføre operasjoner på et akvakulturanlegg, kan føre til svikt eller mangler ved utstyret kan føre til rømming». Ved endringer av akvakulturanlegget utover den beskrevne konfigurasjonen, kan den endrede delen av anlegget ikke tas i bruk før nytt anleggssertifikat er innhentet etter § 24 og § 25. Det forventes at operatør/eier informerer TAS i forkant av installasjon av ekstrautstyr.

I etterkant av gjennomgangen har Ocean Farming sendt inn nødvendig dokumentasjon og har per desember 2019 et oppdatert anleggssertifikat.

5 DISKUSJON

Dette kapittelet inneholder en oppsummering av hoveddiskusjonene fra gjennomgangen. Se kapittel 4 for spesifikt funn.

5.1 Fiskeridirektoratets målekriterier

Fiskeridirektoratet har i sitt tilsagn om utviklingstillatelser (ref. /2/) definert målekriterier for prosjekteringsfasen, byggefasen, transport til lokalitet og NYTEK-status.

Gjennomgangsteamet mener Fiskeridirektoratets målekriterier er blitt oppfylt basert på følgende:

- 1.1: En tredjeparts uavhengig verifikasjon av OF 1 er gjennomført av et kompetent selskap (DNV GL). Dette inkluderte verifikasjon av detaljprosjektering av anlegget og verifikasjon av konseptevaluering av strukturdesign /15/. I prosjekteringsperioden har det vært en løpende dialog mellom OF, Global Maritime som har hatt rollen som systemintegrator og DNV GL som har verifisert anlegget. Final survey report ble utstedt 28. juni 2017 av DNV GL, ref./19/. Statement of conformity ble utsted av DNV GL 11.12.2017 basert på DNV GLs verifikasjon av at anlegget er i henhold til DNV GL offshore service specification DNV-OSS-300 risk based verification /15/.
- 1.2: I prosjekteringsfasen ble det utviklet et «regelrammeverk» som skulle legges til grunn for design, ref. /7/. Det er bekreftet av en uavhengig tredjepart (DNV GL) at regelverket og standardene som er lagt til grunn, tilfredsstiller sikkerhetsnivået for denne type anlegg i Norge. Hovedformålet med regelverket er å opprettholde et sikkerhetsnivå på lik linje med offshorekonstruksjoner (Sjøfartsdirektoratets Rødbok). Hvis avvik ble identifisert, ble disse risikovurdert og tiltak iverksatt ved behov. Stikkprøver viser at dette ble gjort.
- 2.1: Før anlegget ble tatt i bruk ble det verifisert av tredjeparts selskap (DNV GL) at anlegget var bygget i samsvar med prosjektets gitte spesifikasjoner. Produktsertifiseringsbevis ble utstedt av DNV GL 26. september 2017, ref. /18/.
- 3.1: Aksept fra kvalifisert assurandør for transport av OF 1 anlegget fra verft i Kina til Frohavet i Norge, ble godkjent basert på sertifikat fra Marine Warranty Surveyer (MWS) og sertifikat for «stage transport».
- 4.1: Anleggssertifikat ble utstedt av inspeksjonsorgan akkreditert for utstedelse av anleggssertifikater (DNV GL) 27. september 2017.
- 5.1: Forslag til program for målinger i driftsfasen ble sendt Fiskeridirektoratet 27.02.2017 og gjennomgått i møte med direktoratet 01.03.2017. Endelig program ble sendt Fiskeridirektoratet 26.04.2017, mer enn 3 måneder før første utsett av fisk.
  I desember 2017 ble Erfaringsrapport byggefase – Ocean Farm 1, ref. /3/ sendt Fiskeridirektoratet. Denne rapporten inkluderte dokumentasjon av resultater i driftsfasen samt hvilke målinger og parametere som vil inngå under videre drift.
- 6.1: Produksjonssyklusen til Havmerden er blitt dokumentert i halvårsrapporter, ref. /4/ og /5/. Det ble satt ut ca. 1 million fisk med en varighet på ca. 16 måneder. Gjennomgangsteamet anser dette som tilstrekkelig for å kunne gjøre en evaluering av prosjektet.
- 6.2: Gjennomgangsteamet har mottatt utkast til sluttevalueringsrapport, ref. /6/ og er kjent med at dette dokumentet skal bearbeides videre, og vil bli oversendt Fiskeridirektoratet.

5.2 Pilotprosjektet OF 1

Prosjektgjennomføring av Ocean Farm 1 prosjektet er i designfasen blir håndtert ved:

- Kontraktstrategien til Ocean Farming har blitt brukt som et overordnet dokument for:
    - utarbeidelse av kontrakter som skal settes ut
    - evaluering av leverandører
    - planer for videreføring av samarbeid med eksisterende leverandører inkludert deres roller og ansvar i prosjektet
    - kriterier for inngåelse av kontrakter for nye leverandører.
- Global Maritime har vært involvert i hele prosjektet, og hadde rollen som systemintegrator på verftet i Kina. Ti (10) hovedunderleverandører ble i tillegg valgt før byggestart.

I prosjekterings- og byggefasen har risikostyringen omfattet:

- Risikoanalyser som tekniske risikoanalyser, beredskapsanalyser og analyse for rømming av fisk i design/prosjekteringsfasen, ref. /8/ - /14/. Ansvaret for oppfølging av aksjoner har vært både underleverandører og OF.
- Risikovurderinger er gjennomført der det er identifisert avvik fra offshore og maritime standarder som er lagt til grunn for design av OF 1, ref. /15/.

Driftsforberedelser

Driftsforberedelser er gjennomført i henhold til styringssystemet og inkluderer at driftsorganisasjonen er utviklet i parallell med prosjektutvikling. Personer fra driftsorganisasjonen hadde opphold på verftet i Kina for å bli kjent med anlegget og utstyret.

Vedlikeholdsstyring

OF1 bruker Kongsberg K-fleet som sitt vedlikeholdssystem; hvor arbeidsordre for preventivt vedlikehold blir lagt inn og fulgt opp. Ved oppstart ble leverandøranbefalinger til preventive vedlikeholdsjobber lagt inn og operasjonsmanualer ble knyttet direkte opp mot arbeidsordre, slik at det er mulig å finne riktig fremgangsmåte for utførelse av jobben. Operasjonsteamet hos OF jobber kontinuering med å forbedre informasjonen.

5.3 Forbedringsprosjekter

OF har i sin «Søknad om utviklingstillatelser for realisering av pilotprosjektet havbasert fiskeoppdrett» (ref. /1/) skrevet at forbedringsaktiviteter kan bli igangsatt for å nå operasjonelle krav og mål.

OF har en aktivitetsplan, ref. /16/ som inkluderer alle forbedringsaktiviteter og forbedringsprosjekter, inkludert korrektivt vedlikehold for utstyr. Per oktober 2019 inneholder planen 290 aktiviteter; lukkede, pågående eller åpne. Størrelsen på prosjektene er fra små til middels store i omfang og forventet kostnad.

Forbedringsprosjekter i driftsfasen er hovedsakelig initiert etter innspill fra driftsorganisasjonen, men også etter en uønsket hendelse som fant sted i september 2018. I tillegg har det blitt kjørt to teknologiprogrammer; for overvåkning av fisk og miljø og sjøbunnskartlegging.

Forbedringsprosjektene har fulgt følgende hoved-trinn:

- Innspill og konseptuelle ideer til forbedringer

- Operasjonelle erfaringer
- Planlegging og diskusjon med leverandører
- Godkjennelse og gjennomføring

Risikovurderinger i forbedringsprosjektene er blitt utført ved å tillegge et kritikalitetsnivå (1-3) når forbedringsaktiviteter er indentifisert. For forbedringsprosjekter hvor systemene skal inngå i et oppdatert anleggssertifikat, er risikovurdering inkludert i brukermanualen, ref./20/ eller som en egen gjennomgang i «engineering and design» fasen, ref. /21/.

Tretten større forbedringsprosjekter, ref. /17/ og Appendix C, er blitt utført per begynnelsen av desember 2019. De største og mest omfattende forbedringsprosjektene inkluderer: oppgradering av ballastsystemet, nytt dødfisksystem og modifikasjoner av trengesystemet. Ny gangvei til anlegget er designet, men ikke bygget/installert (forventes installert i Q1 2020).

Av de fjorten forbedringsprosjektene er fem av systemene identifisert som relevante i henhold til NYTEK-forskriften og er per desember 2019 inkludert i oppdatert anleggssertifikat. I tillegg har DNV GL Marine Structures verifisert tre av systemene, mens de resterende implementerte forbedringsprosjektene er relatert til installasjon eller implementering av systemer for drift og vedlikehold eller kurs. Det er ikke forventet at sistnevnte type prosjekter skal verifiseres eller sertifiseres.

6 REFERANSER

/1/ Søknad om utviklingstillatelser for realisering av pilotprosjektet havbasert fiskeoppdrett, dokument nr.: FDIR-OF-001

/2/ Ocean Farming AS – tilsagn om utviklingstillatelser, referanse nummer: 15/17443

/3/ Erfaringsrapport byggefase – Ocean Farm 1, dokument nr.: OF_ERB_13122017

/4/ Halvårsrapport driftsfasen – Ocean Farm 1, dokument nr.: OF_HR_03052018

/5/ Halvårsrapport driftsfasen – Ocean Farm 1, dokument nr.: OF_HR_16082019

/6/ Sluttrapport Prosjekt Ocean Farm 1, dokument nr.: OF_SR_25032019

/7/ The regulatory framework for the Offshore Fish Farm (OFF)PHASE 3, document nr.: 18THE5H-27

/8/ Beredskapsanalyse (22.02.2016), dok. nr. 0405-003-S-000-CA-002

/9/ Barrierestyring for rømming av fisk fra OF1 (15.02.2019)

/10/ Safety and working environment design basis (17.12.2015)

/11/ Construction risk analysis (12.04.2016)

/12/ FMEA ballast system (21.12.2015, 17.02.2016)

/13/ FMEA power generation & distribution (03.12.15)

/14/ Design risk analyse utført av Global Maritime (18.03.2015)

/15/ Final Verification summary report, document number: 18THE5H-44

/16/ Aktivitetsplan etter avsluttet utsett 20191028

/17/ OF prensetasjon_23102019

/18/ Produkt sertifiseringsbevis, Prono: 090.02

/19/ Final survey report, Hull no: BH0035N17M, DNV GL

/20/ Net H User Manual, dokument nummer: MN304-006

/21/ Caissons Repair - Method and Design, dokument nr.: 0405-0003-Z-801-RA-001

APPENDIX A
Deltakere Ocean Farming

Navn	Stilling	Dato
Arvid Hammernes	Daglig leder	22.-24.10.2019
Torbjørn Hammernes		22.-24.10.2019
Gunnar Myrebø		22.-24.10.2019
Håvard Hansen	Kvalitetsansvarlig	22.-24.10.2019
Egil Olsen	Plattformsjef	23.10.2019
Rune Sandvik	Plattformsjef	23.10.2019
Kevin Kristiansen	Tekniskoperatør	23.10.2019
Olav Foseide	Tekniskoperatør	23.10.2019
Vegard Volden	Driftsoperatør	23.10.2019

APPENDIX B
Målekriterier

Utdrag fra avsnitt 6.8 Fremdriftsrapportering og målekriterier, ref./2/.

1. Prosjekteringsfasen

1.1. Det skal fremlegges dokumentasjon fra et kompetent selskap på at en tredjeparts uavhengig verifikasjon er utført vedrørende detaljprosjekteringen av anlegget. Selskapets kompetanse skal reflektere kompleksiteten til anlegget i bygge- og driftsfasen.

1.2. Prosjektet skal dokumentere regelverket og standarder som er lagt til grunn for anlegget, og at disse er i samsvar med gjeldende regelverk for akvakultur. Hvor andre regelverk/standarder enn det som er gjeldende for akvakultur legges til grunn skal prosjektet dokumentere at disse er i samsvar med gjeldende praksis på relaterte områder. Det skal utføres en tredjeparts uavhengig verifikasjon som skal bekrefte at regelverk og standarder lagt til grunn tilfredsstiller sikkerhetsnivået for denne type anlegg i Norge.

2. Byggefasen

2.1. Før anlegget kan tas i bruk skal det fremlegges dokumentasjon fra et kompetent tredjeparts selskap som bekrefter at anlegget er bygget i samsvar med prosjektets gitte spesifikasjoner. Selskapets kompetanse skal reflektere kompleksiteten til anlegget i bygge- og driftsfasen.

3. Transport til lokalitet

3.1. Før transport av anlegget fra verft til lokalitet skal prosjektet dokumentere aksept fra kvalifisert assurandør for sikker transport av anlegget.

4. NYTEK-status

4.1. I henhold til NYTEK-forskriften4 § 24 skal et anleggssertifikat utstedes av inspeksjonsorgan akkreditert for å utstede anleggssertifikat, jf. § 7 før anlegget tas i bruk. Dette sertifikatet skal bekrefte at all relevant dokumentasjon i henhold til § 25 foreligger. Anleggssertifikatet skal rapporteres inn i Altinn i henhold til kjent prosedyre. Relevant dokumentasjon som ikke meldes inn i Altinn skal rapporteres inn til Fiskeridirektoratet fortløpende.

5. Driftsplanlegging

5.1. Prosjektet skal senest 3 måneder før det første utsettet av fisk fremlegge et program for å kunne dokumentere resultater i driftsfasen. Programmet skal beskrive hvilke målinger og parametere som vil inngå og hvordan disse data vil lagres og kunne bearbeides videre. Fiskeridirektoratet skal godkjenne programmet og kan påvirke hvilke målinger og parametere som skal inngå.

6. Driftsfasen

6.1. Prosjektet skal dokumentere produksjonssyklusen i Havmerden fra utsett av fisk til slakt. Prosjektet må gjennomføre et tilstrekkelig antall utsett med en lang nok varighet til at målingene som inngår i programmet beskrevet i punkt 5.1 blir utført og gir resultater som er egnet til å gjøre en evaluering av prosjektet, jf. punkt 6.2.

6.2. Prosjektet skal utarbeide og fremlegge for Fiskeridirektoratet en sluttrapport som inneholder resultatene fra programmet beskrevet i punkt 5.1. Sluttrapporten skal med utgangspunkt i resultatene inneholde en evaluering av prosjektet.

APPENDIX C
Forbedringsprosjekter

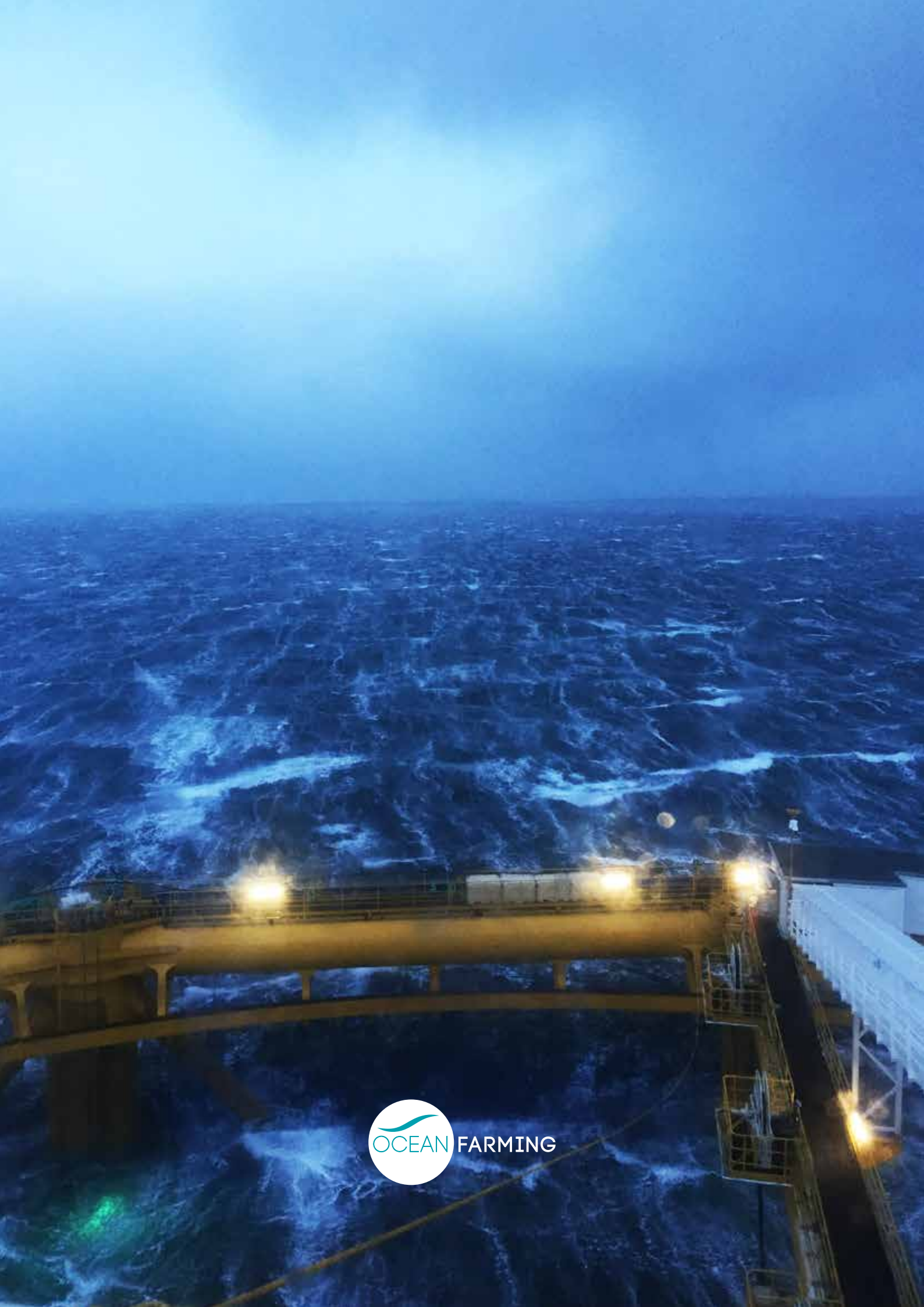
Nr	System	Status (informasjon fra OF)	Status teknisk tilstand (gjennomgang av DNV GL)
1	**Risikobasert inspeksjons-program**	Gjennomført. Første inspeksjon gjennomført iht. RBI-program	NA
2	**Drifts og vedlikeholds system**	Gjennomført	NA
3	**Mottak av fiskefôr**	Gjennomført	DNV GL er involvert i designverifikasjon
4	**Dødfisksystem**	Gjennomført	Systemet inkludert i oppdatert anleggssertifikat. Brukerhåndbøker/ monteringsbeskrivelse og risikovurdering dokumentert og verifisert
5	**Lysstyring av fisk**	På lager. Installeres ultimo og tas i bruk ultimo oktober 2019	Systemet inkludert i oppdatert anleggssertifikat. Brukerhåndbøker/ monteringsbeskrivelse og risikovurdering dokumentert og verifisert
6	**Trenge arrangement for fisk**	Gjennomført	Definert som en del av flytekragen og derfor ikke lagt inn i anleggssertifikatet som ekstrautstyr.
7	**Individkontroll**	Gjennomført	Systemet inkludert i oppdatert anleggssertifikat. Brukerhåndbøker/ monteringsbeskrivelse og risikovurdering dokumentert og verifisert
8	**ROV-system**	Gjennomført	Systemet inkludert i oppdatert anleggssertifikat. Brukerhåndbøker/ monteringsbeskrivelse og risikovurdering dokumentert og verifisert
9	**Ny nettingbarriere**	Gjennomført	Inkludert i oppdatert anleggssertifikat
10	**Adkomst mellom fartøy for personelltransport og OF1**	Detaljprosjektering pågår. Planlegges installert i Q1 2020. Avhengig av værvindu under installasjon.	DNV GL har vært involvert i designverifikasjon
11	**Ballastsystem**	Gjennomført	DNV GL har vært involvert i designverifikasjon
12	**Overvåkning av trafikk rundt OF1**	Gjennomført	NA
13	**Kursprogram NTNU Ålesund**	Gjennomført	NA
14	**Teknologiprogram**	Gjennomført	NA

Om DNV GL

DNV GL er et internasjonalt selskap innen kvalitetssikring og risikohåndtering. Siden 1864 har vårt formål vært å sikre liv, verdier og miljøet. Vi bistår våre kunder med å forbedre deres virksomhet på en sikker og bærekraftig måte.

Vi leverer klassifisering, sertifisering, teknisk risiko- og pålitelighetsanalyse sammen med programvare, datahåndtering og uavhengig ekspertrådgivning til maritim sektor, til olje- og gass-sektoren, og til energibedrifter. Med 80,000 bedriftskunder på tvers av alle industrisektorer er vi også verdensledende innen sertifisering av ledelsessystemer.

Med høyt utdannede ansatte i 100 land, jobber vi sammen med våre kunder om å gjøre verden sikrere, smartere og grønnere.


OCEAN FARMING