



Rapport fra funksjonstesting av Atlantis før utsett på Otervika



Rapport <i>Funksjonstesting av anlegg/merd</i>				
Dato	Revisjon	Beskrivelse	Utført av	Kontrollert av
23.08.2021	0	I henhold til målkriterium 4.1	Trude Olafsen Henning Holm Jan Inge Tjølsen	Jørgen Walaunet Dag Ove Antonsen



Innhold

1	Innledning	3
1.1	Beskrivelse av Atlantis som system	4
1.2	Tekniske endringer etter utsett på Skrubbholmen.....	5
1.2.1	Luftkuppel	5
1.2.2	Kablingssystem med ventilbøye.....	7
1.2.3	Regulerbar fortøyningsbøye	9
1.2.4	Dødfisk flåte	10
2	Resultater fra funksjonstesting.....	11
2.1	Heve/senke funksjonen for merd med tilhørende styringssystem	11
2.1.1	Gjennomføring	11
2.1.2	Resultater	11
2.2	Luftkuppel og fyllingsgrad.....	16
2.2.1	Gjennomføring	16
2.2.2	Resultater	17
2.3	Regulerbar fortøyningsbøye	20
2.3.1	Gjennomføring.....	20
2.3.2	Resultater	20
2.4	Fôringssystem	20
2.4.1	Gjennomføring	20
2.4.2	Resultater	20
2.5	Dødfisksystem	20
2.5.1	Gjennomføring	20
2.5.2	Resultater	20
3	Diverse utstyr	21
3.1	Måling av krefter i anlegget ved bruk av lastsjakler	22
4	Uforutsette hendelser.....	23
4.1	Brudd i innfestingsøre på regulerbar fortøyningsbøye.....	23
5	Forslag til endringer og forbedringer	25



1 Innledning

I henhold til målkriterier for Atlantis Subsea Farming skal anlegget funksjonstestes før det settes fisk i anlegget:

Målkriterium 4.1 Funksjonstesting av merd: Før anlegg/en merd tas i bruk med fisk skal funksjonstesting av anlegg/merd uten fisk gjennomføres i henhold til forhåndsdefinert testplan.

En testperiode avsluttes med en rapport som inkluderer resultater, forslag til endringer og forbedringer. Rapporten leveres til Fiskeridirektoratet.

Erfaringene fra Skrubbholmen kombinert med at Otervika som lokalitet er en mer eksponert lokalitet gjorde at det ble nødvendig med en del designendringer før nytt utsett. Antall merder ble økt fra en til fire, noe som også bidro til økt kompleksitet.

Etter utsettet på Skrubbholmen ble det gjort designendringer knyttet til:

- Luftkuppel
- Kablingsystem
- Regulerbar fortøyningsbøye

Dette er nærmere beskrevet i en egen rapport om erfaringene fra utsett nr 2 som grunnlag for designendringer (målkriterium 2.2).

Planen for funksjonstesting av anlegget omhandlet følgende hovedelementer:

- Luftkuppel og fyllingsgrad
- Heve/senke funksjonen for merd med tilhørende styringssystem
- Fortøyningsbøye
- Vannføring
- Dødfisksystem
- Diverse utstyr

Funksjonstesting ble gjennomført i perioden januar 2021 til april 2021.

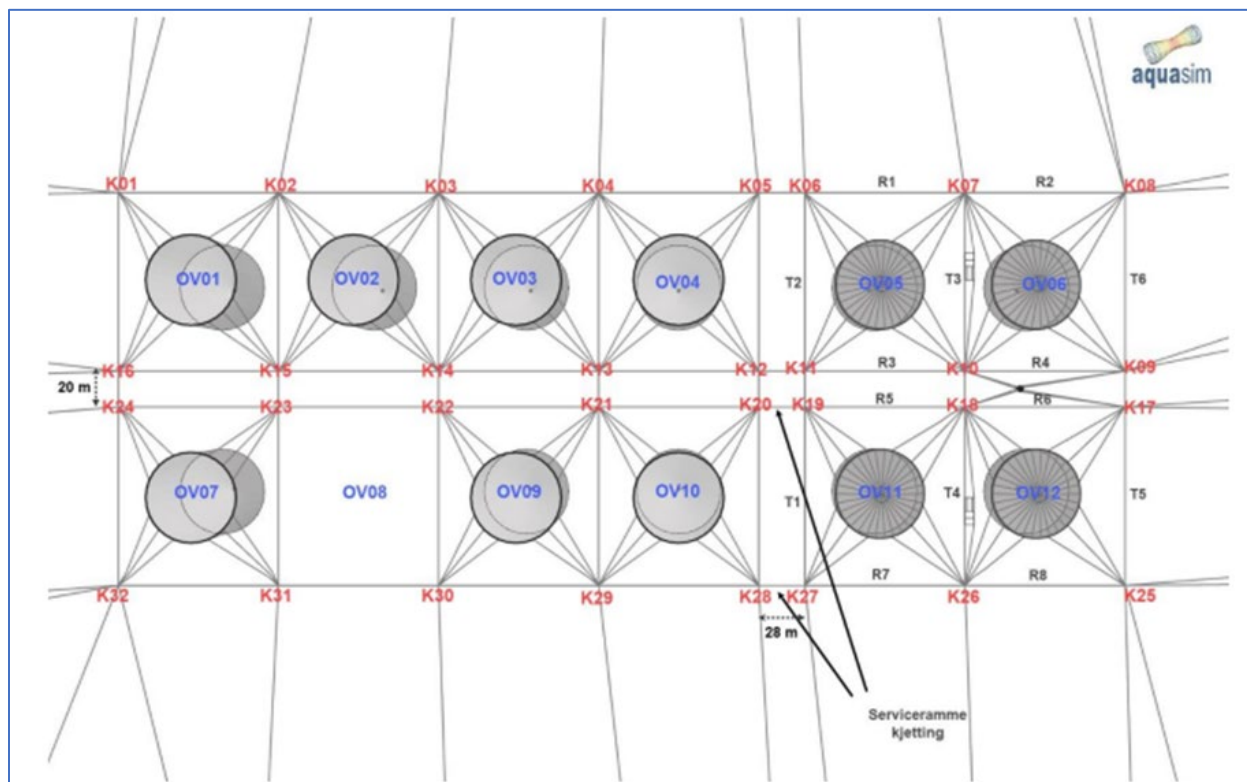
Selve utsettet ble forsinket på grunn av manglende lokalitetsavklaring fra regionale myndigheter, perioder med dårlig vær og enkelte tekniske utfordringer. Vi undervurderte også tiden det tar å komme seg ut til en lokalitet med en slik beliggenhet som Otervika og ikke minst hvilke tidsvinduer for gjennomføring av ulike operasjoner man får på en lokalitet som er såpass vær- og bølgeutsatt fra flere retninger.

Denne rapporten omfatter funksjonstesting av de viktigste elementene i Atlantis som prosjekt, og i tillegg ble det selvsagt gjennomført kontroll av merd, not og annet i henhold til krav i forbindelse med sertifisering i henhold til NS 9415. Vi hadde også et par uforutsette hendelser under testperioden som blir omtalt i rapporten.



1.1 Beskrivelse av Atlantis som system

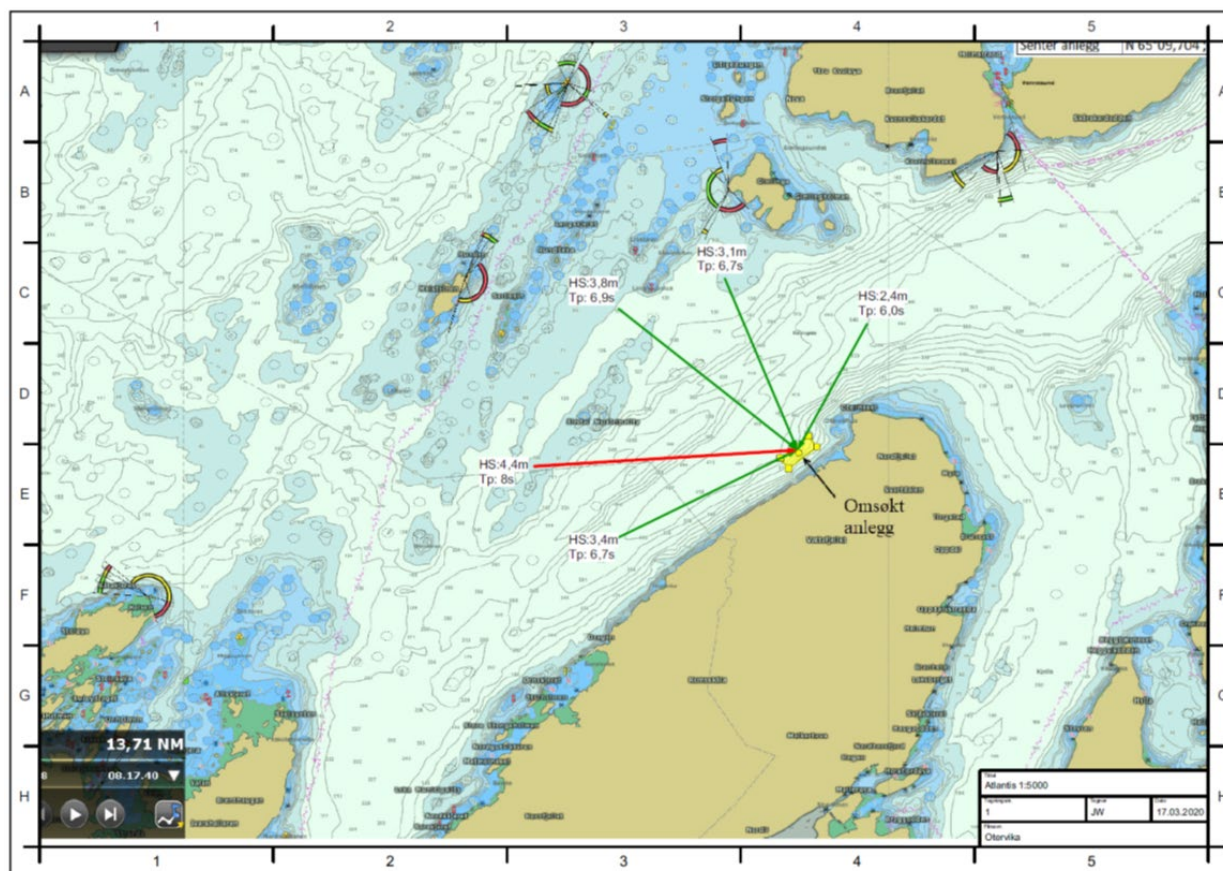
Atlantis består av en nedsenkbar merd med tilhørende utstyr; bøyer, fortøyning, luftkuppel med føringsenhet, not og nottak, flyter, dødfiskopsamler og kablingssystemer. Inne i merden ble det montert kamera, lys og sensorikk. Fôrflåten har et conveyorsystem for fordeling av fôr (Flexible Feeding), og det føres med vann – både i Atlantis og i de andre merdene i anlegget. Det ble montert 4 Atlantis merder og satt ut fisk i to av dem. Det er ellers klargjort for 8 overflatemerder i anlegget (se figur).



Figur 1 Oppsettet på lokaliteten

Otervika (Figur 2) som lokalitet kan karakteriseres på følgende måte:

- Lokaliteten er preget av fjordsystemet i Bindal/Tosen. Lokaliteten kan bli preget av ferskvann i overflaten i perioder, noe som kan presse luselarver ned.
- Lokaliteten er eksponert fra sørvest, vest og nord
- Retning merket med rødt har en bølgehøyde (H_s) på 4,4 m
- Strømmessig i dypet er bildet ganske likt som på Skrubbholmen, men det er sterkere strøm i overflaten
- Man må være oppmerksom på eventuelle returbølger fra land
- Det vil være mye bevegelse i kabler, slanger og anlegget som helhet
- Operasjonsvindu vil være vesentlig kortere enn på Skrubbholmen

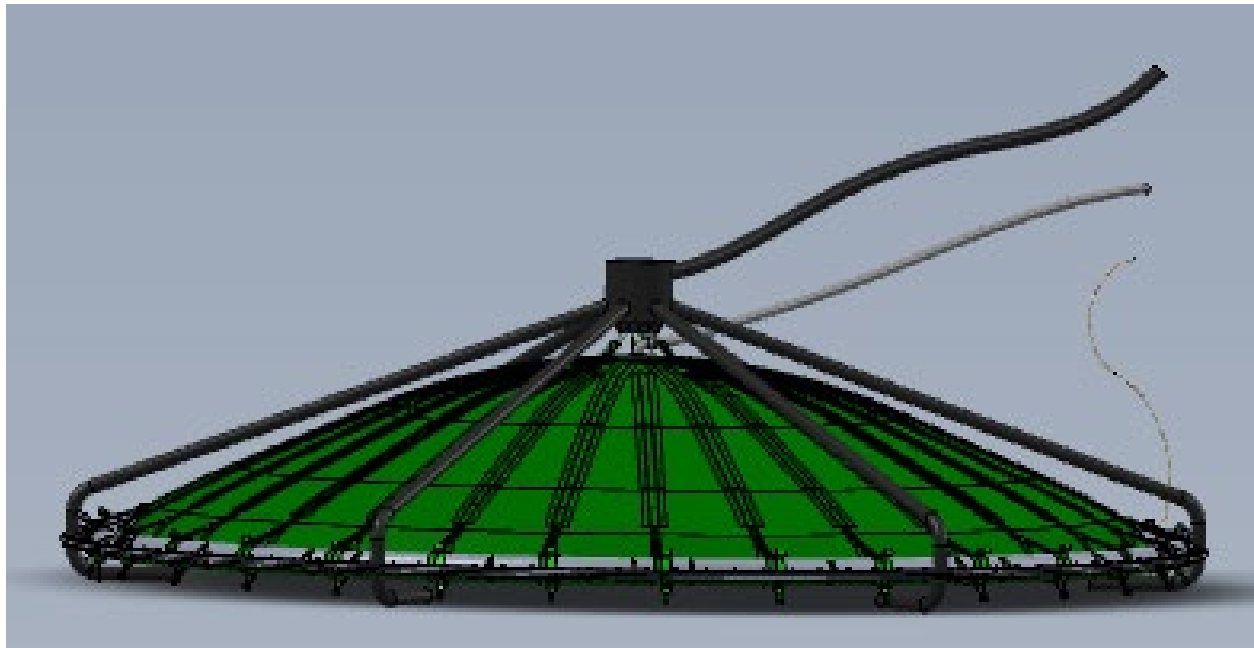


Figur 2 Otervika som lokalitet

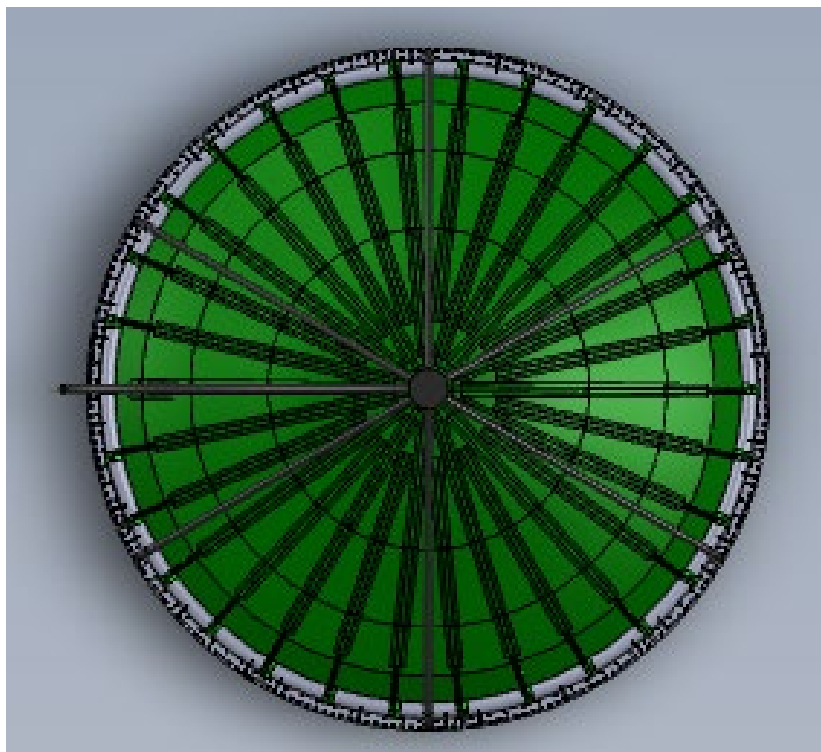
1.2 Tekniske endringer etter utsett på Skrubholmen

1.2.1 Luftkuppel

Designendringene på luftkuppelen var å øke diameter på selve kuppelen til ca 8 meter, samt bygge kuppelen i dukplast slik at den veier mindre og blir lettere å håndtere. Den stive strukturen består av en HDPE ring i ytterkant og selve kuppelen er laget i form av en duk i plast. Det er gjort modelleringer og beregninger for å komme fram til en kuppel som gir stor nok luftlomme samtidig som kan bevege seg innenfor rammen av PE-ringen, men som ikke gir for stor oppdrift slik at den trekker merden til overflaten. Figur 3 og Figur 4 viser en 3 D modell av kuppelen slik den er tenkt utformet med utføringsenhet på toppen.



Figur 3 Prinsippskisse av ny kuppel sett fra siden

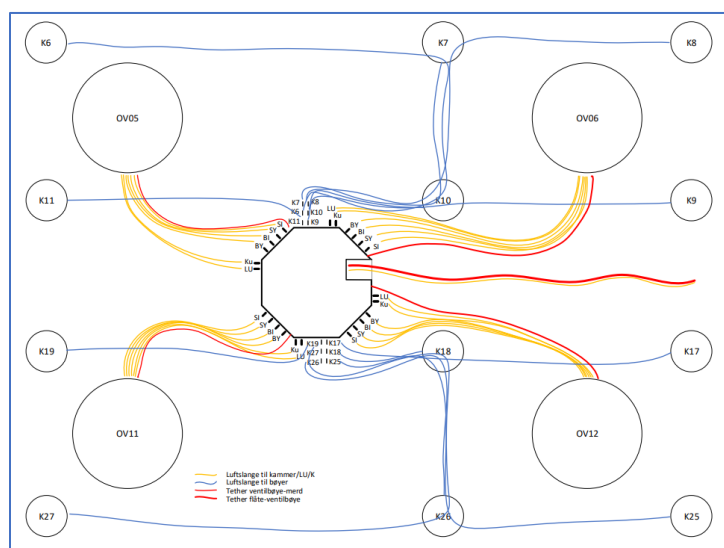


Figur 4 Prinsippskisse av ny kuppel sett ovenfra



1.2.2 Kablingssystem med ventilbøye

Det nye designet inneholder to hovedelementer; Utvikling av en ventilbøye som vil ha til oppgave å fordele trykkluft fra kompressor om bord i førflåten til opptil fire nedsenkbare merder (Figur 5). Fra ventilbøyen er det koblet seks luftslanger til hver merd (fordeles på merdenes fire kammer, liftup-system og kuppel). Ventilbøyen kan også levere trykkluft til inntil 12 justerbare bøyer i anlegget. I tillegg fordeles bøyen strøm og signal fra flåte til merdene. Denne løsningen betyr at det kun går en kombinert strøm- og kommunikasjonskabel (tether) fra ventilbøyen til selve hovedflåten. Figur 6 viser ventilbøyen i sjøen.

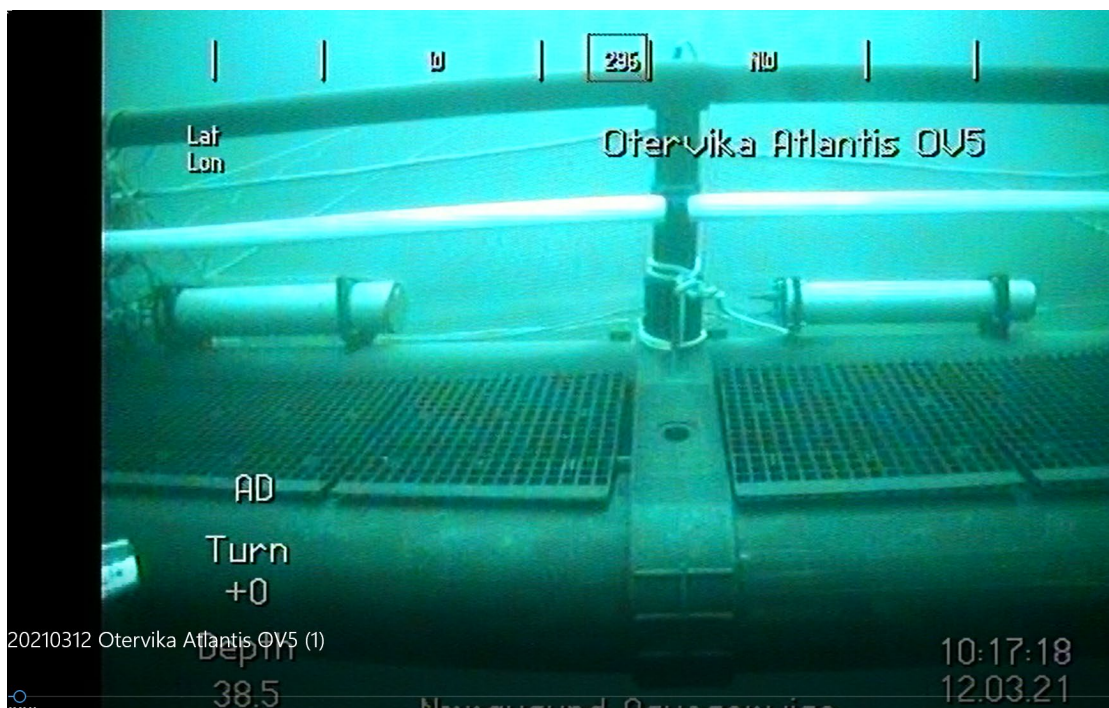


Figur 5 Prinsipp for ventilbøye

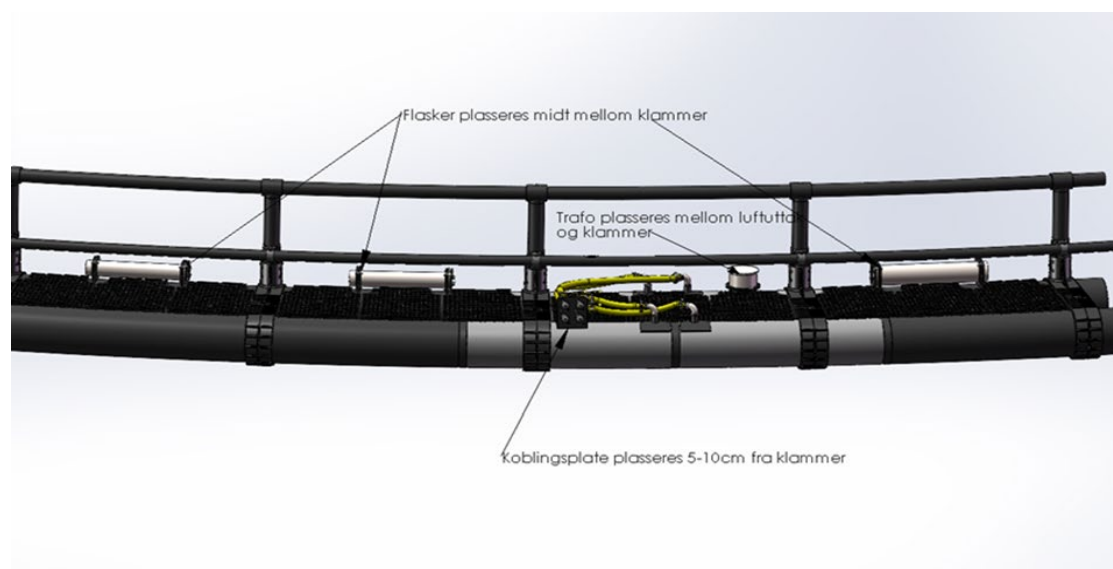


Figur 6 Ventilbøye

Det andre hovedelementet er utvikling av en vanntett metallsylinder - kontrollsylander - på hver merd som inneholder interface-elektronikk for all sensorikk på merden og kommuniserer med PC og AKVAconnect via fiber i tether (Figur 7). Spenningsforsyning vil være via tether og det plasseres også en transformator på merden. Kamera, dybdemålere for merd og kuppel, lastsjakler, lys og annen sensorikk kobles til kontrollsylanderen. Figur 7 viser hvordan kontrollsylander og transformator plasseres på merden.



Figur 7 Kontrollsylander montert på merd



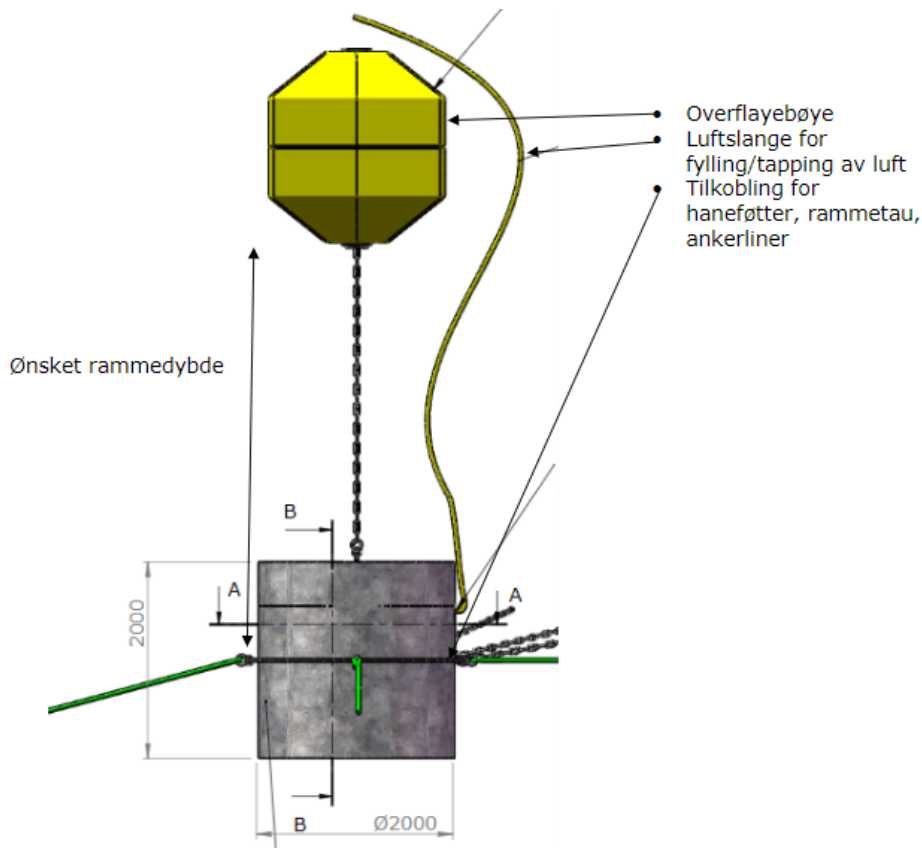
Figur 8 Luftside med kontrollsyndere og trafo



1.2.3 Regulærbar fortøyningsbøye

Bøyene i Atlantis må ha større oppdrift enn i et vanlig anlegg, og i første og andre utsett løste vi det med å ha tre vanlige bøyer sveiset sammen i hvert bøyepunkt i overflaten. Total oppdrift i hvert bøyepunkt var 12 tonn. Vi ønsket å skaffe oss erfaringer med disse bøyene før vi gikk videre å utvikle en mer avansert versjon tilpasset mer eksponert lokaliteter. I meget dårlig vær ble det registrert en max last på i overkant av 5 tonn og en gjennomsnittslast på litt under 3,0 tonn.

Otervika er en mer eksponert lokalitet enn Skrubbholmen og der skal det i neste utsett settes ut fire nedsenkbare merder. Vi vet ikke helt hvordan disse merdene vil påvirke hverandre innbyrdes og det er viktig at selve flyteren ligger så horisontal som mulig. Vi ønsker derfor å ha mulighet for å regulere selve koblingspunktet, noe som kan gjøres med at det i koblingspunktet settes inn en regulærbar bøye. Dette vil også gi en mindre bøye i overflaten, noe vi ser på som gunstig med hensyn til påvirkning fra bølger og vind. Vi ønsker derfor å utvikle en regulærbar fortøyningsbøye i selve koblingspunktet i fortøyningen (Figur 9). Figur 10 viser bøyen montert i sjø.



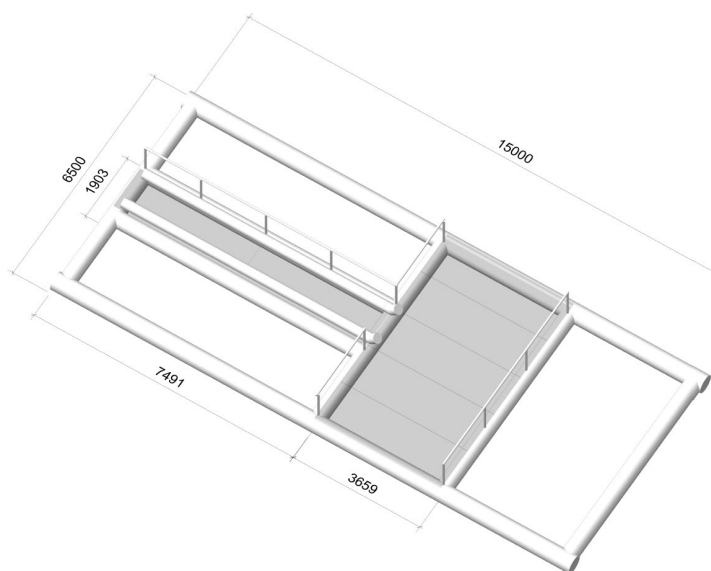
Figur 9 Prinsippskisse regulærbar fortøyningsbøye



Figur 10 Regulerbar fortøyningsbøye montert i sjø

1.2.4 Dødfisk flåte

Basert på de erfaringer som ble gjort både på Gjerdinga og Skrubbholmen der dette med å pumpe dødfisk til lekter/flåte til tider var utfordrende, ønsket vi en annen løsning på Otervika. Det ble konstruert en dødfisk flåte som en arbeidsbåt kan legge inn til (Figur 11), for deretter å koble på en kompressor og pumpe dødfisk fra Lift Up til flåte/arbeidsbåt for oppsamling. Dette gir kortere slanger og faren for at det oppstår problemer med å hente opp dødfisk reduseres.



Figur 11 Flåte for oppsamling av dødfisk



2 Resultater fra funksjonstesting

2.1 Heve/senke funksjonen for merd med tilhørende styringssystem

2.1.1 Gjennomføring

Flyteren fylles med vann når den senkes og det blåses inn luft ved heving. Åpning og lukking av ventiler styres med AKVAconnect. Dybdemålere på merden registrerer til enhver tid merdens posisjon, noe som gir god kunnskap om merdens oppførsel i vannsøylen. Dybdesensorene er logget med AKVAconnect med en samplingstid på 10 min. Selv om det var gjort enkelte mindre endringer som bytte av aktuatorer og forlengelse av slanger var prinsippene for selve heve- og senkingen det samme som på de forrige lokalitetene.

Følgende hovedmomenter testes under funksjonstesting:

AKVAconnect kontrollsylindere og kommunikasjonsystem

- Sjekke at kommunikasjonen går hele veien
- Dybdemålere på ring; sjekking av kopling i henhold til skjema funksjonstest
- Tilkopling til kontrollrom flåte
- Sjekke at alle 9 kamera pr merd fungerer
- Funksjonstest av merdlys
- Oppsett og kontroll av TeamViewer for fjernstyring og kontroll

Ventilbøye

- Trykktesting, overtrykk samt tetthetstest
- Aktuatorer og initiators, sjekk av montasje og kopling i henhold til skjema
- Pneumatikk i ventilbøye; kopling i henhold til skjema, sjekke at luft kommer frem der den skal

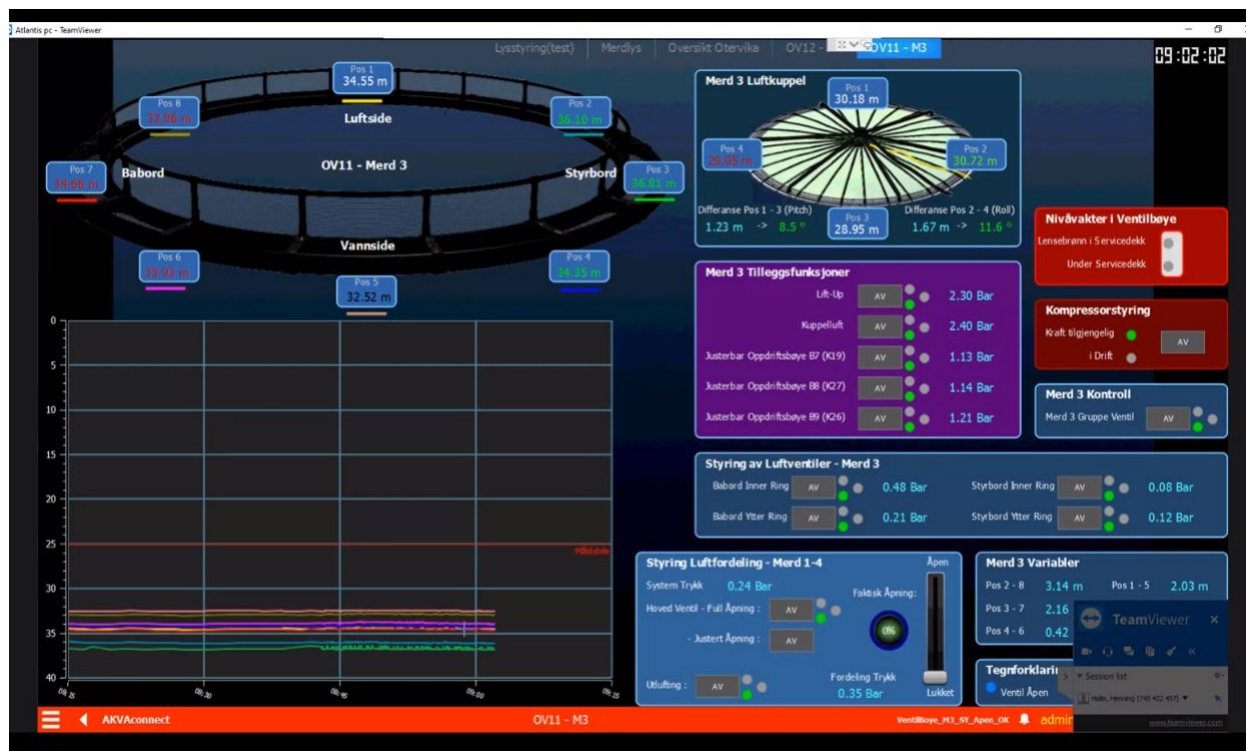
Gjennomføring av selve heve og senkeprosessen; følge med på kabler i trekkør og slanger og at det ikke oppstår overbelastning eller strekk.

2.1.2 Resultater

2.1.2.1 Heving og senking

Heving og senking av første merd på Otervika ble gjennomført uke 2 i 2021. De neste to ukene ble alle fire merdene montert ferdig med nottak/kuppel og senket. Sensorikk som lys, kamera, Aquabyte og lastsjakler ble montert senere.

Heving og senking foregår ved hjelp av styringssystemet AKVA connect (Figur 12). Her vises alle sensorer i systemet i sanntid og dybdemålerne på selve merden forteller hvordan merden er plassert i vannsøylen. Vi ønsker en mest mulig horisontal merd og funksjonstesten handler blant annet om å lese av disse og eventuelt justere på haneføtter for å få merden mer horisontal.



Figur 12 Styringssystemet AKVA connect

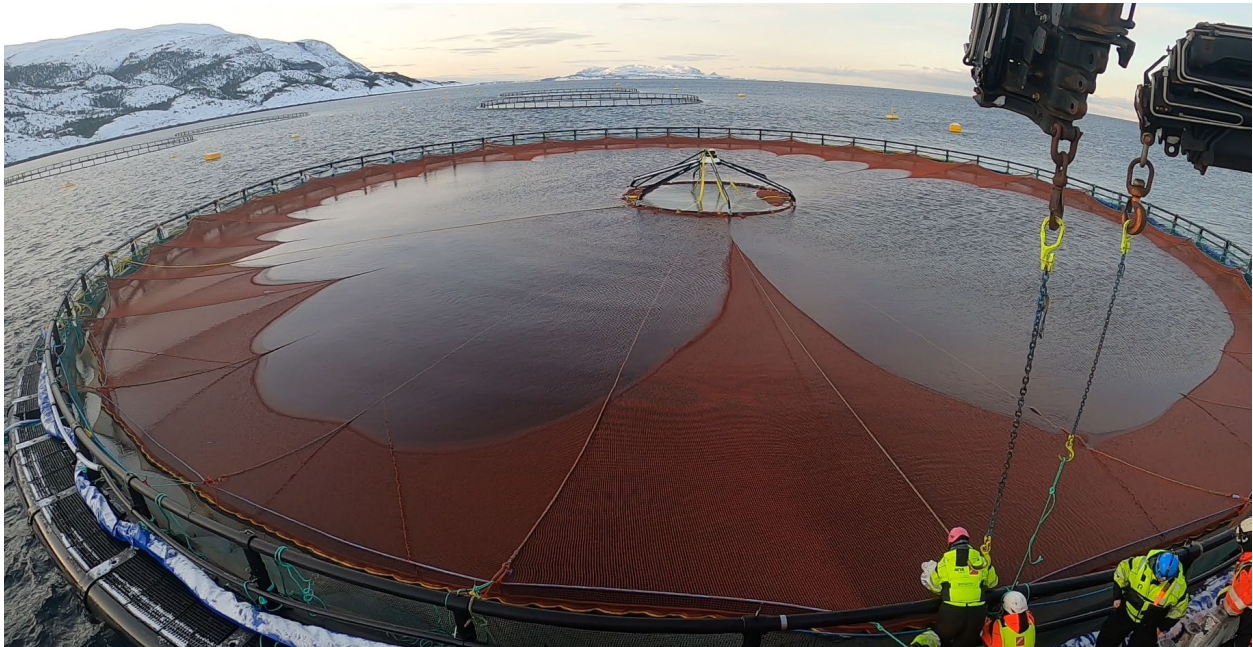
Under første senking viste dybdemålerne at det var mindre enn ca. 1 meter forskjell mellom dybdemålerne i nedsenket posisjon, noe som betyr at flyteren ligger nokså horisontalt. På de andre merdene var forskjellen på dybdemålerne også såpass små at vi justerte de med å endre litt på haneføttene.

I løpet av perioden fram til utsett i slutten av april ble alle merdene hevet og senket 5 til 10 ganger og funksjonaliteten på systemet var den samme som på forrige lokalitet med unntak av OV6 der vi hadde problemer. Etter å ha søkt etter årsaken en stund viste det seg at det lå plast i det ene røret i flyteren som stengte for luft. Plasten ble fjernet og deretter gikk heving og senking greit.

Prosessen med å heve og senke er en langsom og komplisert prosess å fjernstyre noe som ble mer komplisert på Otervika da operatøren på flåten befant seg fjernere fra ventilene i ventilbøyen. Etter en del trening og praksis ble det opparbeidet erfaring og kunnskap slik at prosessene gikk greit og sikkert å utføre.

Figur 15 viser logging av dybdemålere på flyteringen under en typisk senking og heving.

Kontrollsynderne fungerte etter hensikten – med unntak av kontrollsynderen på OV06 der vi fikk en vannlekkasje med påfølgende havari etter at flasken måtte åpnes for reparasjon. Flasken ble erstattet med en ny og fungerte deretter bra.



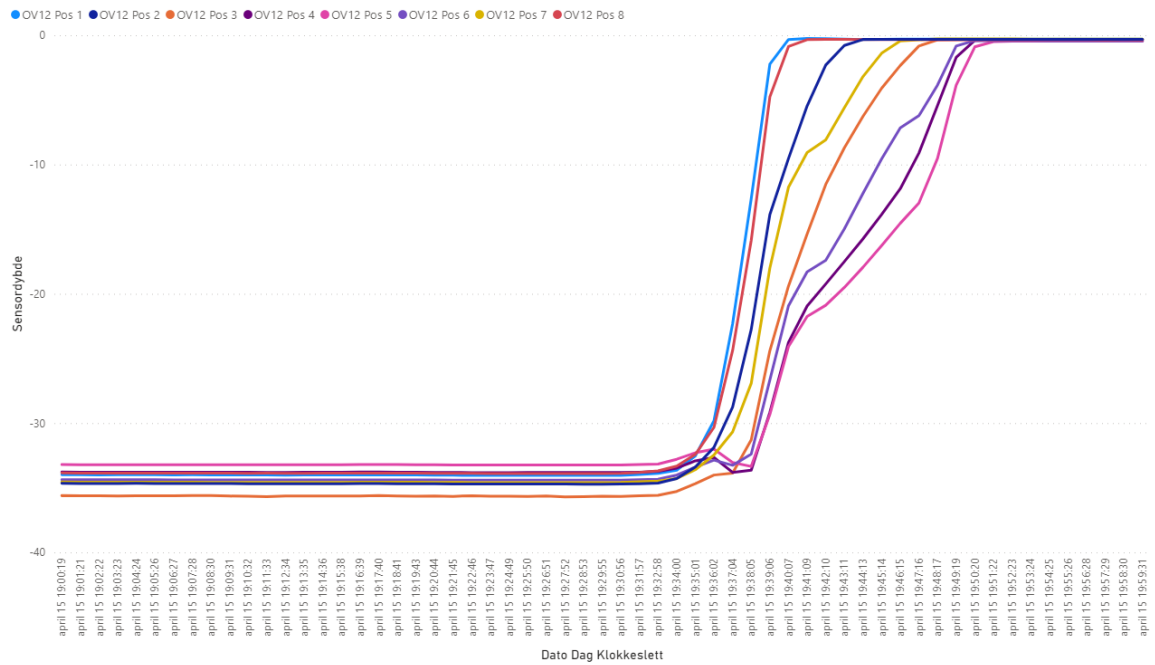
Figur 13 Montering av tak



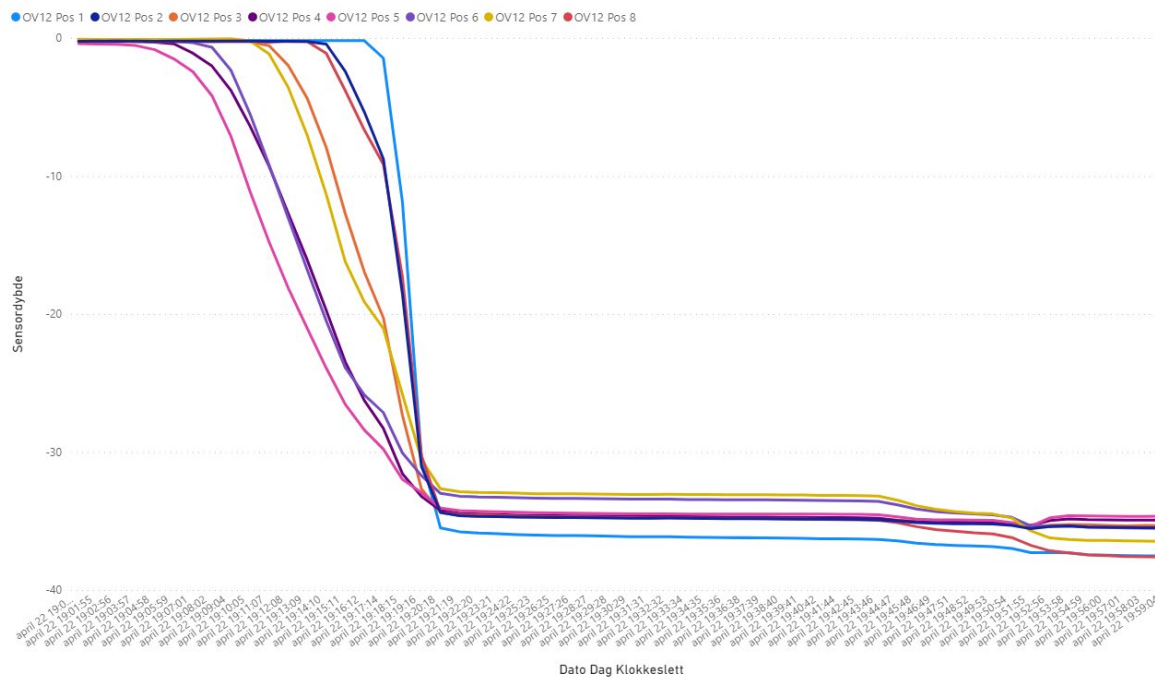
Figur 14 Senking av merd



Heving av Atlantis OV12 15 april



Senking av Atlantis OV12 22 april



Figur 15 Heving og senking av Atlantis (logging av dybdemålere)



2.1.2.2 Ventilbøye

Testing av ventilstyring ble gjennomført etter plan og testresultatene var tilfredsstillende. Bevegelser i ventilbøyen i dårlig vær har gitt god kunnskap om hvordan konstruksjonen fungerer i anlegget som helhet.

Det har vist seg at det er greit å jobbe nede i bøyen selv i ruskete vær, utfordringen har ligget mer i om det har vært forsvarlig å legge til med båt for å komme om bord.

Ventilbøyen har vist seg å oppføre seg greit selv i dårlig vær og har fungert godt som base for ventiler, aktuatorer og elkraft distribusjon og elektronikk for øvrig.

Vi har erfart at luftslangene som går ut fra ventilbøyen og ned i sjøen utsettes for slitasje og slitasjen fordeler seg ulikt avhengig av om merdene er nedsenket eller ikke. Det blir mindre slitasje på merdene som er nedsenket enn om de ligger i overflaten. I forbindelse med drift vil det være viktig å ha gode internkontrollrutiner for å sjekke denne slitasjen.

Det er utfordrende å finne gode føringsveier for luftslanger og tether mellom ventilbøye og merd OV05 og OV11 – spesielt ved koblingsplate K10 og K18 (Figur 1). Generelt er dette med føringsveier for tether, luftslanger og annen kabling en utfordring. Jo flere merder jo viktigere er det å planlegge for gode føringsveier.

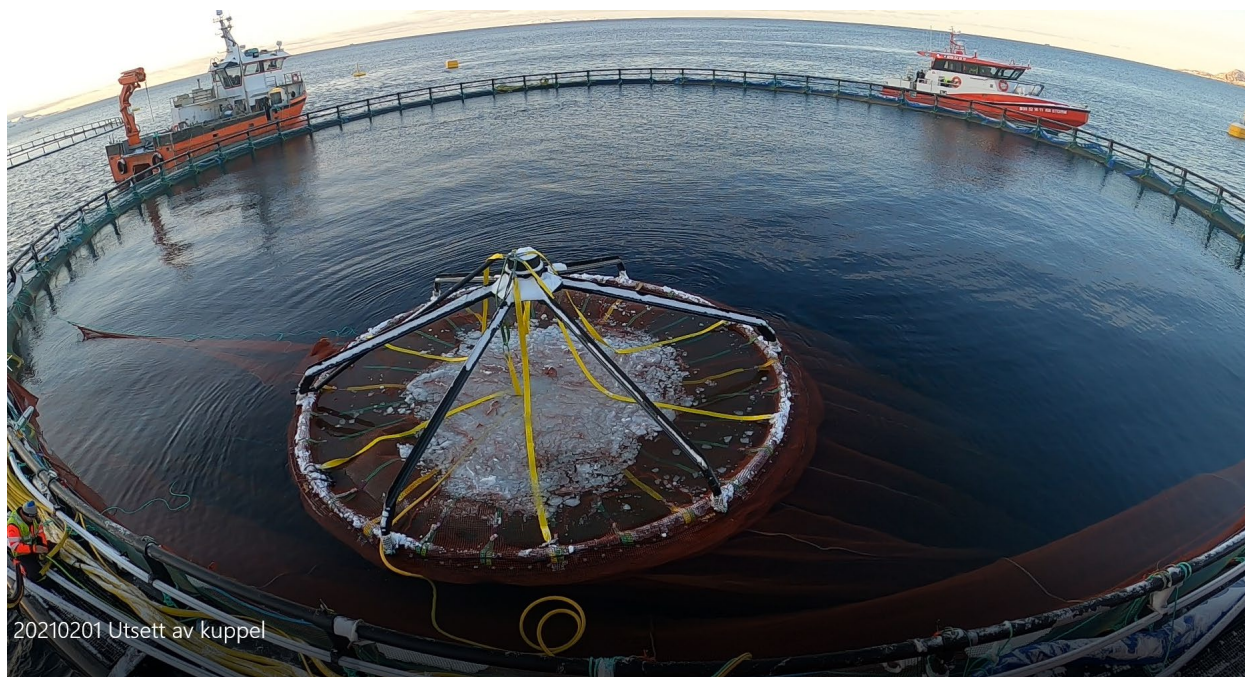
2.2 Luftkuppel og fyllingsgrad

2.2.1 Gjennomføring

Funksjonstesting av luftkuppelen hadde hovedfokus på å se hvorvidt man klarte å oppnå en tilfredsstillende stabilitet med tilhørende luftlomme for fisken eller ikke. Luftlommen må være i størrelsesorden mellom 3 og 5 meter i diameter før det er forsvarlig å sette fisk i merden¹. Figur 16 viser luftlomme under montering.

Stabilitet blir målt ved hjelp av dybdemålere på luftkuppelen som igjen avleses i AKVA connect (se Figur 12).

Ved gjennomføring av selve testen hentes det inn data fra dybdesensorer på merden. Luftlomme vurderes ved hjelp av ROV og kamera som henger rett under kuppelen.



Figur 16 Luft kuppel under montering

¹ Ref FÔRDOM, NFR prosjekt ledet av Frode Oppedal, HI

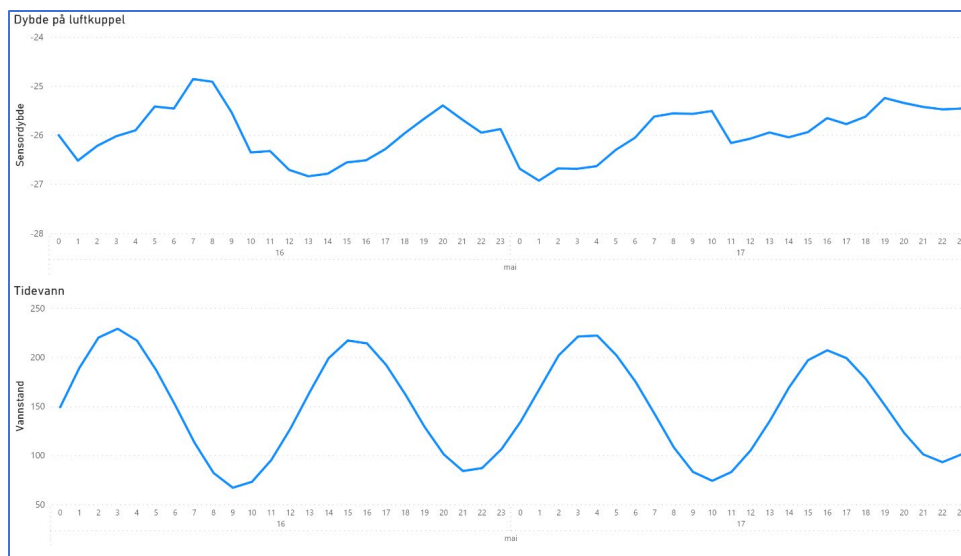
2.2.2 Resultater

Videomaterialet og bilder fra kamera rett under kuppel viser at luftlommen er i størrelsesorden 4-5 meter i diameter – noe som er litt større enn på Skrubbholmen.



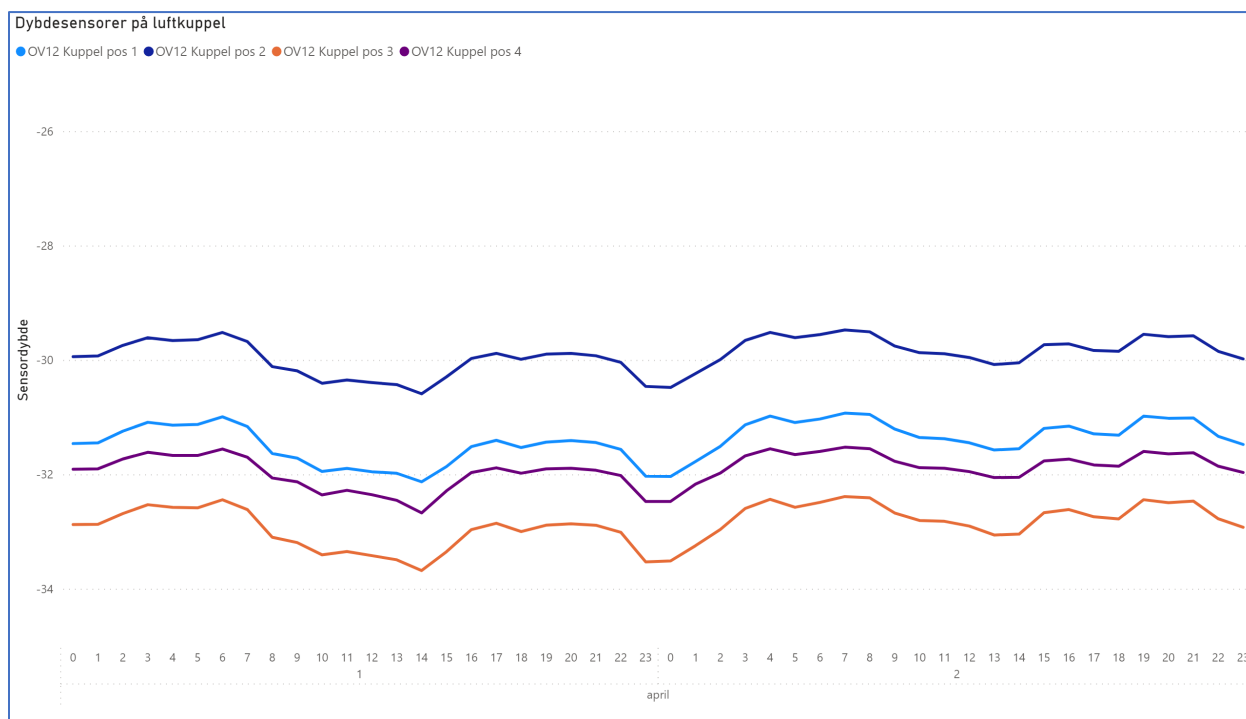
Figur 17 Vurdering av størrelse på luftlomme

Resultatene viser at kuppelen varierer i dybde mellom 25 og 27 meter. Luftkuppelen påvirkes noe av tidevannet (se Figur 18) uten at dette har noen større betydning for fisken. Det er viktig å legge inn en daglig rutine i internkontrollsystemet for å sjekke størrelsen på luftlommen og eventuelt etterfylle luft.



Figur 18 Sammenheng mellom tidevann og dybde på luftkuppel

Dybdemålerne som er plassert på luftkuppelen gir kunnskap om hvordan kuppelen oppfører seg. Figur 19 viser et typisk bilde som demonstrerer at kuppelen ligger noe skjevt i vannet og at den ligger rolig i samme posisjon. Vi tillater en skjevhet på opptil 18 grader før luftkuppelen begynner å slippe luft og dette er godt innenfor. Denne måleserien er fra før vi fjernet de regulerbare fortløyningsbøyene og kuppelen ligger derfor noe lavere i vannsøylen.



Figur 19 Dybdemålere på luftkuppelen



Rapport fra funksjonstesting av Atlantis før utsett på Otervika

I sum viste funksjonstesting med luftkuppel at luftkuppelen var stabil og at luftlommen hadde en tilfredsstillende størrelse. Når luftkuppelen finner sin posisjon i nedsenket tilstand, endrer posisjonen seg lite over tid og luftlommen er også stabil. Luftkuppelen må etterfylles med noe luft, og den samme erfaringen ble gjort under de forrige utsettene.



2.3 Regulerbar fortøyningsbøye

2.3.1 Gjennomføring

De regulerbare bøyene (16 stk) ble satt ut i anlegget i desember 2020. Under funksjonstesting varierte vi luftmengden i bøyene for å se hvordan det påvirket resten av anlegget. Dette ble styrt fra AKVA connect.

2.3.2 Resultater

Det å fylle og tømme bøyene for luft var en enkel prosedyre som fungerte greit via AKVA connect. Det viste seg å være mer uforutsigbart hvordan fylling og tømning av den enkelte bøyen påvirket både fortøyning, flyter og luftkuppel. Ved regulering av en bøye påvirket vi ikke bare den nærmeste merden, men også de andre merdene og regulerbare bøyene. Systemet var følsomt og sammensatt for slike endringer, og bøyene egnede seg ikke til kun å justere en merd slik vi hadde en hypotese om. I en driftssituasjon vil det være lite forutsigbart å endre på lufttilførselen til de nedsenkbare bøyene.

Rett før utsett fikk vi brudd i en av ørene på regulerbar bøye nr K19. Fisken var i ferd med å transporteres til anlegget og vi hadde ikke annet valg enn å ta bøyene ut av anlegget og erstatte de med en vanlig koblingsplate. Hendelsen og vurderingene av denne vil bli nærmere omtalt i kapittel 4.

2.4 Fôringssystem

2.4.1 Gjennomføring

Oppsettet for fôringen i Atlantis på om bord på flåten var det samme som for de andre merdene i anlegget da alle merdene ble koblet på det vannbårne fôringssystemet på flåten. Testingen av fôringssystemet om bord i flåten ble gjennomført på samme måte som for de andre merdene i anlegget.

Løsningen fra flåten og til utløpet på utfôrerer i merden var det samme oppsettet som på Gjerdinga og Skrubbholmen. Der ble det fôret uten problemer, og det var derfor ingen grunn til å forvente noe annet på Otervika.

2.4.2 Resultater

Det å kjøre fôr helt ut til merden ble derfor gjort rett før utsett, og det oppstod ingen uforutsette hendelser.

2.5 Dødfisksystem

2.5.1 Gjennomføring

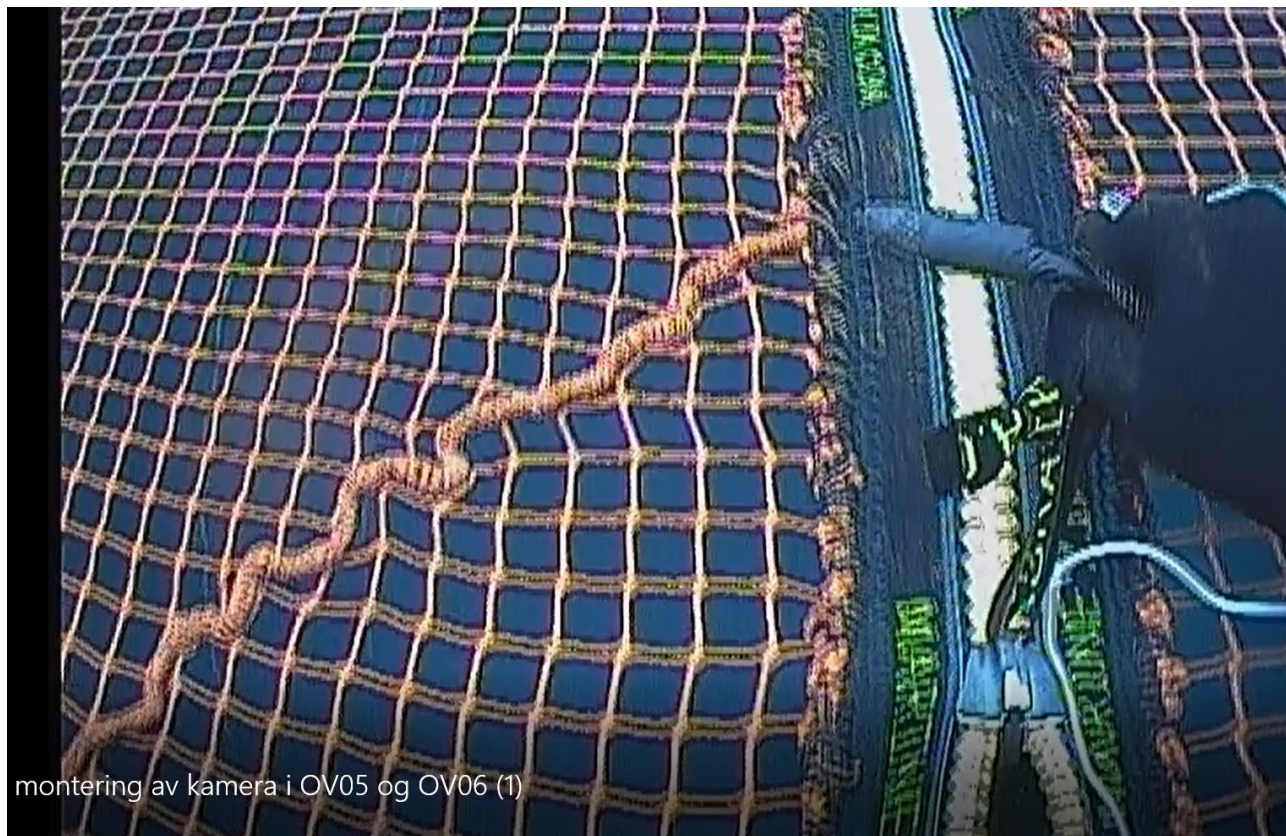
Lift Up systemet som ble montert var i prinsippet det samme som på Gjerdinga og Skrubbholmen, men med unntak av at dødfisken ble ført opp på en egen dødfiskflåte som arbeidsbåter kan legge til. Hver dødfiskflåte betjener to nedsenkbare merder. Arbeidsbåten har med seg kompressor og dødfiskoppsamlingsystem.

2.5.2 Resultater

Under testen før utsett ble vannstrømmen vurdert som tilfredsstillende. Det er krevende å finne et godt testoppsett for Lift Up før fisken kommer i anlegget. De første dagene etter utsett var det utfordrende å få dødfisken opp. Dette vil bli nærmere omtalt i rapporteringen fra selve driftsfasen.

3 Diverse utstyr

I merden er det montert kamera, lys, Aquabyte for lusetelling og oksygensensorer. Kameraene og lys styres av AKVA connect, og de settes opp i softwaresystemet og der sjekkes det at alle virker. Dykkere brukes til utsett og kontroll av utstyr, samt en rekke andre operasjoner (se Figur 20).



Figur 20 Dykker åpner glidelås i taket for å montere kamera

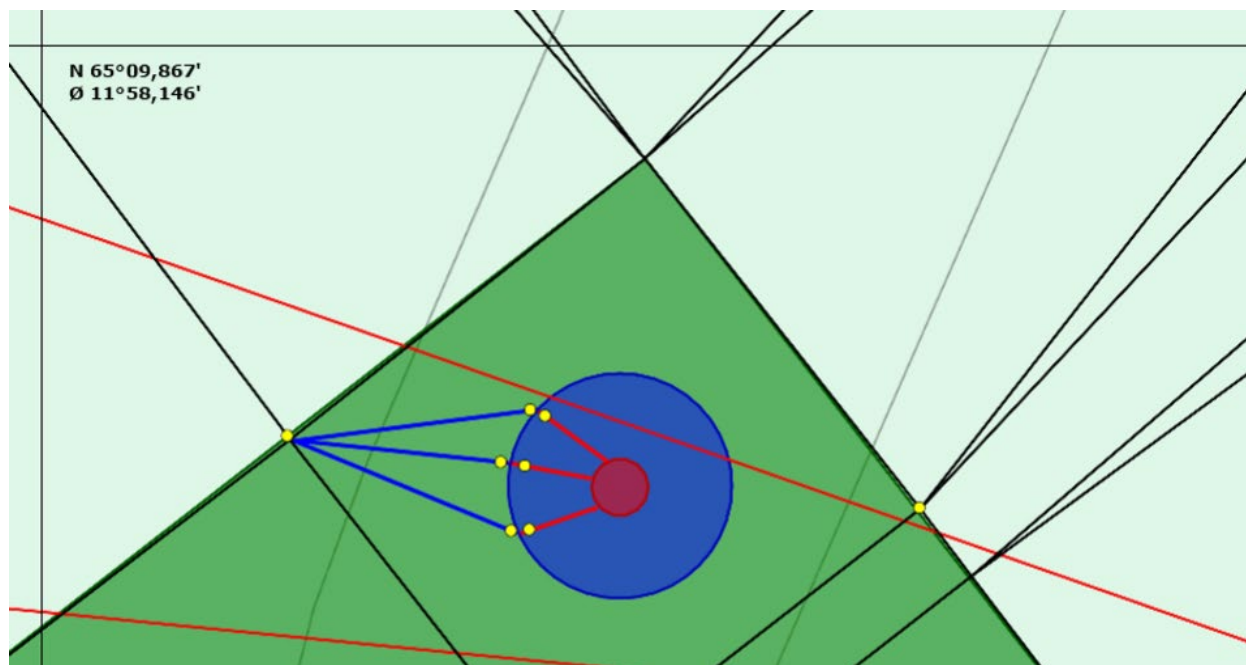
I taket er det montert glidelåser helt rundt slik at det skal være enkelt å fjerne og montere taket. Det er også montert glidelås nær kuppel for at dykkere enkelt skal komme til. Glidelåsene er utstyrt med en ekstra sikring. Åpning, lukking og sikring av glidelåsene fungerte bra. Det er også viktig at dykkerne blir fortrolig med dykking inne i Atlantis og de har utarbeidet gode prosedyrer for dette arbeidet. Rengjøring av kamera og annet vedlikehold foretas av dykkere i nedsenket posisjon og da er det viktig at arbeidet er godt planlagt og gjennomføres raskt da de har liten dykkertid per dykk på den aktuelle dybden.

3.1 Måling av krefter i anlegget ved bruk av lastsjakler

Lastsjaklene ble montert etter utsett og det er derfor mer naturlig å diskutere resultatene fra disse i erfaringsrapporten som utarbeides i etterkant av utsettet.

Lastsjakler ble montert på sju steder i OV05 der vi gjennom analyser i AquaSim hadde avdekket at det var størst krefter som virket i systemet. Lastsjakler ble montert på følgende steder:

- I kjetting fra bøye til koblingsplate
- I tre haneføtter
- I tre krysstau i tak



Figur 21 Plassering av lastsjakler i OV05

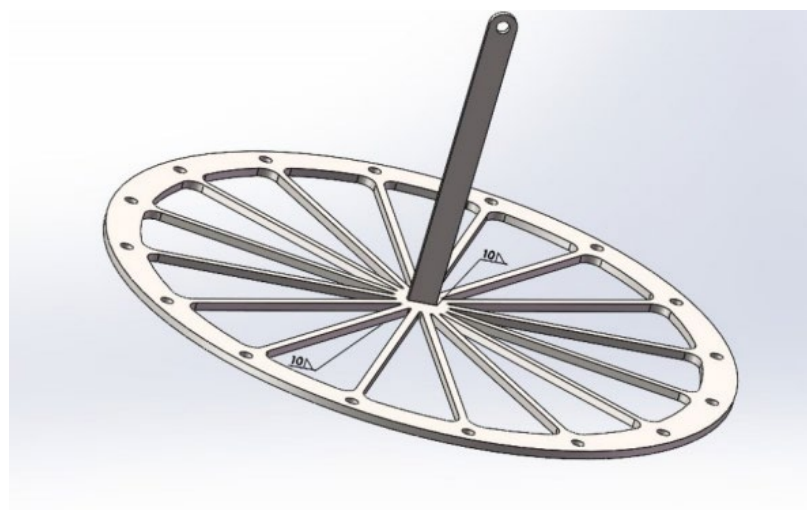
4 Uforutsette hendelser

4.1 Brudd i innfestingsøre på regulerbar fortøyningsbøye

Rett før utsett oppstod det brudd i innfestingsøre øverst på en av de regulerbare bøyene som resulterte i tap av overflatebøye. Systemet er satt opp som vist på Figur 9. Under forrige utsett ble det målt en belastning i bøyekjetting på 5 tonn makslast og 3 tonn i gjennomsnitt avlest på lastsjakkel montert på den ene bøyen. Her var det brukt standard koblingsplate. Denne lasten ble tatt med i vurdering av designet på de regulerbare bøyene tiltenkt brukt på Otervika. Opprinnelig designkriterie ble satt til 10t kapasitet for innfestingsøre til de regulerbare bøyene. Analyser, FEM [1], har konkludert med at innfestningsøret skulle tåle minst 25 tonn med en skjevlast på opptil 25 grader. De regulerbare bøyene har imidlertid ganske stor masse og med en vekt på ca 1 tonn i sjøen gir det, i forhold til overflatebøyene som beveger seg fritt i bølger, en nærmest fast konstruksjon. Det medfører store rykk-krefter i forbindelse mellom overflatebøye og nedsenket bøye og påfølgende stor belastning i innfestingsøre på regulerbar bøye. For å redusere rykk-lastene ble forbindelsen opp til overflatebøyen utført med 4m tau og 4m kjetting. Dette ga en positiv effekt, men allikevel ikke nok.

Designkriteriet på 10t var tilstrekkelig i forhold til dimensjonerende laster i fortøyningsanalysen. 1 måned etter utsett fikk vi utfordringer med at overflatebøyene løsnet pga slitasje i sjakkel og sjakkelsplinter som løsnet. Dette ga oss indikasjoner på lastbildet var noe ulikt det som var forventet. Det ble derfor satt i gang et arbeid med å lage en analysemodell i Aquasim hvor det ble kjørt vesentlig flere analysesteg pr analysert sekund. Normal oppsett er i området 0,4 sek pr analysesteg. I det nye oppsettet ble det kjørt med 0,04 sek pr analysesteg. For å kunne løse dette måtte vi bygge opp en modell hvor kun bøyen med tilstøtende komponenter ble modellert. Laster inn i bøyen ble påført som nodelaster for å gi et relativt korrekt lastbilde. Resultatene fra analysene var at det ble avdekket vesentlig høyere og svært kortvarige laster oppimot 20 tonn. Detaljnivået på modellen er med dagens teknologi svært vanskelig å kunne modellere på hele anlegget pga utfordringer med modellstørrelse og kompleksiteten i analysen.

Innfestningsøret er laget av flatstål med dimensjon 20x100mm sveis fast i senter av koblingsplate som vist på Figur 22.

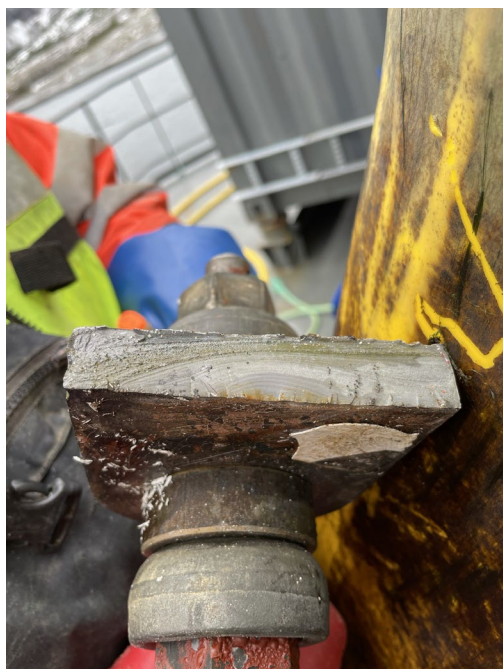


Figur 22 Skjelett til koblingsplate og stag til innfesting av overflatebøye



Det rektangulære tverrsnittet på dette flatstålet gjør at man har en sterk akse normalt på den smale siden og en svak akse normalt på den brede siden. Som man ser på bildet nedenfor så har det vært betydelig skjevlast om den svake aksen, som har medført at den er litt bøyd.

Selv om øret i utgangspunktet har tålt denne belastningen, så har det sannsynligvis vært en initiering av sprekk i overgangen mot toppen av regulerbarbøye. Denne har så utviklet seg som følge av gjentatt høy belastning fra bølgene mot overflatebøyer og gitt et utmattingsbrudd som vist på Figur 23.



Figur 23 Bruddflate i innfestingsøre

Sannsynligvis har vi her fått et «Worst-case scenario» der last fra overflatebøye har gått i motsatt retning av helningen på regulerbarbøye som gir stor sideveis belastning og i tillegg på svak akse av innfestningsøret.

Årsaken er sannsynligvis sammensatt av følgende uheldige kombinasjoner; høye rykk-krefter, skjev belastning og størst belastning om svak akse av innfestningsøret.



5 Forslag til endringer og forbedringer

Otervika er planlagt å være det siste utsettet i Atlantis som prosjekt, og vi fikk gjennomført en rekke forbedringer av teknologien fra forrige utsett. Likevel vil det alltid være behov for forbedringer og endringer av et teknologisk konsept som tross alt er i tidlig fase. Vi vil trekke fram følgende momenter som vi ønsker å jobbe videre med:

- Kabler og slanger (luftslanger, fiber, kamera/lyskabler, fôringsrør og dødfiskslanger) og føringsveier for disse er fortsatt utfordrende. Denne typen utstyr får i overflaten store påkjenninger på en lokalitet som Otervika, og ideelt sett skulle enda mer av dette vært senket ned i vannsøylen og ikke noe ligget i overflaten.
- Kabelføring internt på merd. Merden som i hovedsak består av to flyterør og en håndrekk er en fleksibel konstruksjon som særlig blir utsatt for deformasjon under heving-senking. Dette har gitt utfordring for kabelføring mellom kontrollsylindere og de enkelte dybdesensorer.
- Dødfisk flåten har fungert meget godt som arbeidsstasjon og kan muligens egne seg som en plattform/infrastruktur for annen type utstyr også, eksempelvis utstyr som i dag er knyttet til ventilbøya og/eller kontrollflaskene. Selve dødfisk systemet må det jobbes mer med da systemet ikke fungerer optimalt.

I tillegg til videre arbeid på konseptet ser vi også at hendelsen rundt nedsenkbarbøyene at det er behov for en diskusjon rundt hvordan krav i NS 9415 skal sikre at det oppnås tilstrekkelig styrke komponenter med store volum i nedsenket tilstand. Spesielt i de tilfeller hvor det er stor tilleggs masse samt en kobling til overflaten. Dette gir en lastsituasjon vil det kan se ut som er utfordrende for NS9415 å dekke.

Generelt krever drift på en lokalitet som Otervika svært god planlegging og oppmerksomhet knyttet til værvindu for faktisk å få gjennomført operasjoner, enten disse er knyttet til montering og funksjonstesting eller drift.