

## MÅLKRITEIE 8 DRIFT

# HALVÅRSRAPPORT (2. halvår 2019):

## SYKLUS-RAPPORT FOR BIOLOGISK OG TEKNISK DOKUMENTASJON I DRIFTSFASEN

*Sammenfattende rapport basert på teknisk rapport med vedlegg utarbeidet av Helene Håheim (FORCE Technology Norway AS) og biologisk rapport med vedlegg utarbeidet av Arve Nilsen (Veterinærinstituttet) - Se vedlegg 1-3.*



*Utviklingsprosjekt - Lukket anlegget for utviklingstillatelse ved lokaliteten Hamnsundet i Vevelstad kommune.*

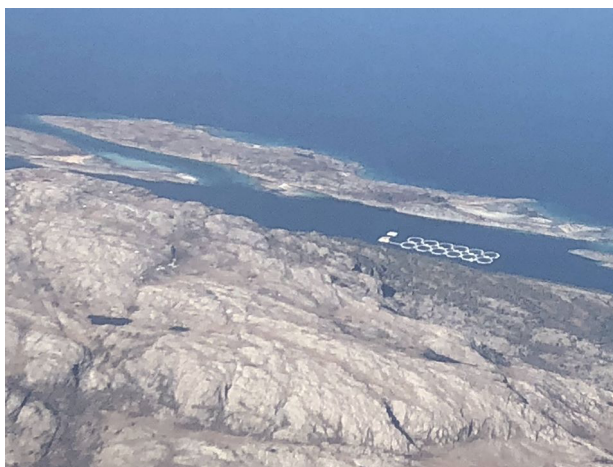
# INNHALDSFORTEGNELSE

<b>SAMMENDRAG.....</b>	<b>3</b>
<b>1 INNLEDNING.....</b>	<b>7</b>
1.1 STATUS LAKSEOPPDRETT NORGE .....	7
1.2 LAKSELUS OG VIDERE VEKST.....	7
1.3 BEHOV FOR NY TEKNOLOGI OG NYE PRODUKSJONSMETODER .....	7
<b>2 OPPBYGGING AV UTVIKLINGSPROSJEKTET, METODER FOR TEKNISK OG BIOLOGISK DOKUMENTASJON .....</b>	<b>9</b>
2.1 AKVAFUTURE AS SITT UTVIKLINGSKONSEPT .....	9
2.2 KOMPONENTER OG DESIGN UTVIKLINGSKONSEPT .....	11
2.3 OPPBYGGING AV SYKLUSER .....	16
2.4 TEKNISK DOKUMENTASJON – «HAMNSUNDET» .....	18
2.5 BIOLOGISK DOKUMENTASJON – «KOMPAKT» .....	19
<b>3 RESULTATER .....</b>	<b>22</b>
3.1. TEKNISKE RESULTATER - MÅLESERIE OG SENSORIKK .....	22
3.2. TEKNISKE RESULTATER - VALIDERING AV ANALYSEMODELL.....	26
3.3. BIOLOGISKE RESULTATER .....	28
<b>4 DISKUSJON OG KONKLUSJON .....</b>	<b>41</b>
4.1 VURDERINGER AV DE TEKNISKE RESULTATENE .....	41
4.2 VURDERINGER AV DET BIOLOGISKE RESULTATENE .....	43
4.3 AVSLUTTENDE KONKLUSJON OG KOMMENTAR .....	44
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>45</b>

## SAMMENDRAG

### Bygging og design av det lukkede anlegget

Anlegget var ferdig bygget med 12 enheter i november 2018 etter en trinnvis oppbygging med byggestart i mai 2018. På bildene til høyre vises de 12 enhetene med driftsbygg for styring/kontroll mellom hvert av merd-parene og 3 stk filter-hus på høyre side av anlegget. På bildene vises også en egenutviklet driftsbase med bygning for personell, drift, veterinærrom, teknisk rom og lager i forkant på basen og i bakkant på basen er det en større bygning for slambehandling og eventuell on-site oksygenproduksjon samt lager. Det er gangbane mellom driftsbase og anlegget. Nederste bildet viser en midlertidig base for mellomlagring av fôr - denne har blitt erstattet av en ny base med automatisk automat-fylling vist i øverste bilde. Til venstre i nederste bilde er landbase med oksygenanlegg og bryggeanlegg. Det kan enkelt tillages gangbane fra land til driftsbase/ny fôrbase. I tilknytning til de 3 filter-husene kan en til venstre også se svarte egenutviklede enheter for håndtering av både dødfisk og slam. Slam filtreres og transporteres videre til driftsbase for prosessering og tørking i nyutviklet avsaltings- og slamtørkeanlegg. Dødfisk håndteres i dag manuelt, men dette vil bli forsøkt fullautomatisert innen nær fremtid.



### Teknisk dokumentasjon

En forbedret analysemodell av det kompakte lukkede merd-konsept i sjø er kalibrert mot en omfattende serie av målte verdier i Hamnsundet gjennom en 12 måneders-periode (november 2018 - desember 2019). Det er samsvar mellom målinger og beregninger, og resultater fra utviklingsprosjektet viser at den samlede merdkonstruksjonen er mer robust enn det de tidligere analysemodellene har vist.

Hensikten med analysemodellen har vært å beregne konstruksjonsstyrken med større sikkerhet, og være et verktøy for dimensjonering, plassering og optimalisering av våre fremtidige kompakte lukkede merd-anlegg.

Sammenligning av resultater fra beregninger og målinger viser godt samsvar. Strekk i vaiere og bevegelse av betongelementer var noe høyere i tidligere/opprinnelig beregningsmodell, og resultatene var da konservative, men akseptable. Sammenlignet med opprinnelig/tidligere

analysemodell gir den nye og kalibrerte modellen en riktigere representasjon av anlegget, den reduserer tid for modellering og simulering av nye anlegg og gir rom for langt mer presis designoptimalisering.

Maks signifikant bølgehøyde registrert i løpet av måleperioden var  $H_s = 0.7$  m, og maks bølgehøyde var  $H = 1.25$  m. Merdkonstruksjonen ble opprinnelig beregnet og sertifisert for  $H_s = 1.2$  m. Målinger og ny analysemodell viser nå at strukturene kan tåle høyere bølgelaster enn dette. FORCE Technology anser at det er gode muligheter for at konseptet, mekanisk sett, kan tåle sjøtilstander opp mot  $H_s = 1.8$  m. Maks sjøtilstand er ikke dokumentert i dette arbeidet, men det er klargjort ved fremtidige behov, dersom myndighetene gir tillatelser for videre kommersiell bruk av teknologi som denne.

Resultatene viser at optimalisering av dimensjoner kan vurderes, men besparelse ved å redusere størrelse på vaiere og fortøyningsliner antas å være relativt liten. Det er potensiale for, og mulig større gevinst av, design-optimalisering og kostnadseffektivisering gjennom oppskalering til flere anlegg og ved å ta i bruk nye arealer på mere utsatte lokaliteter. Det ble registrert to stormer i løpet av måleperioden; 23.mars og 22.oktober 2019. Maks signifikant bølgehøyde som er registrert er  $H_{s\_max} = 0.75$  m. Høyeste strømmåling på 5 meters dyp var registrert til  $v_{max\_5m} = 0.45$  m/s

Måleperioden har vist at ved økt belastning er det ikke først og fremst styrken på enkeltkomponenter som er en begrensning, men utfordringene er knyttet til bevegelse av betongelementer, sloshing og overtopping. Disse fenomenene bør vurderes nærmere hvis anlegget skal utsettes for vesentlig høyere sjøtilstander.

#### Teknisk konklusjon:

Resultatene fra Hamnsundet bekrefter at designet fungerer, at konseptet er mer robust enn tidligere modellert, at det er mulig med en mer vind og bølgeeksponert lokalisering og åpner på den måten opp for et langt større geografisk bruksområde for denne teknologien.

## **Biologisk dokumentasjon**

Formålet med den biologiske kartlegginga har vært er todelt: (1) å samle produksjonsdata på merdnivå for å beregne og sammenligne tilvekst, førfaktor og dødelighet mellom merder og utsett og sammenligne disse resultatene med tidligere data fra prosjektet til AkvaFuture og (2) Inkludere Hamnsundet i de fire hovedaktivitetene i det NFR-finansierte forskningsprosjektet KOMPAKT (NFR nr. 269013, 2017-2020).

Syklusen omfatter følgende grupper av fisk på lokalitet 38059 Hamnsundet:

1. Utsett av storsmolt og produksjon av slaktefisk i de 7 første merdene (merd 6 til 12) i perioden fra det første utsettet i juni 2018 og fram til slakting i perioden mai til september 2019. Denne fisken ble flyttet inn fra lokalitet 38037 Andalsvågen og de grunnleggende produksjonsdataene fra den første post-smoltperioden der er også inkludert i denne rapporten.
2. Utsett av smolt på Hamnsundet juli – september 2019, merd 1, 2 og 4.

### 3. Produksjon av stor post-smolt på Hamnsundet, fase 1 fra 1.7.19 til 27.11.19, fase 2 fra 28.11.19 til 31.12.19

Dokumentasjonsarbeidet med kartlegging av strømsetting viser at det er mulig å få stabilt høy vannhastighet i hele posevolumet og dette inngår som en del av overvåkinga av anleggenes tekniske ytelse. Samtidig har vi oppdaget nye utfordringer med standardisering av strømsettinga fra merd til merd. Samarbeidet med NORCE (IRIS) og Høgskulen på Vestlandet er videreført med mer presise modeller for sammenheng mellom ulike vannkvalitetsparametere. I KOMPAKT har vi tidligere gjennomført tre omfattende prøveuker og modellert resultatene, slik vannkvalitetsovervåking ble også gjennomført på Hamnsundet i perioden.

Kartlegging av mikrobiell diversitet på lokalitet før utsett av fisk og etter det i miljø, innløp, merder og fisk ble gjennomført over ett år, fra desember 2017 til desember 2018 (VI, NMBU). Aktiviteten omfattet Hamnsundet og nabolokaliteten Andalsvågen (viktig å ha to replikater). Dette arbeidet er videreført i 2019, der vi nå har startet med analyser, rapportering og arbeid fram mot en publikasjon. Dette samkjøres med dyrking og kartlegging av bakteriefunn hos fisk og i vann (NMBU). Til nå er det valgt ut 4-500 bakterieisolater, 16S rDNA-analyse er gjennomført på 104 bakterier fra fisk og 46 bakterier fra vannprøver. Isolater fryses ned for lagring, senere analyse og eventuelt vaksineutvikling.

Data for post-smolt perioden fram til 1000 g er slått sammen med data fra lukkede merder i perioden 2014-2016 og ble publisert som del av en doktorgrad om produksjon av laks i lukkede merder som ble forsvart ved NMBU 27.september 2019. Arbeidet med helseutfordringer, biosikkerhet, fiskehelse og velferd har fortsatt på Hamnsundet i 2019. Produksjonsgruppe 2 og 3 har vært fulgt opp gjennom skattefunnprosjektet CCSecurity.

Ny teknologi for oppsamling, filtrering og tørking av slam ble satt i gang på Hamnsundet og nabolokalitet Andalsvågen i løpet av mai 2019 og var i stabil drift fra november. Alt oppsamlet slam som hentes opp leveres nå til produksjon av biogass og gjødsel (Ecopro AS). Med en stabil leveranse av slam har vi nå begynt arbeidet med kartlegging av slam-mengde og kvalitet for å komme fram til endelige modeller for massebalanse i anleggene og miljøeffekten av slamoppsamlinga. Dette skal også sees i sammenheng med andre prosjekter vi har sammen med Universitetet i Gøteborg på bruk av blåskjell og sukkertare for utnyttelse av løst eller finpartikulært nitrogenholdig næringsstoff i avløpsvannet.

#### Biologisk konklusjon:

Vi har samlet gode og relevante biologiske data gjennom de gjennomførte produksjonssyklusene på Hamnsundet og skaffet oss ny og viktig kunnskap om sammenheng mellom teknologi, drift og biologisk resultat. Dette har gitt muligheter for endringer i drift, grenseverdier og tekniske komponenter/automasjon. Samlet sett er syklusene med dette arbeidet godt dokumentert fra utsett til full belastning. All kunnskap deles gjennom vitenskapelige publikasjoner, populærvitenskapelige publikasjoner, innlegg på konferanser og samlinger samt gjennom bachelor-, master- og PhD-studier knyttet til selskapet og teknologien.

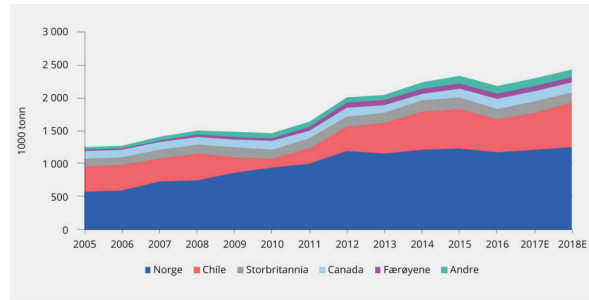


**Figur:** Bilder som viser vannprøvetaking til mikrobiologisk undersøkelse, anleggsteknologi, styrings-tavle for vannmengde og merdmiljø og skap for styring av oksygenanlegg. Alle foto: Veterinærinstituttet

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Status lakseoppdrett Norge

Lakseoppdrettsnæringen har i løpet av de siste 40 år gjennomgått en sterk utvikling. Med en vekst i produksjon fra beskjedne 531 tonn i 1971 til ca. 1,2 million tonn i 2014, og deretter tilnærmet ingen vekst, har akvakulturnæringen etablert seg som en av våre viktigste kystnæringer og en viktig leverandør på det globale matmarkedet. Underveis er en lang rekke utfordringer knyttet til teknologi, drift, sykdom, avl, fôr, marked osv. løst. Det er lagt et grunnlag for at akvakulturnæringen kan bli en av Norges aller viktigste eksportnæringer når oljeepoken er over, og myndighetene har hatt forventning om en mangedobling i produksjonen de kommende år.



## 1.2 Lakselus og videre vekst

I 2020 ser imidlertid produksjonsveksten ut til å stagnere, eller i verste fall bli redusert. Oppdrett av laks har i løpet av få tiår utviklet seg fra småskalaproduksjon til storindustri. Fisk er viktig som matvare over hele verden, og Norge står for mer enn 36 % av den globale lakseproduksjonen. For å kunne opprettholde og øke denne produksjonen er det viktig at næringen forblir bærekraftig. Regjeringen og Fiskeridepartementet har vært tydelige på dette i sin fiskeripolitikk. Dette ble blant annet stadfestet med kriteriene som ble satt for trafikklyssystemet som i dag regulerer veksten annethvert år basert på lakselusas påvirkning på villaksen. Lakselus er blitt et stort og voksende problem for videre vekst og virker mot forventningene om videre miljømessig bærekraftig vekst. Dette svekker havbruksnæringens omdømme og må løses. Det er viktig at næringen bygger opp igjen mulighetene for vekst, og da må sannsynligvis fokuset endres fra bekjempelse av lakselus til å finne løsninger som hindrer lusa i å feste seg på laksen og formere seg.



## 1.3 Behov for ny teknologi og nye produksjonsmetoder

For å møte utfordringene, og samtidig øke produksjonsveksten i næringa, er det derfor behov for ny teknologi. Akvakulturnæringen har vokst så raskt at tradisjonelle FoU-miljø i liten grad har vært i forkant og pekt ut retninger for næringen. Det meste av den teknologiske innovasjonen har funnet sted i de enkelte bedriftene i verdikjeden. Akvafuture AS (navn endret fra Akvadesign AS) er en av disse bedriftene. Vi har jobbet med lukket merdteknologi i stor skala i mange år og har vært først på konseptutvikling av lukket merdteknologi i stor skala. Akvafuture AS har skaffet seg bred kompetanse gjennom uttesting av teknologien på flere testlokaliteter gjennom FoU-tillatelser. Vi har, sammen med våre anerkjente FoU partnere, fått frem svært gode dokumenterte resultater og fått ny lukket

merdteknologi raskt frem til kommersiell skala for videre testing og dokumentasjon av ulike driftsopplegg, modeller og produksjonssykluser.

For å kunne øke den globale matproduksjonen, fortsette næringens vekst og skape en miljømessig bærekraftig havbruksnæring, er det avgjørende å fremskaffe ny kunnskap og ny teknologi som kan bidra til å redusere næringas viktigste utfordringer – nemlig lakselus, rømming, fiskevelferd og utslipp.

Akvafuture AS ble tildelt 2 utviklingstillatelser. Disse er knyttet til en ny lokalitet på utsiden av fjordsystemene på Helgeland. Det er nå gjennomført en fullstendig produksjonssyklus med den nye lukkede kompakte merd-teknologien, gjennom etableringen av et anlegg med 12 merder på denne nye lokaliteten - Hamnsundet. Resultatene er godt dokumentert og både tekniske og biologiske hovedmål slik de fremgår dokumentasjonen knyttet til målkriterie 7.1 er nådd gjennom denne syklusen. Dette vil bli ytterligere beskrevet i sluttrapport (Målkriterie 9). I denne syklus-rapporten er de biologiske og tekniske hovedmålene, resultatene og konklusjonene beskrevet.



## 2 Oppbygging av utviklingsprosjektet, metoder for teknisk og biologisk dokumentasjon

### 2.1 Akvafuture AS sitt utviklingskonsept

Akvafuture AS har drevet innledende uttesting av mindre lukkede pilotmerder. I denne fasen var det viktig å teste ytterpunkter, både teknisk og biologisk. Med ytterpunkter menes blant annet å finne ut om en slik merd i flyter, er stabil og om det ut fra de tekniske begrensningene og mulighetene lar seg gjøre å skape et såpass stabil og godt miljø at laksen kan trives og vokse i en slik lukket merd. Gjennom uttesting av flere typer mindre merder og en større pilot-variant, klarte vi å lage en slik merd. Den hadde imidlertid klare svakheter i konstruksjonen/designet. Spesielt tregheten i en lukket pose hvor konstant flow av utløpsvann skal kontrolleres og reguleres/sikres mot vannstrøm, bølger, is og at det samtidig må sikres elektrisk strøm og oksygen til merdene, med pålitelige back-up systemer. Med pilotmerdene hadde vi flere gode forsknings-prosjekter med gode resultater på produksjon av postsmolt/megasmolt, men vi hadde utfordringer med å skape stabilitet med de første tekniske løsningene og designet.

I 2016 ble derfor et helt nytt design laget. Dette konseptet baseres på flytering av betongelementer fremfor plastelementer. Den lukkede posen ble også adskilt fra den nye betongringen og monteret i et eget flotasjonssystem inne i betongringen, fremfor en lukket pose som var direkte monteret i ringen av plastelementer. Innløpssystemene og avløpssystemene ble endret. Flere løsninger ble automatisert med motorisering, regulering og digitalisering. I tillegg ble oksygen, strøm og reguleringssystemene videreutviklet og forbedret. Disse funksjonene ble også samlet i et eget 3.delt bygg for å trykke og skjerme hver av disse prosessene. Med de nye betongelementene, ble det også mulig å koble flere merd-enheter sammen for å danne et kompakt lukket anlegg i en sammenhengende stor konstruksjon. Dette ga helt nye muligheter for det operasjonelle, hms og prosess-styringen for øvrig med dødfisk-behandling, fôringssystemer, slambehandling etc. Det nye konseptet med alle disse endringene dannet også grunnlaget for søknaden om utviklingstillatelse. Bygging av det nye konseptet ble påbegynt gjennom nylig tildelte FoU tillatelse i påvente av saksbehandlingstiden for utviklingstillatelsene, og i tråd med kriteriene for tildeling av tillatelse. Erfaringene etter forskningsfasen med første versjon av dette nye konseptet gjennom FoU-tillatelsene, ga nyttig kunnskap om både de tekniske løsningene og den biologiske produksjonen. Til oppstarten av utviklingsprosjektet med 2 utviklingstillatelse på Hamnsundet, ble ut fra erfaringene i den første forskningsfasen gjort nye og mindre synlige, men viktige designendringer. Dette var endringer på innløpssystemer, avløpssystemer, innmontering og fortøyningspunkter i betongelementene, oppdriftssystemet for den lukkede posen, oppsamlingen av slam og dødfisk, fôringssystemet og fortøyningspunkt. I tillegg ble det spesialdesignet egne sjøflåter med plass/rom for slambehandlingsutstyr, overvåkning/ overnattingsløsninger, potensiell løsning for egenproduksjon av oksygen (ved bruk på lokaliteter uten vei-mulighet og bruk av LOX.

Den tekniske delen av utviklingsprosjektet er gjennomført med omfattende instrumentering av anlegget for målinger over lang tid (12 måneder). Dette har gitt svært viktige resultater og verifiserer at dette lukkede konseptet i praksis takler de kreftene dette i utgangspunktet teoretisk var designet for. Biologisk dokumentasjon viser med tydelighet at teknologien fungerer og at den nå er stabil nok til produksjon av matfisk, ikke bare stor smolt/megasmolt. Forsøkene og syklusen har imidlertid også vist at det er stor forskjell på produksjon av stor smolt/megasmolt med relativt beskjeden belastning i slike lukkede e systemer, i forhold til en lang matfisksyklus med stor belastning og krav til stabilitet og kapasitet til teknologien. Dette har imidlertid syklusen vist at fungerer svært bra. Dette betyr imidlertid ikke at det ikke er mer behov for kunnskap. Ny teknologi kan gi nye muligheter, også muligheter vi ikke ser i dag. Vi anser med måleserien og rapporteringen at det rent tekniske er

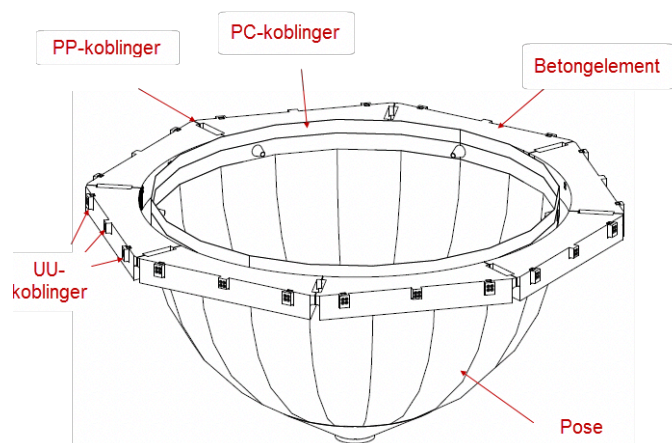
dokumentert og ferdigstilt i forhold til styrker, laster etc ihht avtalen med Force Technology Norway AS. Sykluser med matfiskproduksjon og optimalisering av det tekniske fortsetter.

Akvafuture AS sitt utviklingskonsept er basert på en produksjonsenhet (merd) med lukket pose, fremfor åpen not og består av et anlegg med 12 slike enheter, eller merder i en kompakt sammenhengende konstruksjon. Utviklingskonseptet er en videreutvikling av vårt lukkede merdkonsept som er benyttet på våre FoU-tillatelser tilknyttet lokalitetene Sæterosen og Andalsvågen, men er dimensjonert opp i større skala ved flere produksjonsenheter. Anlegget som er utviklet på Hamnsundet er det første kompakte lukkede anlegget av en slik størrelse i en sammenhengende konstruksjon i verden, så vidt oss bekjent. Anlegget er designet og planlagt for produksjon av slaktefisk, og det er utviklet et nytt fôringssystem for dette med fôringssentral, utfôringsystemer og det er det første anlegget som er utstyrt med så omfattende måleutstyr for teknisk dokumentasjon, vurdering og evaluering.

Den lukkede posen holdes oppe av en flytering i plastmateriale som igjen er omsluttet av og sammenkoblet med en betongring. Til betongringen er det igjen montert not for dobbel sikring mot rømming.

Selve betongringen består av åtte betongelementer og har en innside som utgjør en sirkel for pose og flytering, og en utside som utgjør en åttekant, se Figur 2-1. Sammenkobling mellom komponentene er som følger:

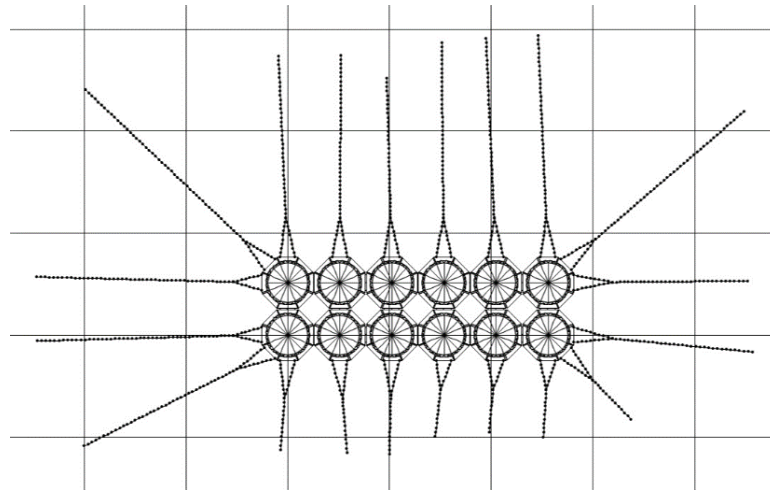
- PC-koblinger: Posen og betongringen sammenkobles ved hjelp av 64 tau med mooring kompensatorer (pontoon-cage)
- PP-kobling: Betongelementene holdes sammen av åtte gjennomgående vaiere (pontoon-pontoon)
- For å holde posen oppe vertikalt pga. høyere vannstand inni posen, samt holde hoppenettet oppe, festes en dobbel PE-ring («hamsterhul») rundt øvre del av posen. Ringen festes stramt til posen med rundslings.
- Hvert betongelement har fire tilkoblingspunkter hvor koblingene mellom pose og betongelement (PC-koblingene) festes fra betongelement til hamsterhullet.
- UU-koblinger: Merdene kobles sammen ved hjelp av 12 vaiere gjennom hvert av betongelementene som møter hverandre «rygg mot rygg» (Unit-Unit).



Figur 2-1: Lukket merd

I et slikt anlegg sammenstilles flere produksjonsenheter til kompakte anlegg med 2x6 enheter, som vist i Figur 2-2. Fortøyningslinjer festes til betongelementene og bunnfester, tilpasset og designet for hver enkelt lokalitet.

Anlegget i Hamnsundet har 20 fortøyningslinjer. Tidligere analyser (ref. Vedlegg 2) har vist at krefter i koblinger internt er lavere for anlegg med færre produksjonsenheter, slik at et anlegg med for eksempel 6 enheter vil belastningen være samme eller lavere enn et anlegg med 12 enheter. Det bør kjøres sensitivitetsanalyser på 6, 8 og 10 enheter med det nye analyseoppsettet for å bekrefte dette.



**Figur 2-2:** Kompakt lukket anlegg med 2x6 produksjonsheter i sammenhengende konstruksjon.

## 4 Diskusjon og konklusjon

Basert på de resultatene som er oppnådd og presentert i denne rapporten, mener vi disse er så tydelige og gode allerede, at både de tekniske hovedmålene betraktes som nådd. Vi fortsetter med ytterligere biologisk dokumentasjon gjennom en syklus for optimalisering av produksjon av matfisk.

### 4.3 Avsluttende konklusjon og kommentar

Oppdrett av laks har blitt en stor næring i Norge som gir både arbeidsplasser og inntekter til landet. I takt med veksten av næringen har også miljøkonsekvensene økt, og manglende kontroll med lakselus hindrer nå videre vekst. I tillegg til lakselus blir søkelyset rettet mot utslipp av næringsstoffer, rømming og spredning av andre sykdommer. Til tross for at næringen gjør det svært godt økonomisk, sliter den for tiden med omdømmet. Den dominerende teknologien for matfiskoppdrett i sjø har hele tiden vært åpne merder, og denne løsningen har lenge sikret god fiskevelferd og fiskehelse. Det er imidlertid klart at næringen nå har blitt for stor til at den utelukkende kan basere seg på drift i åpne merder, og nye teknologier vil tvinge seg fram.

Hovedmålsettingen med vårt utviklingskonsept og prosjekt er å videreutvikle og dokumentere et nytt lukket kompakt merdkonsept som kan løse flere av disse utfordringene.

Teknisk er nå det kompakte lukkede merdkonseptet veldokumentert gjennom en forbedret analysemodell av kalibrert mot målte verdier i Hamnsundet. Det er samsvar mellom målinger og beregninger, og resultater fra prosjektet viser at konseptet er mere robust enn tidligere modellert og dokumentert. Ett års måleserie og ny analyse basert på denne måleserien viser at den nye kalibrerte modellen er klar for bruk til nye analyser for beregning av eventuelle nye tåleevner og nytt produktsertifiseringsbevis dersom myndighetene legger til rette for nye tillatelser, slik at teknologien kan tas i kommersiell bruk på nye lokaliteter, og at det søkes lokaliteter med laster større enn dagens produktsertifiseringsbevis for konseptet. Resultatene tyder på at det bør tas inn rutiner for etterstramning av både vaiere som holder betongelementene og fortøyningslinjer.

Forskningsprogrammet KOMPAKT har vært grunnlaget for dokumentasjonen i utviklingsprosjektet knyttet til utviklingstillatelsene. Vi har en detaljert dokumentasjon av biologisk resultat ved drift av ulike sykluser. Dette har vi også evaluert på bakgrunn av erfaring fra drift av det lukkede merdkonseptet gjennom tidligere prosjekter.

De resultatene vi har oppnådd og de erfaringene som er gjort etter de gjennomførte produksjons-sykluser og de tekniske og biologiske måleseriene og analysene som er presentert i denne rapporten, er etter vår mening omfattende, anvendelige og gode. Vi mener de tekniske hovedmålene og kriteriene er nådd og at dette utviklingskonseptet allerede kan benyttes for å løse de utfordringene som ble beskrevet som bakgrunn for prosjektet. Det kreves imidlertid ytterligere og betydelig forskningsaktivitet innen flere fagområder for å skaffe detaljert kunnskap til optimalisering av driften og mulighetene med dette konseptet. Hovedarbeidet vil her gjennomføres gjennom våre forskningstillatelser fremover.

På bakgrunn av behovet for noe mer biologisk dokumentasjon av rene sykluser med eventuell teknisk optimalisering for matfisk-produksjon i utviklingsprosjektet, fortsetter vi derfor nå dette arbeidet med halvårsrapporter frem til sluttrapport for utviklingsprosjektet og utviklingstillatelsene.

**Ytterligere informasjon fra det dokumenterte arbeidet vil publiseres i forbindelse med sluttrapport for utviklingsprosjektet.**