

# Granskingsrapport

Rapport	
Rapporttittel Granskingsrapport etter hendelse med fatalt utfall på COSLInnovator 30. desember 2015.	Aktivitetsnummer 418005005

Gradering		
<input checked="" type="checkbox"/> Offentlig	<input type="checkbox"/> Begrenset	<input type="checkbox"/> Strengt fortrolig
<input type="checkbox"/> Unntatt offentlighet	<input type="checkbox"/> Fortrolig	

Sammendrag
30.12.2015 kl. 16:38 ble den flyttbare boreinnretningen COSLInnovator truffet av en bølge. Bølgen traff innretningen på babord side forut, og innretningen fikk omfattende skader. En person omkom og fire personer ble skadet. Skadene var begrenset til deler av boligkvarteret.

Involverte	
Hovedgruppe T-flyttbare	Godkjent dato 6.7.2016
Deltakere i granskingsgruppen Irja Viste-Ollestad, Terje L. Andersen, Narve Oma og Sigvart Zachariassen	Granskingsleder Irja Viste-Ollestad



## Innhold

1	Sammendrag .....	4
2	Innledning .....	5
	2.1 COSLInnovator .....	5
	2.2 Ptils granskning .....	6
3	Oversikt over aktører og relasjoner .....	6
4	Hendelsesforløpet på Trollfeltet 30.12.2015 .....	10
	4.1.1 Før og under hendelsen .....	10
	4.2 Været på hendelsesdagen .....	11
	4.3 Etter hendelsen .....	12
5	Hendelsens potensial.....	13
	5.1 Faktisk konsekvens.....	13
	5.2 Potensiell konsekvens.....	14
6	Regelverk som gjelder for innretningen .....	15
	6.1 Generelt .....	15
	6.2 Sjøfartsdirektoratets (Sdir) regelverk .....	15
	6.3 DNV GL klasseregler og tilhørende standarder .....	15
7	Årsaksforhold fra designprosessen .....	18
	7.1 Beslutningsgrunnlaget for design med hensyn til air gap .....	18
	7.2 Teknisk grunnlag for design med hensyn til air gap .....	19
	7.2.1 Air Gap Analysis, Global Maritime .....	19
	7.2.2 Modelltesten .....	20
	7.2.3 Airgap Analysis, Grenland Group Technology.....	21
	7.2.4 Motion Comparison Analysis, GM4000 Upgrade, Grenland Group 22	
	7.2.5 Observasjoner knyttet til air gap .....	23
8	Bølgeforhold og innretningens bevegelser .....	24
	8.1 Estimer av bølgetoppen under hendelsen .....	24
	8.2 Estimert av bølgelastene og vindusinnfestningens styrke .....	26
9	Observasjoner .....	27
	9.1 Avvik fra krav til personellkontroll.....	27
	9.2 Forbedringspunkt om kvalitetssikring.....	27
10	Barrierer som har fungert.....	28
	10.1 Barrierer innen konstruksjonssikkerhet.....	28
	10.2 Barrierer innen beredskap .....	28
11	Vurdering av aktørenes granskningsrapport .....	29
12	Usikkerheter knyttet til hendelsen .....	30
	12.1 Kjennskap til og oppfølging av informasjon om air-gap .....	30
	12.2 Kommunikasjon om modellforsøkene .....	30
	12.3 Innretningens bevegelseskarakteristikk på hendelsestidspunktet.....	30
	12.4 Bølgetoppens økning rundt innretningen (asymmetrifaktor) .....	30
	12.5 Innflytelsen fra thrustere på rull og stamp.....	31
	12.6 Stabilitet av innretningen.....	31
	12.7 Høyde og steilhet av bølgen .....	31
13	Andre observasjoner .....	33
	13.1 Blindløkk .....	33
	13.2 «Ghost weight».....	33

13.3	Vinduer med innfestning .....	33
13.4	Værtette dører i forkant av dekkboksen .....	34
14	Vedlegg .....	35
	Vedlegg A: Mandat .....	35
	Vedlegg B: Innretningens bevegelser før og etter hendelsen .....	36
	14.1.1 Vertikal høyde, proporsjonal til hiv, (heave) .....	37
	14.1.2 Rull (roll) .....	38
	14.1.3 Stamp (pitch) .....	39
	14.1.4 Retning (heading) også giring (yaw) .....	40
	14.1.5 Nord posisjon [~motsatt jag (surge)] .....	41
	14.1.6 Øst posisjon [~motsatt sveiing (sway)] .....	41
	14.1.7 Innretningens bevegelser i horisontale plan .....	42
	Vedlegg C: MTO .....	45

## 1 Sammendrag

Den 6.6.2012 fikk Statoil samtykke av Petroleumstilsynet (Ptil) til brønnoperasjoner på Trollfeltet med den halvt-nedsenkbare flyttbare boreinnretningen COSLInnovator (CI). Innretningen har vært i operasjon for Statoil på Trollfeltet fra januar 2013.

Den 30.12.2015, ca. 16:38 lokal tid, ble deler av dekkskonstruksjonen (dekkboksen/overbygget) forut på CI truffet av en større bølge. Innretningen var på dette tidspunktet frakoblet brønnen og hevet til sikkerhetstilstand.

Bølgen traff CI på babord side av dekkboksen forut og presset inn 17 ventiler (vinduer), hvorav seks på nedre dekk («lower deck») og 11 på midtre dekk («mezzanin deck»). Vanninntrenging førte til at innretningen fikk omfattende skader i lugarer fordelt på de to nevnte dekkene. Én person omkom og fire personer ble lettere skadet i ødeleggelsene som fulgte da bølgen traff innretningen. Bølgen forårsaket også deformasjon av frontskottet på dekkboksen.

Dersom hendelsen hadde inntruffet på et tidspunkt hvor flere ombord oppholdt seg i lugarer, kunne flere menneskeliv gått tapt.

På CI ble det slått alarm, etablert beredskapsorganisasjon og personell mønstret. Søk og redning, skadebegrensning og livreddende førstehjelp ble deretter iverksatt. På land etablerte både COSL og Statoil 2. linjeberedskap. Aksjonene i den akutte fasen ble gjennomført i hovedsak i henhold til prosedyrer, men det tok ca. 40 minutter å etablere full oversikt over personell om bord. Skadde personer ble transportert med helikoptre til sykehus. Ikke-essensielt personell ble evakuert med helikoptre. Etter hendelsen gikk innretningen til land for egen maskin.

HMS-regelverket i petroleumsvirksomheten setter krav til klaring mellom dekk og bølgetopp (air gap), dersom innretningens overbygg ikke er dimensjonert for å tåle bølgeslag. Beregninger av konstruksjoners styrke gjøres i tråd med regelverk som utarbeides av klaseselskap. Granskingen har fokusert på hvordan bølgeslag på fremsiden av dekkboksen (overbygget) kunne oppstå. Designgrunnlaget og analysene fra designfasen, for å klarlegge air gap, har derfor vært sentrale i denne granskningen.

Det foreligger ulike beregninger av air gap for CI, med forskjellige resultater, i tillegg til en modelltest. Det er Ptils vurdering at to gjennomførte analyser ikke ble tatt tilstrekkelig hensyn til. Dette forholdet kan ha hatt betydning for skadeomfanget i hendelsen.

Det er etter hendelsen gjennomført beregninger av bølgekarakteristikk på grunnlag av værobservasjoner. Det er sett på muligheten for negativt air gap som følge av innretningens bevegelser og bølgetoppenes høyde, samt gjort vurderinger av horisontalt hydrodynamisk trykk utfra skadene på innretningen. På grunnlag av de data som foreligger er det Ptils vurdering at bølgen var steil, men at værforholdene 30.12 sannsynligvis var innenfor det innretningen skal være designet for. Den største usikkerheten knyttet til hendelsesbeskrivelsen er etter Ptils vurdering den relative posisjon mellom bølge og innretning i hendelsesøyeblikket.

Dekk skal dimensjoneres for påkjenning av bølger, dersom en innretning har negativt air gap. Disse kravene er gitt av både Sjøfartsdirektoratet og DNV<sup>1</sup>. Kravene skiller ikke spesifikt mellom vertikale og horisontale bølgeslag (knyttet hhv. til underside av dekk og ytterside av skott). Ptil observerer at horisontale bølgeslag ikke har fått oppmerksomhet, selv om negativt air gap ble påvist i analyser utført av både DNV og Grenland Group (GG). Arbeidet som ble utført i prosjektperioden var i hovedsak i tråd med erfaring og industripraksis for flyttbare innretninger på det tidspunktet prosjektet ble gjennomført.

Under designutviklingen fra 2005 til 2008 har det vært skiftende konstellasjoner på eiersiden og ulike designelskaper. Det har vært uoverensstemmelser og mangelfull kommunikasjon mellom aktørene, særlig da vektøkninger oppstod i byggeprosessen. Ved bytte av designelskap ble ikke all dokumentasjon overlevert umiddelbart. Det er derfor uklarerheter i hvem som hadde tilgang til hvilken dokumentasjon på gitte tidspunkter.

Vinduene på innretningen var ikke dimensjonert for påvirkning fra bølger. Det ble avdekket at det i stor grad ble brukt bolter med lavere fasthetsklasse til innfesting av vinduer, enn det som var spesifisert av leverandør. Observasjoner viser at det er omtrent lik bruddstyrke for innfesting (bolter) og glass. Ptils vurdering er derfor at bruk av bolter med lavere fasthetsklasse ikke har vært avgjørende for skadeomfanget.

Vi har gjort følgende observasjoner i granskningen:

- Innretningens (CIs) overbygg med vinduer var på hendelsestidspunktet ikke dimensjonert for å tåle horisontale bølgelaster, på tross av at innretningen ikke hadde positivt airgap.
- I designprosessen er det utført analyser og en modelltest for å bestemme air gap. Noe av denne dokumentasjonen indikerer negativt air gap. Den endelige analysen, som ble lagt til grunn videre i prosessen med å bygge og sette i drift innretningen, ledet til en konklusjon om at innretningen har positivt air gap.
- Optellingssystemet under mønstring fungerte ikke tilfredsstillende.
- Det var ikke brukt riktig boltekkvalitet for innfesting av vinduer.

## 2 Innledning

Den 30.12.2015 kl. 16:38 ble CI truffet av en bølge. Bølgen traff innretningen på babord side forut, og innretningen fikk omfattende skader. En person omkom og fire personer ble skadd.

### 2.1 COSLIinnovator

CI er en halvt-nedsenkbar flyttbar innretning designet for både dynamisk posisjonering, forankring og kombinerte operasjoner med forankring og thrustere (Posmoor ATA). Grunndesignet for skroget (GM4000) er utviklet av Global Maritime (GM) for boreoperasjoner (drilling) med notasjonen GM4000-D og videreutviklet (GM4000-D w/S&B) med ekstra oppdriftselementer<sup>2</sup> av Grenland Group (GG), for å oppnå større lastekapasitet.

<sup>1</sup> DNV brukes om DNV GL, siden flere forhold i denne rapporten er fra tiden før navnebytte

<sup>2</sup> Oppdriftselementer kalles «sponsons» på pontonger og «blisters» på søyler, forkortes med S&B.

CI driftes av COSL Drilling Europe AS i Stavanger, som er et datterselskap av China Oilfield Services Limited, (COSL) Beijing, Kina. Innretningen er bygget på CIMC Raffles Shipyard<sup>3</sup>, Yantai, Kina i tidsrommet 11.04.2008 til 28.11.2011. Flaggstat er Singapore. Den er klasset av Det Norske Veritas (DNV) (nå DNV GL) med klasse-notasjon<sup>4,5</sup>:

**1A1 Column-stabilised Drilling Unit(N) Well Intervention Unit 2(N) Crane(N)  
DRILL(N) DYNPOS-AUTRO E0 HELDK-SH POSMOOR-ATA**

## 2.2 Ptils granskning

Ptil besluttet 31.12.2015 å granske hendelsen, hvorpå granskningsgruppe ble opprettet med følgende sammensetning (Mandat i vedlegg A):

- Irja Viste-Ollestad, fagområde Logistikk og Beredskap - Granskningsleder
- Terje L. Andersen, fagområde Konstruksjonssikkerhet
- Narve Oma, fagområde Konstruksjonssikkerhet (deltok ikke om bord)
- Sigvart Zachariassen, fagområde Arbeidsmiljø

Granskningsgruppen har gjennomført verifikasjoner og intervjuer om bord på CI i tidsrommet 1.-3.1.2016. Granskningsgruppen har hatt ytterligere intervjuer og møter med COSL for informasjonsinnhenting gjennom hele granskningen. Det har vært gjennomført møter med Global Maritime, Kongsberg Maritime, Kongsberg Seatex, Wood Group Mustang Norway (tidligere Grenland Group og Agility Group), DNV GL, Statoil og IMS.

Ptil har i granskingen brukt egne konsulenter, Sverre Haver og Carl Trygve Stansberg for verifikasjon og vurdering av dokumenter angående air gap beregninger og modelltest. Meteorologisk Institutt har bidratt med værdata og vurdering av vind- og bølgeførhold.

Ptil har innhentet og gjennomgått informasjon som dekker tidsperioden fra designutvikling til ulykken inntraff.

## 3 Oversikt over aktører og relasjoner

Fra designutvikling frem til innretningen kom i operasjon, har det vært mange aktører involvert. Under gis en oversikt, se også Figur 1.

2005

- Global Maritime (GM) påbegynner utviklingen av GM4000-D.
- GM inngår kontrakt med DNV for godkjenning av GM4000-D design.
- OffRig etableres som rederi for å ta GM4000-D ut i markedet.
- OffRig inngår kontrakt med Yantai CIMC Raffles Offshore Ltd. (Yantai) om bygging av den første innretningen (Pioneer).

<sup>3</sup> <http://www.cimc-raffles.com/en/enterprise/raffles/company/overview/introduction/>

<sup>4</sup> Det Norske Veritas Classification Certificate for COSLInnovator, datert 14.01.2013.

<sup>5</sup> <https://exchange.dnv.com/Exchange/main.aspx?extool=vessel&subview=summary&vesselid=27625>.

## 2006

- OffRig inngår kontrakt med Yantai om bygging av WilInnovator som senere blir CI.
- Yantai inngår kontrakt med DNV for klasseoppfølging på verftet.
- 27.12.2006 Awilco kjøper OffRig. Nøkkelpersoner i OffRig blir med inn i det nye selskapet.
- Norsk Hydro vurderer GM4000 riggene til bruk på Troll.
- BP inngår kontrakt om bruk av WilPioneer på Skarv.

## 2007

- Mai 2007: Norsk Hydro inngår kontrakt med Awilco om bruk av to innretninger - WilInnovator og WilPromoter til oppstart på Troll-feltet høsten 2009.
- Norsk Hydro utfører ikke egne analyser av riggenes air gap.
- Statoil og deler av Norsk Hydro slås sammen til StatoilHydro. Statoil (fra 2009) samordner oppfølging av flyttbare nybygg.

## 2008

- Awilco kjøpes av COSL Drilling Europe (COSL). Innretningene bytter navn til COSLPioneer, COSLInnovator og COSLPromoter.
- GM går ut av prosjektet.
- Grenland Group overtar som designsekskap og videreutvikler til GM4000-D w/S&B. Har kontrakt med Awilco for designutvikling og for verftsrelatert design i Yantai.
- TeamTec (fra 2010 IMS) inngår kontakt om leveranser av vinduer med en agent som er på kontrakt med Yantai.

## 2011

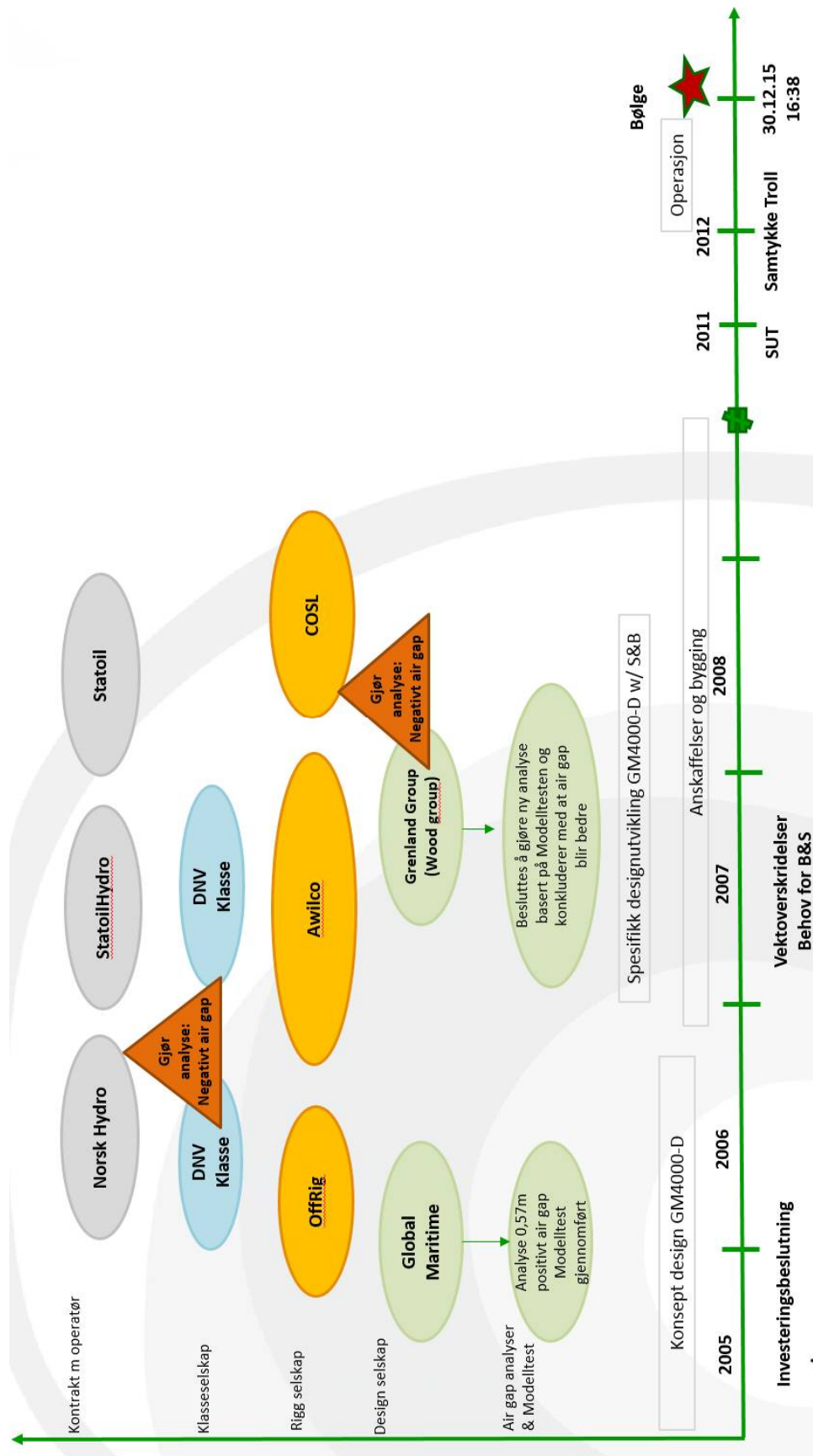
- COSL søker Ptil om samsvarsuttalelse (SUT) for CI, og får denne 30.3.2012.

## 2012

- Statoil søker Ptil om samtykke til CI for operasjon på Trollfeltet, og får dette 6.6.2012.

## 2013

- COSL setter CI i operasjon på Trollfeltet i januar 2013.



Figur 1 Oversikt over aktører og relasjoner





## 4 Hendelsesforløpet på Trollfeltet 30.12.2015

### 4.1.1 Før og under hendelsen

I romjulen ble det utført planlagt vedlikeholdsarbeid på BOP<sup>6</sup>. Innretningen var derfor frakoblet brønnen. På grunn av sterk vind, var dekket stengt for arbeid fra morgenen av på hendelsesdagen. Det hadde også vært stengt dagen før.

Om morgenen 30.12 viste værvarselet at signifikant bølgehøyde (Hs) var forventet å overstige 9 m, som er operasjonskriteriet for å ta innretningen opp i sikkerhetstilstand. På det daglige morgenmøtet om bord informerte derfor plattformsjefen om at innretningen skulle tas opp i sikkerhetstilstand. Plattformsjefen formidlet at operasjonen skulle starte rundt kl. 12, når BOP vedlikeholdsarbeidere var til lunsj. Plattformsjefen var i kontakt med søsterinnretningen COSLPromoter som også lå på Trollfeltet. Erfaringer med bevegelsesmønster for begge innretningene i sikkerhetstilstand ble diskutert.

Mellom kl. 12 og 13 ble innretningen løftet fra operasjonstilstand (dypgang på 17.75 meter) til sikkerhetstilstand (dypgang på 15.75 meter). På grunn av at den planlagte de-ballastering ville forårsake høyt vekttyngdepunkt ble ca. 100 tonn vannbasert boreslam dumpet til sjø. Borevæske ble også forflyttet til tanker i søylene for å senke tyngdepunktet. Dette ga ca. 120 tonn i vektmargin i forhold til krav gitt i stabilitetsmanualen. Innretningen ble posisjonert med vind litt inn fra babord (ca. 10 grader) og bølger litt inn fra styrbord (ca. 10-15 grader) og ca. 1.5 grad forlig trim<sup>7</sup>. Mannskapet opplevde at innretningen «lå fint» – både før og etter at den var hevet til sikkerhetstilstand.

Mannskapet opplevde uvær, men ikke noe urovekkende eller utover hva som var erfart tidligere. Idet bølgen traff opplevde flere som oppholdt seg i boligkvarter et smell etterfulgt av trykk i ørene. Personer som oppholdt seg i kontorer på hoveddekk opplevde store mengder hvitt vann på vindusrutene. Tre boredekkarbeidere som var i en pausecontainer ved boretårn hadde utsikt mot helikopterdekket og opplevde bølgesprøyt høyere enn helikopterdekket, men ikke slag eller bevegelser. De merket at vann slo inn mot veggen og at det etterpå strømmet vann ned på taket på containeren. DPO (dynamisk posisjonering operatør) og maskinromsoperatør som satt i kontrollrommet på broa, hørte et smell og opplevde at ørene «poppet», etterfulgt av sjøsprøyt på vinduene. På dette tidspunktet var det mørkt, og de så derfor ikke bølgen før den traff innretningen. Det gikk flere alarmer i kontrollrommet.

Plattformsjefen satt i pauserom på mellomdekk, i nærheten av skadeområdet. Han opplevde et hardt dunk med påfølgende rystelser som varte lenger enn normalt og gikk umiddelbart til broa. I korridoren utenfor pauserommet så han vann på gulvet og at den luftassisterte vørtette skyvedøra forut var åpen.

---

<sup>6</sup> Blow out preventer dvs. utblåsingssikkerhetsventil.

<sup>7</sup> Midlere helningsvinkel (omkring en tverrickse) til skroget som følge av forskjellig ballastert dypgang akter og forut på innretningen.

## 4.2 Været på hendelsesdagen

Innretningen er godkjent for værtilstander med bølger opptil  $H_s=17.3$  meter, midlere-bølgeperiode på 15 sekunder og vind inntil 51.5 m/s (1 minutt middel i 10 m nivå)<sup>8</sup>. På hendelsesdagen var været bedre enn disse kriteriene. Været ved hendelsestidspunktet var gitt ved følgende hovedparametere<sup>9</sup>:

- Signifikant bølgehøyde:  $H_s = 8.5 - 9.5$  meter.
- Bølgespektral topp-periode:  $T_p = 12 - 14$  sekunder.
- Vindhastighet: 24 – 26 m/s (10 m nivå, 10 minutter midlingstid).
- Bølgeretning: 170 – 180 grader (fra sør).
- Vindretning: 150 grader (fra sør/sørøst).
- Strømhastighet: 0.5 – 0.7 m/s.
- Strømretning<sup>10</sup>: 20 grader (mot nord/nordøst).
- Dønning<sup>11</sup>:  $H_s = 2.0$  meter fra 231 grader (fra sørvest).

Innretningen var lagt opp mot været med en kurs (heading) på ca. 160 grader.

Værdata, som angitt over, beskriver stasjonære forhold over en gitt tidsperiode. Ut fra statistiske modeller kan en basert på disse dataene estimere sannsynligheten for en gitt ekstrem bølgehøyde eller bølge topp.

Meteorologisk institutt<sup>12</sup> refererer til at sjøtilstanden på hendelsesdagen har en returperiode på 4 år dersom en ser bort fra bølgenes retning. Dersom en inkluderer retning så refereres det til en sjøtilstand med returperiode på 25 år. På Figur 2 er vist et bilde av sjøen tatt tidligere på hendelsesdagen ved en lavere sjøtilstand.



Figur 2 Bilde fra videooptak fra COSLInnovator kl. 14:24 på hendelsesdagen 30.12.2015 (Opptak fra Safety Officer)

<sup>8</sup> Appendix to Classification Certificate, DNV Høvik, Id. no. 27625, datert 18.10.2012.

<sup>9</sup> COSL Innovator Incident – Metocean Conditions, Statoil memo, Metocean ME2016-002, Rev. 2, datert 12.01.2016.

<sup>10</sup> E-post fra COSL datert 6.1.2016 pkt 14.

<sup>11</sup> Værmelding fra StormGeo Weather Forecast for Troll C 30.12.2015 12.00 UTC.

<sup>12</sup> ”WEATHER CONDITIONS...”, Meteorologisk Institutt, ISSN: 2387-4201.

Bølgeforhold blir utdypet i kapittel 8.

### 4.3 Etter hendelsen

Plattformsjefen utløste generell alarm rundt kl. 16:40, med påfølgende melding om å mønstre alt personell i oppholdsrom på hoveddekk. Plattformsjefen fortalte at han tenkte først å få snudd innretningen. Men melding om store skader gjør at han blir usikker på om innretningen vil tåle bevegelsene, som blir noe større idet innretningen snus. Videre er innretningens maskineri og luftinntak til maskiner akter, og plattformsjefen frykter at en tilsvarende bølge vil kunne føre til vanninntrenging og nedstenging av strømforsyning. Dette gjør at plattformsjefen velger å ikke snu innretningen. For å forebygge ytterligere skader fra nye bølger og skjerme det skadde området, blir innretningen dreid litt mot babord. Marine Section Leader, som var skadestedsleder, ledet søk- og redningslag og teknisk lag.

Omfattende skader og mange fysiske hindringer, gjorde det vanskelig å søke etter personell. To lettere skadde personer kom seg ved egen hjelp og noe støtte fra kolleger til hospitalet, hvor de fikk behandling. Den omkomne ble funnet rett før kl. 17., i korridoren ved sin lugar på nedre dekk. Han ble forflyttet til tørt område, hvor sykepleier og førstehjelpslaget utførte hjertelungeredning frem til ca. kl. 19. Da ble vedkommende bekreftet omkommet. Full oversikt over alt personell etableres ca. kl. 17:20.

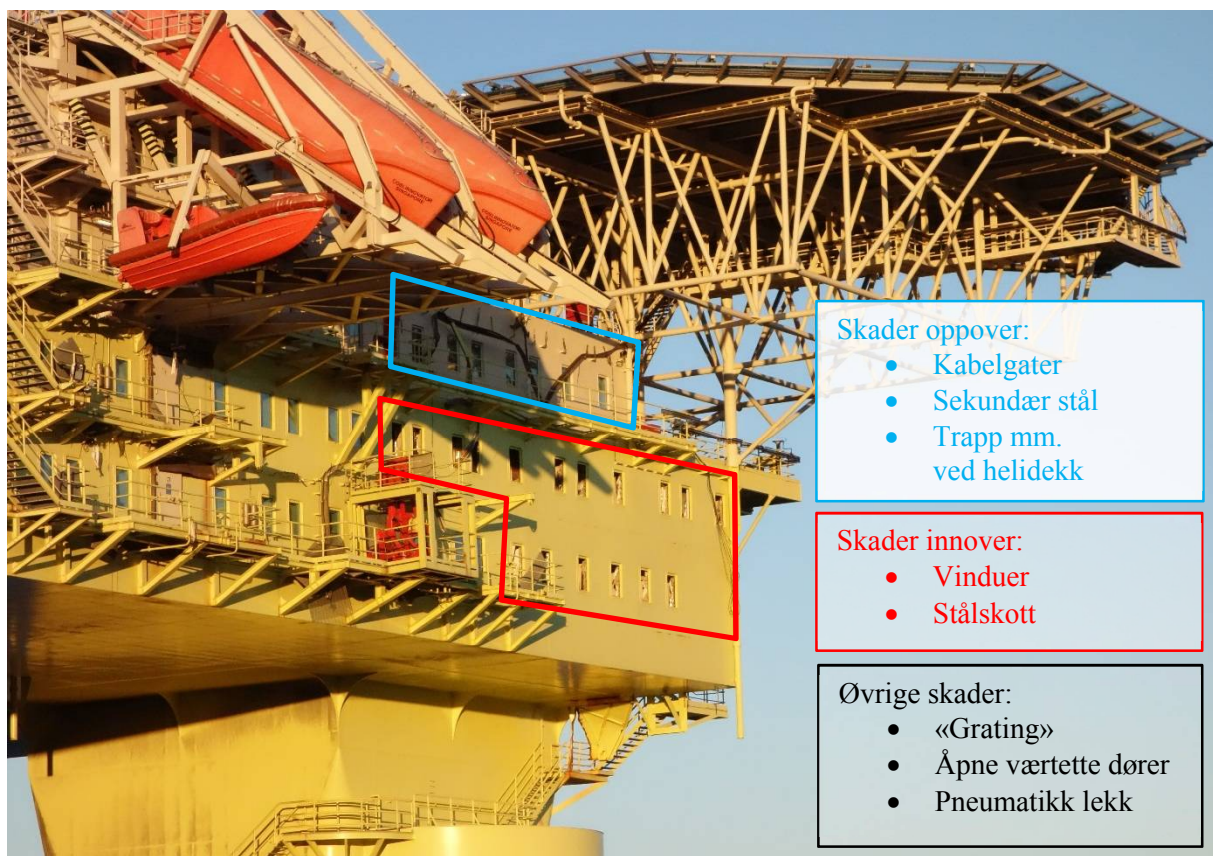
På mellomdekk kom vind og regn inn døra forut. Personell fortalte at det var vann til knærne og at det luktet elektrisk kortslutning. Denne døra og tilsvarende dør på nedre dekk ble trolig åpnet av kreftene fra bølgen mot trykkbryteren for luftassistert åpning. Bølgeslaget skadet også lufttilførselen for lokal operasjon av dører, og dørene blir derfor stående åpne. Etter kort tid kilte teknisk lag dørene i lukket tilstand. Teknisk lag tømte også ut vann fra korridorene ved å åpne vanntette dører, henholdsvis på babord og styrbord side i takt med innretningens bevegelser. I tillegg stengte de innvendig vann- og luftlekkasje, samt ryddet helikopterdekk for løse gjenstander.

Plattformsjefen besluttet ca. kl. 17:30 at ikke-essensielt personell skulle evakueres. Evakuering startet ca. kl. 20:30 og ble gjennomført med heising til helikoptre. Totalt ble 46 personer frivillig evakuert, inkludert to skadde. Resterende personell og den omkomne ble med innretningen inn til CCB basen i Bergen.

## 5 Hendelsens potensial

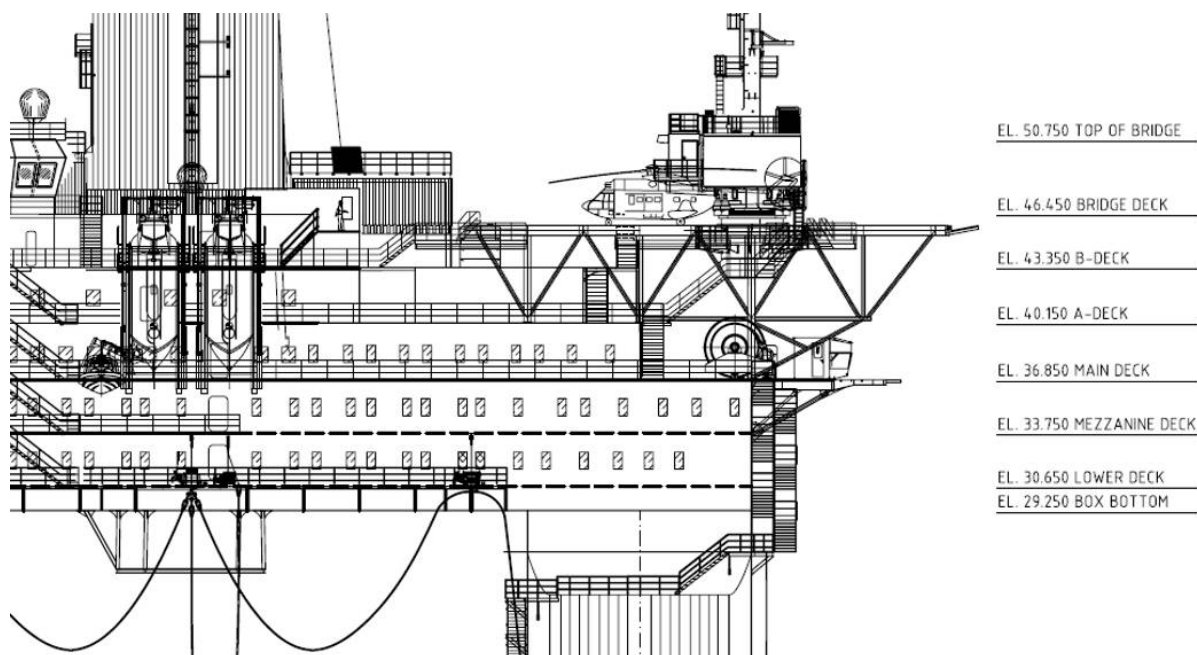
### 5.1 Faktisk konsekvens

En person omkom. Han oppholdt seg på lugaren sin på nedre dekk. Han døde momentant<sup>13</sup> da bølgen slo inn vinduet på lugaren. I tillegg ble fire personer lettere skadd. To av disse fikk kutt og hodeskader, og ble innlagt på sykehus. Disse hadde oppholdt seg på lugarene sine. CI fikk omfattende skader på til sammen 17 lugarer og korridorer fordelt på to dekk, babord side forut. 6 vinduer på nedre dekk og 11 vinduer på midtre dekk ble trykket inn, se Figur 3.



Figur 3 Fremside av COSLInnovator ved kai i CCB etter hendelsen. Skadeomfang ses av de innslåtte vinduene og festebrakettene for kabelgatene.

<sup>13</sup> Politiets pressemelding.



Figur 4 Oversikt over dekknivå.

Ptil merket seg følgende hovedtrekk ved skadene:

- Under hoveddekknivået var skadene på vinduer og stålskott rettet innover, med noe forflytning av gratingpaneler. Det er ikke konstruksjoner (gangvei og lignende) umiddelbart fremfor og under skadde vinduer på yttersiden av skottet.
- Over hoveddekknivået var skadene på gratingpaneler, kabelgater og sekundære konstruksjoner oppoverrettet.
- Mot midten av dekkboksens fremside og over A-dekk nivå var skadene på glass, gratingpaneler, værtette dører, kabelgater, utstyrsskap m.m. av mindre omfang, og i varierende retninger, både innover ved dørene midtskips og oppover i området ved helikopterdekket.

## 5.2 Potensiell konsekvens

Det materielle skadeomfanget innvendig i de berørte lugarer samt tilstøtende korridorer tilsier flere tap eller skade på menneskeliv under ubetydelig endrede omstendigheter. Hendelsen inntraff på et tidspunkt hvor det oppholdt seg få personer i skadet område. De skadde kunne også fått forverret personskade/død under ubetydelig endrede omstendigheter.



## 6 Regelverk som gjelder for innretningen

### 6.1 Generelt

COSLInnovator er en Singapore registrert flyttbar boreinnretning som har klasse i DNV GL. Rederiet har lagt rammeforskriftens (rf) § 3 vedrørende anvendelse av maritimt regelverk i petroleumsvirksomheten til havs til grunn i stedet for tilsvarende krav som følger av innretningsforskriften, på de områder det er anledning til det<sup>14</sup>. Gjennom rf § 3 gjøres deler av Sjøfartsdirektoratets, samt deler av DNV-GLs, regelverk gjeldende som regelverk også i petroleumsvirksomheten (som er Ptils myndighetsområde) gjennom såkalt adopsjon av krav. Som følge av dette blir disse kravene (fastsatt av andre enn Ptil) de facto også Ptils krav.

I det følgende er det gitt en kort oversikt over relevante forskrifter og regler relatert til dekkets avstand til høyeste bølgetopp på en halvt nedsenkbar innretning.

### 6.2 Sjøfartsdirektoratets (Sdir) regelverk

Byggeforskriften §10<sup>15</sup> gir spesifikke krav vedrørende dekkets avstand til vannflaten.

Pkt. 1.1.3 sier at «*det skal ved hjelp av modellforsøk eller beregninger bevises at innretningens neddykking og bevegelseskarakteristikk er sikker i alle aktuelle bølgespektra opp til bølgehøyde som er 10% større enn den maksimum bølgehøyde innretningen styrkemessig er konstruert for. Dersom innretning med overbygg og dekkshus ikke er beregnet for påkjenninger av bølger, skal det være en klaring på 1.5 m mellom underkant av nederste dekk og høyeste bølgetopp*».

Byggeforskriften §6.2<sup>15</sup> gir krav til beregninger av konstruksjoner og styrke.

Pkt. 3 sier at «*Beregningene skal utføres etter de til enhver tid gjeldende designkriterier og beregningsmetoder fastsatt i reglene til MOU-klasseinstitusjon*».

### 6.3 DNV GL klasseregler og tilhørende standarder

Den 29.11.2011 fikk COSLInnovator utstedt klassesertifikat hvor tildeling av klasse bla. er basert på følgende regler og standarder<sup>16</sup>:

Reference	Title	Year
DNV-OSS-101	Rules for Classification of Offshore Drilling and Support Units	April 2004
DNV-OSS-201	Verification for Compliance with Norwegian Shelf Regulations	July 2003
DNV-OS-A101	Safety Principles And Arrangements	October 2002
DNV-OS-B101	Metallic Materials	January 2001
DNV-OS-C101	Design of Offshore Steel Structures, General (LRFD Method)	April 2005
DNV-OS-C103	Structural Design of Column Stabilised Units (LRFD Method)	April 2005

<sup>14</sup> Rammeforskriftens § 3 sier at for flyttbare innretninger som er registrert i et nasjonalt skipsregister, og som følger et maritimt driftskonsept, kan relevante tekniske krav i Sjøfartsdirektoratets regelverk for flyttbare innretninger og med utfyllende klasseregler som gitt av DNV legges til grunn.

<sup>15</sup> Forskrift 4. september 1987 nr. 856 om bygging av flyttbare innretninger.

<sup>16</sup> DNV: Appendix to Classification Certificate Column-stabilised Unit –«COSLINNOVATOR, DNV ID No. 27625, datert 2012.10.18.

Av disse referansene har dokumentet DNV-OS-C103 (senere DNVGL-OS-C103) henvisninger til dekkets avstand til vannflaten («air gap»).

Kravene til «air gap» i denne standarden er<sup>17</sup>:

## D. Air Gap

### D 100 General

**101** In the ULS condition, positive air gap should in general be ensured for waves with a  $10^{-2}$  annual probability of exceedance. However, local wave impact may be accepted if it is documented that such loads are adequately accounted for in the design and that safety to personnel is not significantly impaired.

**102** Analysis undertaken to check air gap should be calibrated against relevant model test results when available. Such analysis should take into account:

- wave and structure interaction effects
- wave asymmetry effects
- global rigid body motions (including dynamic effects)
- effects of interacting systems, e.g. mooring and riser systems
- maximum and minimum draughts.

**103** Column “run-up” load effects shall be accounted for in the design of the structural arrangement in the way of the column and bottom plate of the deck connection. These “run-up” loads shall be treated as environmental load component, however, they should not be considered as occurring simultaneously with other environmental loads.

**104** Evaluation of sufficient air gap shall include consideration of all affected structural items including lifeboat platforms, riser balconies, overhanging deck modules etc.

Der er ingen forskjell i kravene mellom utgavene av DNV-OS-C103 ved tildeling av klasse (29.11.2011), ved SUT (30.3.2012) eller ved hendelsen (30.12.2015).

Standarden DNV-OS-C103 (senere DNVGL-OS-C103) refererte videre til følgende dokumenter for anbefalt design praksis:

- DNV-RP-C103 Column-stabilised Units.
- Classification Note 30.5 (senere endret til DNV-RP-C205) Environmental Conditions and Environmental loads.

DNVs «Recommended Practice» dokumenter (DNV-RP) er ikke listet opp i vedlegget til klasse sertifikatet, og er således ikke direkte basis for tildeling av klassesertifikatet. DNV bekreftet at teksten i Recommended Practice skal følges eller at en alternativ likeverdig teknisk løsning skal brukes<sup>23</sup>. Relevant designpraksis relatert til air gap er gitt som følger i DNV-RP-C103<sup>18</sup>:

<sup>17</sup> Offshore Standard DNV-OS-C103, Structural Design of Column Stabilised Units (LRFD method), April 2004, Amended April 2005.

<sup>18</sup> Recommended Practice DNV-RP-C103, Structural Design of Column Stabilised Units (LRFD method), February 2005.



### 2.3.6 Asymmetry factor in air gap calculation

Generally a wave asymmetry factor of 1.2 should be applied in the air gap calculations unless model tests are available. In this case the air gap shall be calibrated against the model tests.

Calculations for sufficient air gap is further referred to in 6.3.

## 6.3 Air gap

Requirements for sufficient air gap are specified in DNV-OS-C103 Sec.4 D100.

In the ULS condition, positive clearance between the deck structure and the wave crest, including relative motion and interaction effects, should normally be ensured. Localised, negative air gap may be considered as being acceptable for overhanging structures and appendages to the deck structure. In such cases full account of the wave impact forces is to be taken into account in the design. The consequence of wave impact shall not result in failure of a safety related system (e.g. lifeboat arrangements).

The wave asymmetry factor in air gap calculations is given in 2.3.6.

It is recommended, in the design phase, to consider operational aspects, including requirements to inspection and maintenance, which may impose criteria to air gap that exceed minimum requirements.

In the context of DNV-OS-C103 Sec.4 D103, column run-up load effects are not considered as resulting in negative air-gap responses.

Der er ingen forskjell i DNV-RP-C103 mellom utgavene ved tildeling av klasesertifikatet, ved SUT eller ved hendelsen, foruten:

- I utgaven juli 2015 er følgende endret i forhold til de to tidligere utgavene:
  - Bølge asymmetrifaktoren i punkt 2.3.6: Dersom ekstremresponsen er beregnet for 90% percentilen, så kan asymmetrifaktoren reduseres fra 1.2 til 1.1. Tidligere var det kun henvisning til en asymmetrifaktor på 1.2.
  - Ordet «normally» er tatt bort i pkt. 6.3 – hvor det refereres til air gap.

Classification Note 30.5<sup>19</sup> gir ingen direkte veiledninger relatert til «air gap», men gir føringer for steilhet på bølger og for beregning av bølgeslag.

DNV-RP-C205<sup>20</sup> gir direkte veiledninger for beregningsmetodikk for «air gap», samt utvidede føringer for bølgebeskrivelse og for beregning av bølgeslag («slamming»). Dokumentet gir også veiledninger om gjennomføring av hydrodynamisk modelltesting.

Asymmetrifaktoren blir senere diskutert da denne er viktig i beregning av air gap. En lav asymmetrifaktor vil øke beregnet air gap.

<sup>19</sup> DNV Classification Notes No. 30.5, Environmental conditions and Environmental loads, March 2000.

<sup>20</sup> DNV Recommended Practice DNV-RP-C205, Environmental conditions and Environmental loads, April 2007.

## 7 Årsaksforhold fra designprosessen

Utløsende årsaker til ulykken er at:

- Innretningen ble truffet av en steil bølge
- Vinduer med innfestning kunne ikke motstå trykket fra en slik bølge

I det følgende vil en gå gjennom bakenforliggende årsaksforhold.

### 7.1 Beslutningsgrunnlaget for design med hensyn til air gap

Det ble i 2006 gjennomført hydrodynamiske beregninger<sup>21</sup> og modellforsøk<sup>22</sup> for å vurdere bevegelseskarakteristikken og klaringen mellom dekket og sjøen (air gap). Dette arbeidet ble opprinnelig utført i regi av Global Maritime (GM) for konseptdesign av GM4000-D skroget. Analysen<sup>21</sup> anga et minste positivt air gap på 0.57 m. Rapporten fra modellforsøket<sup>22</sup> oppsummerer at det ble funnet null air gap for alle testede bølgeretninger, unntatt for sjø på tvers, hvor det ble funnet positivt air gap. Modelltestrapporten er imidlertid ikke entydig i sin konklusjon om air gap.

GM hadde kontrakt med DNV for å få godkjent konseptuelt design av GM4000-D. DNV gjennomførte en uavhengig analyse som viste ca. 4 meter negativt air gap<sup>23</sup>. Dette ble kommunisert til GM i brev form<sup>30</sup> og var inkludert som klassekommentar inntil september 2007<sup>34</sup>.

I 2008 utførte Grenland Group (GG) nye analyser av air gap i forbindelse med modifikasjon av design på grunn av ekstra oppdriftselementer for å kompensere for økte vekter i byggeperioden. Modifisert design med «sponsons» og «blisters» kalles deretter GM4000-D w/S&B. GGs analyser viser at designet har negativt air gap på ca. 4 meter<sup>24</sup> i sikkerhetstilstanden.

Etter diskusjon mellom Awilco, GG og DNV valgte man å ta utgangspunkt i konklusjonene fra modelltesten og ikke vektlegge GGs analyse<sup>24</sup> videre i designprosessen<sup>25</sup>. DNV har ikke bekreftet å ha deltatt i denne diskusjonen.

Det ble derfor utført en ny lineær air gap analyse av GG. Resultatene inngår som en oppdatering av en eksisterende GG rapport om bevegelseskarakteristikk<sup>26</sup> for GM4000-D w/S&B. Den reviderte rapporten<sup>27</sup> anga endringer som følge av oppgradering (w/ S&B) målt i forhold til et null air gap nivå hvor modelltestrapporten fra 2006 ble brukt som null referanse. Rapporten konkluderer med en forbedring etter oppgradering.

Ifølge DNV<sup>23</sup> ble GM informert i 2007 om at DNVs egne analyser tydet på at GM-4000D designet hadde negativt air gap på ca. 4 meter. DNV opplyste at de i hele klasse behandlingen

<sup>21</sup> Air Gap Analysis, Global Maritime A/S Dok.nr. 910-003-N-201-CA-004, datert 10.2.2006.

<sup>22</sup> Oceanic: Experimental Performance Evaluation of the Semi-Submersible «OffRig Pioneer», Dok. Nr.: ORS001-01, datert 8. Des. 2006.

<sup>23</sup> Intervju med DNV Incident Task Force 18.02.2016.

<sup>24</sup> Airgap Analysis, Grenland Group Technology, dok. no. 10113049-0072-ANL, datert 12.09.2008.

<sup>25</sup> Intervju med Wood Group Mustang Norway (tidligere Grenland Group), 12.02.2016.

<sup>26</sup> Motion Comparison Analysis, GM4000 Upgrade, Grenland Group, dok nr. 10113049-0019-ANL, datert 16.05.2008.

<sup>27</sup> Motion Comparison Analysis, GM4000 Upgrade, Grenland Group, dok nr. 10113049-0019-ANL, datert 18.11.2008.

har forholdt seg til egne analyseresultater for air gap. Kommentaren om negativt air gap i DNVs saksbehandling ble lukket i 2007. DNV kunne ikke klargjøre grunnlaget for å lukke kommentaren, men bekreftet at CI var i stand til å tåle et negativt air gap på 4 meter med hensyn til bølgeslag under dekk (vertikal slamming). Som grunnlag for den vurderingen viste DNV til saksbehandling av en annen søster-innretning (Island Innovator). Ifølge DNV var det ikke vanlig å inkludere horisontale bølge-slag på dekkskonstruksjonen i analyser, selv om negativt air gap var identifisert. Dekksboksen på CI var således ikke designet for å motstå krefter fra horisontale bølgeslag (slamming).

Ytterskottet av dekkboksen ble dimensjonert ut fra global styrke, og for å motstå vanntrykk i henhold til skadestabilitetskrav. Vinduer med innfestning var derfor ikke spesifisert til å motstå krefter fra horisontale bølgeslag, kun hydrostatisk trykk.

## 7.2 Teknisk grunnlag for design med hensyn til air gap

I det følgende er det gjort en gjennomgang av rapportene som omtaler air gap. Mye av dokumentasjonen for CI, som er det andre bygget med GM-4000 skrog, er basert på dokumentasjon for den første innretningen (COSLPioneer). Tabell 1 gir nøkkeldatoer for byggingen av de tre COSL-innretningene.

Tabell 1 Milepæl datoer for de tre søsterinnretningene Pioneer, Innovator og Promoter.

Byggeperioder <sup>28</sup>	Verft kontrakt	Kjøp lagt	Lvert fra verft	Operasjon	DNV id nr
COSLPioneer	07.11.2005	28.09.2007	15.11.2010	Statoil 8.2011	26952
COSLInnovator	28.08.2006	11.04.2008	28.11.2011	Statoil - Troll feltet 1.2013	27625
COSLPromoter	20.03.2007	29.08.2009	14.05.2012	Statoil - Troll 4.2013	28127

### 7.2.1 Air Gap Analysis, Global Maritime

Air Gap Analysis, Global Maritime A/S Dok.nr. 910-003-N-201-CA-004, datert 10.2.2006: Det ble i 2006 gjennomført hydrodynamiske beregninger av GM, for å vurdere klaringen mellom dekk og bølgetopp for et sett av punkter som bl.a. representerer de ytre grensene av dekkskonstruksjonen på GM4000-D. Rapporten fra analysen anga et minste positivt air gap på 0.57 m i sikkerhetstilstand med en tilhørende dypgang på 15.75 m. Rapporten fra analysen anga også et minste positivt air gap på 2.25 m i operasjonstilstand med en korresponderende dypgang på 17.75 m<sup>29</sup>. Dette var en lineær analyse gjennomført med programvaren MOSES.

Ptils merknader til denne analysen:

- Den tar ikke hensyn til interaksjonen mellom bølger og skrog (som skal inkludere den lokale bølgehevningen).
- I sikkerhetstilstand er en signifikant bølgehøyde,  $H_s = 16.8$  m benyttet. Dette er 0.5 meter lavere enn det som ligger til grunn for DNVs godkjenning, ref kapittel 4.2.

<sup>28</sup> DNV on-line vessel info.: <https://exchange.dnv.com/Exchange/main.aspx> (Informasjon hentet den 10.03.2016).

<sup>29</sup> Operasjonstilstand er begrenset til en sjøtilstand på  $H_s \leq 9$  meter iht GMs air gap rapport.

- Den kalibreres ikke i ettertid mot senere utført modelltest. Ptil har ikke mottatt dokumentasjon om eventuell vurdering av samsvar mellom analyse og forsøk fra designfasen.
- Den inneholder på dette tidspunktet ikke ekstra flyteelementer («sponsons» og «blisters»). Flyteelementer ble introdusert i designet i 2008.
- Den inneholder relativt få referansepunkter for sjekk av negativt air gap<sup>54</sup>.
- Rapporten adresserer ikke Sjøfartsdirektoratets krav<sup>14</sup> om en positiv klaring (air gap) på 1.5 meter, dersom overbygget ikke er dimensjonert for påkjenning av bølger.

DNV hadde kontrakt med GM for å godkjenne konseptuelt design av GM-4000D. DNV gjennomførte en egen uavhengig analyse som viste ca. 4 meter negativt air gap. Dette ble kommunisert til GM i brev<sup>30</sup>, og GM svarer<sup>31</sup> den 30. mars 2006 med å be om veiledning i å utføre analysene med forstyrret bølge (bølge struktur interaksjon<sup>32</sup>) for å møte DNV sine krav.

### 7.2.2 Modelltesten

Oceanic: Experimental Performance Evaluation of the Semi-Submersible «OffRig Pioneer», Dok. Nr.: ORS001-01, datert 8. Desember 2006:

Hydrodynamiske modellforsøk i bølger ble gjort sommeren 2006 av Oceanic, i IOT's<sup>33</sup> «32m x 75m Offshore Engineering Basin» i St. Johns, Canada. Dette ble gjennomført på oppdrag fra OffRig. Testene ble slutt rapportert i desember 2006. Tester i både regulære og irregulære bølger ble gjennomført. Til sammen 14 regulære bølger med forskjellige perioder og bølgehøyder ble brukt for å bestemme transferfunksjoner. Til sammen 8 testtilstander ble gjennomført for irregulære bølger i operasjonskondisjon og sikkerhetstilstand. Alle operasjonelle tilstander er testet med bølgespekter topp-perioder (Tp) rundt 9.5 s, og signifikant bølgehøyde (Hs) rundt 7 – 8 m. For sikkerhetstilstanden var alle perioder rundt 19 s, med signifikante bølgehøyder rundt 16 – 17 m. Modell skala var 1:40 med forankring inkludert for irregulær sjø.

Ptils merknader til modelltesten:

- Den inneholder ikke sponsons og blisters og er dermed ikke helt representativ for GM-4000D w/S&B.
- Den inneholder så langt vi kan se kun én realisasjon for hver sjøtilstand.
- Sikkerhetstilstandene er ikke testet med de steileste bølgene en kunne forvente (med den kunnskap en hadde i 2006).
- Kun en sjøtilstand er i praksis vurdert for henholdsvis operasjonstilstand og sikkerhetstilstand, men med forskjellige retninger.
- I noen av testene oppnås ikke en fullt utviklet sjøtilstand for sikkerhetstilstand.
- Rapportens konklusjon er uklar sett i sammenheng med informasjon fra rapportens vedlegg J. Der måles negativt air gap. Betydningen av det målte negative air gap er ikke tydelig kommunisert i rapporten.

<sup>30</sup> DNV: D26952-J-90,5894830/DNV.

<sup>31</sup> GM: 910-003-DNV-L-010, datert 30.03.2006.

<sup>32</sup> Dette betyr at konstruksjonen (strukturen) vil påvirke bølgen som dermed får en høyere bølgetopp nær konstruksjonen.

<sup>33</sup> National Research Council-Institute for Ocean Technology.

GM refererer til modelltest rapporten i sin saksbehandling<sup>34</sup> av negativ air gap overfor DNV. DNV ba om modelltestrapporten<sup>34</sup> (18.9.2006), for gjennomgang med hensyn til bølgeslag og «run up», men kommenterer kun på den delen av rapporten som omhandler forankring<sup>35</sup>.

DNV lukket senere kommentarer og opprettet nye kommentarer i sin saksgang<sup>34</sup> relatert til bølgeslag og negativt air gap. Den ene kommentaren ble lukket 23.5.2007 (etter møte på Yantai) og den andre kommentarer ble gitt informasjonsstatus 2.9.2007 (etter møte med GM den 25.6.2007). Det er ikke opplyst hva som er bakgrunnen for endring av status på kommentarene, og det går heller ikke klart fram fra møtoreferater, fra disse møtene, som Ptil har mottatt i granskningen.

COSL har ikke vært i stand til å frembringe bestilling og tilhørende oppdragsbeskrivelse for modelltesten.

### 7.2.3 Airgap Analysis, Grenland Group Technology

Airgap Analysis, Grenland Group Technology, dok. no. 10113049-0072-ANL, datert 12.09.2008:

I 2008 utførte Grenland Group (GG) nye analyser av air gap i forbindelse med modifikasjon av designet på grunn av ekstra oppdriftselementer for å kompensere for økte vekter i byggeperioden. Det modifiserte designet kalles deretter GM-4000D w/S&B. GGs analyser viser at designet har negativt air gap i størrelsesorden 4 meter.

Ptils merknader til denne analysen:

- Dette er, etter vår vurdering, den mest komplette analysen vi har fått tilgang til for de tre COSL-innretningene.
- Den inneholder sponsors og blisters.
- Den inneholder mange referansepunkter for sjekk av negativt air gap.
- Den tar hensyn til bølge-struktur interaksjon (forstyrret bølge).
- Den gir ikke referanser til tidligere rapporter, selv om den henviser til tidligere studier. Det er ikke tydelig angitt hvilke tidligere studier man henviser til.
- Analysen kalibreres ikke i ettertid mot modelltesten.
- Den rapporterer om negativt air gap i operasjonstilstand (for forstyrret bølge) og for sikkerhetstilstand (både for uforstyrret- og forstyrret bølge).
- Analysen konkluderer med at oppgraderingen med nye oppdriftselementer har ført til noe forbedring i air gap i forhold til opprinnelig geometri.

GG sier at analysens resultater ble diskutert med Awilco og DNV<sup>25</sup>. Resultatene legges til side og GG anså dette som en uoffisiell rapport. GG kan i dag ikke forklare fullt ut beslutningsgrunnlaget for denne avgjørelsen. GG besluttet å gjennomføre en ny analyse, med utgangspunkt i resultatene fra opprinnelig design<sup>36</sup>. Denne analysen adresseres i avsnitt 7.2.4. Det bekreftes av GG at de ikke har gjort en kritisk gjennomgang av modelltestrapporten med vedlegg.

<sup>34</sup> Chronological summary of the approval work related to air gap and slamming under the deck box bottom on COSLInnovator. DNV, 23.02.2016.

<sup>35</sup> DNV: D26952-J-1040, datert 19.03.2007.

<sup>36</sup> GG: memo 8.9.2008 Subject: Notes from meeting with DNV/Dr.Techn.OlavOlsen 05 september 2008.

#### 7.2.4 Motion Comparison Analysis, GM4000 Upgrade, Grenland Group

Motion Comparison Analysis, GM4000 Upgrade, Grenland Group, dok nr. 10113049-0019-ANL, datert 18.11.2008:

I 2008 utførte Grenland Group (GG) en ny analyse av air gap i forbindelse med modifikasjonen med ekstra oppdriftselementer. I denne nye analysen ble det valgt å ta utgangspunkt i konklusjonen fra modelltesten til Oceanic, hvor det ikke var registrert negativt air gap. Med dette som grunnlag valgte en å sammenlikne resultatene fra den nye analysen med en referanse om null air gap. Selve modelltest rapporten med tilhørende vedlegg ble ikke kritisk gjennomgått av GG. Konklusjonen fra analysen er at nye flyteelementer forbedrer situasjonen mht. air gap.

Den eksisterende rapporten Motion Comparison Analysis, GM4000 Upgrade, Grenland Group, dok. nr. 10113049-0019-ANL, datert 16.05.2008, rev. 02, ble oppdatert med resultater fra den nye air gap analyse i rev. 03 av dokumentet (datert 18.11.2008).

Ptils merknader til denne analysen:

- Rapporten utgis med prosjekt tittel GM4000 Upgrade – Global Analyses Scantling Design (dvs. rapporten var ikke spesifikk for CI).
- Den bruker konklusjonen fra modelltest-rapporten som et nullnivå for air gap, og har denne rapporten inkludert som en referanse.
- Hydrodynamisk beregningsmodell inneholder sponsons og blisters, men også en sammenlikningsmodell uten.
- Den inneholder mange referansepunkter for sjekk av air gap.
- Den tar hensyn til bølge-struktur interaksjon (forstyrret bølge).
- Den rapporterer om resultater kun for sikkerhetstilstand.
- Den konkluderer med at oppgraderingen førte til forbedring i air gap i forhold til opprinnelig geometri.
- Rapporten kommenterer ikke Sjøfartsdirektoratets krav<sup>14,15</sup> om en positiv klaring på 1.5 meter, dersom overbygg ikke er dimensjonert for påkjenning av bølger.

DNV bekreftet<sup>37</sup> overfor GG at rapporten er mottatt for informasjon, uten ytterligere kommentarer.

I 2011 ble denne rapporten spesifikt utgitt på nytt av GG for COSLInnovator som Motion Comparison Analysis, Grenland Group, dok. nr. 10113217-ANL-N-0010, datert 4.7.2011. Rapporten ble sendt til DNV som en del av dokumentasjonen for COSLInnovator. DNV bekreftet overfor Ptil<sup>23</sup> at rapporten er mottatt for informasjon, uten ytterligere kommentarer.

---

<sup>37</sup> DNV: D29492-J-104, datert 16.12.2008.

### 7.2.5 Observasjoner knyttet til air gap

Ptil har fokusert på hvordan bølgeslag på fremsiden av dekkboksen kunne oppstå. Til dette har designgrunnlaget for innretningens air gap vært sentralt. Air gap påvirkes både av sjøtilstanden og av innretningens bevegelser (ref. også avsnitt 8). Analysene utført i designforløpet for å klarlegge mulig negativt air gap er sentrale i observasjonene gitt nedenfor.

Ptils merknader til ovennevnte analyser:

- Konklusjonene fra modelltestrapporten til Oceanic ble brukt som et referansedokument i innsendt sluttdokumentasjon, både av GM og GG<sup>34</sup>. GG bekreftet at teksten og appendiks som omhandler air gap ikke er kvalitetssikret av dem. DNV ba om rapporten ifm. sine kommentarer til air gap, men ga kun kommentarer angående forankring.
- Alle rapportene angir at analysene er utført med en bølgeasymmetrifaktor på 1.1. Dette i kombinasjon med 90% percentil av ekstrem-verdi fordelingen til responsen. Dette var anbefalinger fra DNV<sup>38</sup>. DNV-RP-C103 hadde en henvisning til en asymmetri faktor<sup>39</sup> på 1.2 på denne tiden. DNV-RP-C205 har også en generell henvisning til en asymmetrifaktor<sup>20</sup> på 1.2. Faktoren inngår som en del av en forenklet beregningsmetode. Det angis i tillegg at den forenklete metoden ikke kan anvendes nær søyler. De største skadene på hendelsesdagen var i umiddelbar forkant av fremre babord søyle på innretningen (ref. også kapittel 12.4).
- Negativt air gap var resultatet av uavhengige analyser i perioden 2006 til 2008 (av DNV, GG). Ifølge DNV var det ikke vanlig å inkludere horisontale bølge-slag på dekkskonstruksjonen i analyser, selv om negativt air gap var identifisert.
- Ifølge DNV<sup>23</sup> var oppmerksomheten i design prosessen rettet mot vertikale bølgeslag under dekket dersom analyser eller modelltest viste negativt air gap. Det var ikke vanlig å vurdere effekten av horisontale bølgeslag på dekkskonstruksjonen. Skadene i ulykken ble forårsaket av horisontale trykk fra bølgen. Betydningen av horisontale bølgeslag ser ut til å ha blitt underkommunisert i design prosessen.

Det er Ptils vurdering at ovennevnte forhold er bakenforliggende årsaker til ulykken.

---

<sup>38</sup> DNV MEMO No. D26952-J-24, datert 9.1.2006.

<sup>39</sup> Recommended Practice DNV-RP-C103, February 2005.

## 8 Bølgeførhold og innretningens bevegelser

Når innretningen er i sikkerhetstilstand og sjøen er stille er det 13.5 meter air gap (stillevanns air gap, a0) mellom havoverflaten og undersiden av dekket. Air gap påvirkes deretter både av bølgetopp og av innretningens bevegelser (rull, stamp og hiv).

Avstanden fra underkant av dekkboksen til hoveddekk er 7.6 meter. De øverste vinduene som ble trykket inn er ca. 6 meter over dekkboksens bunnplate.

I hendelsesøyeblikket var CI forlig trimmet til ca. 1.5 grader som medfører større dyptgående forut enn akterut. Dette har medvirket til å redusere avstanden fra stillevannsnivå til undersiden av dekkboksen forut. Effekten av 1.5 grader trim er ca. 1.2 meter lavere air gap ytterst på dekkboksen.

### 8.1 Estimer av bølgetoppen under hendelsen

På hendelsesdagen var været gitt ved hovedparametere nevnt i avsnitt 4.2. Utfra disse dataene har Statoil estimert ekstrem bølgekam høyder (over stillevannsnivå) for en storm på 12 timer basert på en Forristals bølgetopp fordeling<sup>9</sup>. Tabell 2 viser estimer fra Statoil og uavhengige estimer fra Haver<sup>40</sup>. Det er god overensstemmelse mellom estimatene for uforstyrret bølgetopp. Haver har i tillegg gjort et forenklet estimat av den diffrakterte bølgetopp (bølgestruktur-interaksjon) som viser stor tilleggseffekt på bølgetopp når den treffer CI. Stansberg<sup>46</sup> gjør en uavhengig vurdering som bekrefter størrelsesordenen for Havers estimat for en diffraktert bølgetopp nær innretningen.

Tabell 2 Statistiske bølgehøyde estimer for sjøtilstanden 30.12.2015 med en Hs på 9.5 meter og en varighet på 12 timer.

Sannsynlighet for å ikke overskride angitt bølgetopp	Statoil, uforstyrret bølge topp	Haver, uforstyrret bølge topp	Haver, diffraktert bølge topp
[%]	[m]	[m]	[m]
50	11.1	11.2	15.8
90	12.3	12.5	17.1
99	13.7	13.9	18.5

Fra estimatene på diffraktert bølgetopp og innretningens bevegelser kan en gjøre en vurdering av muligheten for å få negative air gap.

Kongsberg Maritime har satt sammen samtidige målinger<sup>41</sup> av innretningens bevegelser i stamp, rull og hiv fra DPS-4D systemet. Vi vet imidlertid ikke eksakt hvilket tidspunkt bølgen traff. Det er derfor ikke etablert en sammenheng for hvordan innretningen responderte (hiv<sup>42</sup>, stamp<sup>43</sup>, rull<sup>44</sup>) på bølgens posisjon i hendelsesøyeblikket. Kongsberg Maritime har prøvd å synkronisere informasjon fra DPS-4D systemet og lydopptak fra Marin Black Box (MBB),

<sup>40</sup> Beregning av høyde av bølgetopp relativt til plattformen ved skade, S. Haver, datert 21.02.2016.

<sup>41</sup> Kongsberg Maritime rapport over DPS-4D data. 24.1.2016, revisjon 1.4.

<sup>42</sup> Vertikal posisjon for innretningens bevegelse av tyngdepunktet (CoG), målt i meter.

<sup>43</sup> Bevegelse av innretningen opp/ned forut og akter, omkring tverraksen (Engelsk pitch), målt i grader.

<sup>44</sup> Rulling av innretningen fra side til side, omkring lengdeaksen (Engelsk roll), målt i grader.



for å nøyaktig identifisere tidspunktet for ulykken. Det har vist seg at de to systemer ikke har synkroniserte tidsangivelser<sup>45</sup>.

Stansberg<sup>46</sup> mener at bølgen mest sannsynlig traff på tidspunktet 15:38:10, UTC på tidsregistreringene til DPS-4D (tilsvarer 16:38:10 lokal tid).

Basert på de målte bevegelser av innretningen har granskningsgruppen laget estimater for stille vanns air gap til forskjellige tidspunkt rundt hendelsestidspunktet. Vedlegg B og Tabell 3 viser effekten av innretningens bevegelser på stille vann (SV) air gap. Haver og Stansberg har gjort tilsvarende vurderinger på et generisk grunnlag (Tabell 4).

Tabell 3 Effekten på stille vann air gap fra de registrerte samtidige bevegelses-frihetsgrader for utvalgte tidspunkt nær hendelsen (Fra Kongsberg DPS-4D lagrede målinger).

	Tidspunkt UTC DPS-4D	Stille vanns air gap (nominelt)	Hiv endring i senteret	Stampe effekt forut @ 40.5 m	Rull effekt babord @ 32.5 m	Resulterende SV air gap babord forut
		(a <sub>0</sub> )	(a <sub>H</sub> )	(a <sub>S</sub> )	(a <sub>R</sub> )	(a=a <sub>0</sub> +a <sub>H</sub> +a <sub>R</sub> +a <sub>S</sub> )
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
A (+)	15:38:06.9	+13.5	-2.2	-3.2	+0.0	8.1
B (◇)	15:38:08.7		-3.8	-2.4	-1.0	6.3
C (o)	15:38:10.0		-3.6	-0.9	-1.6	7.4
D (+)	15:38:18.5		-0.6	-5.6	+1.5	8.8

Tabell 4 Air gap estimater utført av Haver<sup>40</sup> (SH) og Stansberg<sup>46</sup> (CTS) for tidsrommet nær hendelsen.

	Haver/Stansberg	Hiv	Stamp	Rull	Resulterende SV air gap babord forut
		[m]	[°]	[°]	[m]
SH1	«pessimistisk anslag»	0	-4.25	0	10.5
SH2	«optimistisk anslag»	0	0	0	13.5
CTS	«Scenario»	0	-2	-2	11.5 ± 1

Ved å sammenligne verdiene for innretningens bevegelser fra Tabell 3 og Tabell 4 med de estimerte statistiske bølgetopp verdiene i Tabell 2 er det rimelig å anta at en negativ air gap hendelse vil kunne inntreffe i den rapporterte sjøtilstanden, dersom innretningens bevegelser ikke klarer å følge bølgenes bevegelser (rette seg opp i tide). Tabell 3 og Tabell 4 viser at det er flere situasjoner hvor bølger som er estimert i Tabell 2 vil kunne medføre negativt air gap av samme størrelsesorden som på hendelsesdagen.

Ovennevnte forhold er basert på beregnet signifikant bølgehøyde (H<sub>s</sub>) i det aktuelle tidspunktet fra MIROS (bølgeradar) på Troll-feltet. Meteorologisk institutt har utført en uavhengig vurdering av værforholdene på hendelsesdagen. Metrologisk Institutt sin

<sup>45</sup> E-post fra Kongsberg Maritime 22.2.2016

<sup>46</sup> Vurdering av hendelse på COSLInnovator 30/12-15, C. T. Stansberg, Rapport 002, datert 03.03.2016

konklusjon er at MIROS data kan underestimere sjøtilstanden ved gitte forhold. Dette bekreftes også av Haver<sup>40</sup>. Metrologisk Institutt gir et høyere estimat for sjøtilstanden ( $H_s > 9.5$  m) ved hendelsestidspunktet enn hva Statoil gjør, ref. avsnitt 4.2.

Haver<sup>40</sup> gjør en vurdering av mulighetene for «freak» bølger på hendelsestidspunktet. Han konkluderer med at: *Såkalte freak bølgetopper vil jeg definere som bølgetopper som svarer til en vesentlig overskridelse av 99% -verdien av ekstremverdifordelingen ... basert på høyden 14-15m [uforstyrret] er det ikke noen grunn til å konkludere at bølgetoppen er «freak».*

Stansberg<sup>46</sup> gjør en vurdering av muligheten for at det kan ha vært en brytende bølge og konkluderer: *Da ville slammingtrykkene kunne bli mye høyere på vertikale vegger ... Men observasjonene tyder ikke på en slik hendelse.*

På grunnlag av de data som foreligger er det Ptils vurdering at bølgen var steil, men at værforholdene 30.12 sannsynligvis var innenfor det innretningen skal være designet for.

## 8.2 Estimat av bølgelastene og vindusinnfestningens styrke

Estimater for horisontal trykk fra bølgeslaget som forårsaket ulykken:

- Stansberg<sup>46</sup>: 200 – 300 kPa
- Wood Group Mustang Norway<sup>47</sup>: 250 – 300 kPa (basert på deformerte plater og stivere i skott)
- DNV<sup>23</sup>: 350 kPa

Stansberg<sup>46</sup> oppgir at lastene fra bølgeslag forekommer «både vertikalt og horisontalt», og at «vannhastighet anslås til 15 m/s».

Bølgetrykket fra hendelsen, estimert ovenfor, er vesentlig større enn det statiske vanntrykket fra skadevannlinjer som fremkommer fra gjeldende stabilitetsregler. Det statiske trykket dannet design grunnlaget for spesifikasjonen til vinduene levert av TeamTec nå IMS. De skadede vinduene (ventiler) ble levert med 15 mm trykkglass. IMS bekrefter at vinduene skal tåle trykk på 5.8 mVS (tilsvarer 58 kPa). Kravet til vinduer er at disse skal trykkprøves med 3 ganger aktuelt vanntrykk<sup>48</sup>. Det vil si at vinduene kan forventes å motstå ca. 180 kPa. Vinduene inkludert innfestning var dermed ikke designet for trykket fra bølgen.

Det ble avdekket at det i stor grad ble brukt bolter med lavere fasthetskklasse til innfestning av vinduer, enn det som var spesifisert av leverandør. Observasjoner viser at det er omtrent lik bruddstyrke for innfestning med de svakeste bolter og glass<sup>49</sup>. Ptils vurdering er derfor at bruk av bolter med lavere fasthetskklasse ikke har vært avgjørende for skadeomfanget.

<sup>47</sup> Capacity of Forward Bulkhead – ALS Slamming Loads, Wood Group Mustang Norway, dok. nr. 10113778-N-241-CA-002, datert 25.01.2016.

<sup>48</sup> Forskrift 20. desember 1991 nr. 878 om stabilitet, vannrett oppdeling og vannrette/værtette lukningsmidler på flyttbare innretninger §34 punkt 3.a).

<sup>49</sup> Intervju med IMS 16.2.2016.

## 9 Observasjoner

Det er i granskningsprosessen identifisert følgende avvik og forbedringspunkt mot HMS-regelverket:

### 9.1 Avvik fra krav til personellkontroll

Beskrivelse:

Opptellingssystemet under mønstring fungerte ikke tilfredsstillende.

Begrunnelse: Den ansvarlige skal sikre at personell skal kunne lokaliseres og reddes så raskt som mulig. I beredskapsplanen for CI er det satt krav til POB kontroll innen 10 minutter ved en fare- eller ulykkeshendelse, blant annet for å sikre at personell kan reddes så raskt som mulig i slike situasjoner.

På et tidspunkt under hendelsen var flere savnet, selv om disse i realiteten hadde mønstret. Dette skyltes blant annet at livbåtmannskap registrerte antall ankommet, og ikke brukte navn.

Personellkontroll forelå først for beredskapsledelsen omtrent 40 minutter etter at generell alarm ble igangsatt. Som følge av dette ble søk- og redningslag sent ut på søk nummer to og dermed unødvendig eksponert.

*Krav:*

*Aktivitetsforskriften § 77 om håndtering av fare- og ulykkessituasjoner, bokstav c)*

### 9.2 Forbedringspunkt om kvalitetssikring

Beskrivelse:

Det ble ikke brukt riktig boltekkvalitet for innfesting av vinduer.

Begrunnelse: Flere av boltene til innfesting av ventiler var ikke i henhold til designspesifikasjonen. Spesifikasjonen fra vindusprodusent henviste til bolter i fasthetsklasse 8.8 (flytegrense 640 MPa). Etter hendelsen ble det funnet bolter av to fasthetsklasser, 8.8 og 4.8 (flytegrense 320 MPa). Designtegningene for vindusfeste omfatter en skive per bolt. Etter hendelsen ble det observert opptil tre skiver på noen festepunkter. Ifølge vindusprodusent vil tre skiver medføre for kort gjengeinnfestning. Både boltene i fasthetsklasse 4.8 og feil montasje av vinduer har medført en redusert styrke av innfestningen. Dette er vurdert til å være av mindre betydning for skadeomfanget.

*Krav:*

*Rammeforskriften § 3 om anvendelse av maritimt regelverk i petroleumsvirksomheten til havs jfr. stabilitetsforskriften § 34 punkt 3.a. om krav til dimensjonering og prøving.*

## 10 Barrierer som har fungert

Granskningsgruppen har i det følgende beskrevet barrierer som har fungert.

### 10.1 Barrierer innen konstruksjonssikkerhet

Operasjonsmanualen<sup>50</sup> setter grenser for operasjon av innretningen, og hvordan en skal oppnå og vedlikeholde sikker operasjon av innretningen når det forventes og oppleves dårlig vær. Det betyr i praksis at innretningen endrer dypgående fra 17.75 m til 15.75 m for å oppnå større air gap i kraftig sjø. Endring skal ifølge operasjonsmanualen skje når den signifikante bølgehøyde overskrider 9 m. På hendelsesdagen ble denne operasjonen planlagt på morgenmøtet og utført i tidsrommet 12:15-13:00. Værvarsel<sup>51</sup> på morgenmøtet indikerte en maksimal Hs på ca. 7.7 m kl. 12:00 og stigende til ca. 9.3 m kl. 18:00. De-ballastering til sikkerhetstilstand ble utført i god tid før en overskred operasjonskriteriet på Hs og har derfor trolig bidratt til å begrense skade-omfanget. Hensikten med de-ballastering til sikkerhetstilstanden er å etablere en barriere for å sikre tilstrekkelig air gap.

Innretningens stabilitet følges opp med anvendelse av LODIC<sup>52</sup> stabilitetscomputer. Stabilitets utskrift etter de-ballastering, kl. 12:14 UTC viser positive marginer mht. intaktstabilitet i sikkerhetstilstand. Det er beregnet en positiv vektreserve på 114 tonn (ved plassering 1 meter over hoveddekk og kompensert med tilsvarende reduksjon av ballast i pongtongene). Ptils granskningsgruppe har etterspurt COSL sine beregninger av stabilitet etter hendelsesøyeblikket. Det er knyttet noe usikkerhet til disse beregningene, ref. kapittel 12.6. Imidlertid utviklet ikke hendelsen seg til en stabilitetshendelse etter at skaden medførte vanninntrenging og tilhørende vannfylling av deler av dekkboksen. Dette bekrefter at innretningens initiale stabilitetsmargin fungerte som en tilstrekkelig barriere mot kantring i det faktiske hendelsesforløp.

Dekkekonstruksjonen er dimensjonert for globale laster som er en kombinasjon av stille vannslaster og bølgelaster (hydrostatisk og dynamisk respons fra skroget) i kombinasjon med funksjonelle og permanente laster i selve dekkboksen. I tillegg er dekkekonstruksjonen dimensjonert for ulykkeslaster (hydrostatisk trykk) som er forårsaket av utilsiktet krenkning. Dimensjoneringsprinsippene inneholder marginer både på last og materialmotstand, og er normalt å anse som robuste. En viktig barriere er at konstruksjonselementer er sammensatt og dimensjonert slik at en oppnår skadetoleranse for å hindre total kollaps (storulykke) som følge av en begrenset skade. Hendelsen medførte tap av et menneskeliv, og konstruksjonen fikk lokale skader i front skottet, men skadetoleranse hindret en total kollaps av frontskottet og fremre del av dekkboksen. Dette bekrefter at innretningens skadetoleranse fungerte som en tilstrekkelig barriere mot konstruksjonskollaps (og storulykke) i det faktiske hendelsesforløp.

### 10.2 Barrierer innen beredskap

CI's Beredskapsmanual<sup>53</sup> beskriver hvordan en ulykke skal håndteres på innretningen, med hensyn til å begrense konsekvensen av hendelser. Generell alarm med påfølgende

<sup>50</sup> Operating Criteria / Adverse weather procedure, COSL, dok. nr. L3 - MAR – 34830, datert 9.3.2015.

<sup>51</sup> Weather Forecast for Troll C (lat: 60.64° / long: 3.73°), 0600 UTC forecast issued by meteorologist at 0449 UTC. StormGeo.

<sup>52</sup> Ballast og stabilitets software for planlegging og operasjon av ballast-systemer. Levert fra Kongsberg Seatex.

<sup>53</sup> Emergency Preparedness Manual / L4-HSE-COSLInnovaor – 89875.

annonsering blir gitt kort tid etter at bølgen traff. Dette gjorde (på tross av utfordring med oversikt over personellkontroll) at personell mønstret i sikkert område. Videre ble det gjennomført søk og redning etter personell i berørt område, og sykepleier ivaretok skadet personell. Personell ble mønstret i sikkert område, søk etter savnet personell ble gjennomført og medisinsk behandling utført.

Teknisk lag gjennomførte skadebegrensning i form av å avdekke skader og isolere disse. Blant annet ble de værtette dørene kilt, og system for ferskvann og luft isolert. Etter hvert ble også innretningen tømt for vann, ved å åpne de vanntette dørene i takt med innretningens bevegelser. Dette ga beredskapsledelsen om bord oversikt og kontroll over faktiske skader, og oversikt over eventuelle muligheter for eskalering. Skadebegrensninger og informasjon om faktisk skade i beredskapsledelsen er barrierer som reduserer konsekvensen av en hendelse.

Beredskapsleder tok noen viktige avgjørelser, som kan ha vært konsekvensreducerende. Han ville først snu innretningen slik at skadet område ble beskyttet fra været. Men vurderte at denne operasjonen i seg selv ville være for usikker med tanke på skadeomfang med hensyn til stabilitet, videre var han klar på at en eventuell ny bølge av samme størrelse kunne skade maskineriet dersom innretningen ble snudd.

Det var en uavklart og usikker situasjon, beredskapsleder valgte derfor å evakuere ikke essensielt personell. Dersom hendelsen hadde utviklet seg ville denne evakueringen vært med på å begrense antall involverte. Videre var det etablert flere ressurser i område som båter og helikoptre klar til assistanse dersom ulykken hadde utviklet seg.

## **11 Vurdering av aktørenes granskningsrapport**

COSL, Statoil og Aker Solutions etablerte en felles gruppe under ledelse av COSL for granskingen av bølgehendelsen. Rapport forelå 1.3.2016. Granskningsrapporten viser at det har blitt gjennomført et grundig teknisk og analytisk arbeid for å forstå elementer som har hatt betydning. Rapporten gir grunnlag for læring etter hendelsen. Rapporten har i hovedsak identifisert de samme årsaksforhold som Ptil har identifisert.

COSL, Statoil og Aker Solutions beskriver i sin rapport utfyllende det som skjer nært opp til og etter hendelsen. Granskningsarbeidet drøfter ikke eventuelle betydninger av skifte i aktører, uklarheter knyttet til utveksling av informasjon mv.

## 12 Usikkerheter knyttet til hendelsen

Granskningen har fokusert på hvordan bølgeslag på fremsiden av dekkboksen (overbygget) kunne oppstå. Arbeidet har derfor vært sentrert om designgrunnlaget, analysene og beslutningene tatt i designfasen. En har så langt som mulig etterspurt dokumentasjon om disse forholdene, men det er ikke alt som har vært tilgjengelig eller mulig å etterprøve innenfor granskningens mandat. I dette kapitlet er det beskrevet usikkerheter som kan ha hatt betydning for omfanget og forløpet av hendelsen.

### 12.1 Kjennskap til og oppfølging av informasjon om air-gap

Det er uklart om alle relevante aktører hadde kjennskap til alle beregninger og kommentarer til air gap. Det ble i intervju gitt motstridende informasjon om disse forholdene. Det er også uklart om det kunne ha medført designendringer dersom relevante aktører hadde denne kunnskapen. I det tidsrommet dette skjer, er det store forsinkelser i fremdriften på verftet.

### 12.2 Kommunikasjon om modellforsøkene

Ptil har etterspurt dokumentasjon på bestillingen til de utførte modellforsøk, samt et spesifikt video-opptak fra utført forsøk (IRR004). Denne informasjon er ikke mottatt. Etter Stansbergs<sup>46,55</sup> vurderinger burde forsøk IRR004 vært grundigere behandlet og viderekommunisert i rapporten, siden måledata viser flere samtidige registreringer av negativt air gap på innretningens fremside. For å vurdere betydningen av de faktiske registreringer fra modellforsøkene er det nødvendig å fremskaffe video-opptakene, for at fagekspertene kan vurdere om de faktuelle hendelser med negativt air gap var underkommunisert i rapportens konklusjon.

### 12.3 Innretningens bevegelseskarakteristikk på hendelsestidspunktet

Kongsberg Maritime har prøvd å synkronisere informasjon fra DPS-4D systemet og lydopptak fra Marin Black Box (MBB), for å nøyaktig identifisere tidspunktet for hendelsen. Det har vist seg at de to systemer ikke har synkroniserte tidsangivelser. Dette medfører at det er knyttet usikkerhet til innretningens nøyaktige øyeblikks orientering (hiv, rull, stamp) relativt til bølgen ved hendelsestidspunktet.

### 12.4 Bølgetoppens økning rundt innretningen (asymmetrifaktor)

I DNV-RP-C103 er det opprinnelig anbefalt en asymmetrifaktor på 1.2. Anbefalingen er senere endret og åpner for å bruke faktoren 1.1 dersom 90% fraktil på bølgetopp estimat anvendes. I DNV-RP-C205 synes ikke denne åpningen å være gitt, og det anbefales fremdeles en faktor på 1.2. Ekspertuttalelser på området er innhentet fra Haver<sup>54</sup> og Stansberg<sup>55</sup>. Stansberg viser til erfaringer fra modellforsøk. Forsøkene viser at en generell asymmetrifaktor i størrelsesorden 1.20-1.23 er rimelig, og at en spesifikk asymmetrifaktor i størrelsesorden 1.5-1.7 kan forekomme rundt søylene. Disse variasjoner i faktorer viser at det er usikkerheter knyttet til estimering av bølgeforsterkning rundt innretninger, og spesielt vedrørende de lokale effektene i nærheten av søyler.

<sup>54</sup> Review of 4 Reports Assessing Airgap for COSL semi, S. Haver, 7.2.2015.

<sup>55</sup> Gjennomgang av dokumentasjon på air gap forutsetninger for COSL Innovator, Carl Trygve Stansberg, Dato 10.2.2016.

### 12.5 Innflytelsen fra thrustere på rull og stamp

Etter at innretningen ble tatt i bruk har DP systemet blitt oppdatert med en dempingsfunksjon som skal redusere thrusternes innflytelse på rull og stamp bevegelsene. DP-loggbok<sup>56</sup> anga 28.12.2015 kl. 14:56 (LT) at dette systemet er slått av. Ifølge beskrivelse mottatt fra COSL<sup>57</sup> er systemet begrenset til bruk ved operasjonsdyppgang. Fra Kongsberg Maritime har vi mottatt lagret informasjon om thruster bruk i tidsrommet rundt hendelsen. Her kan det observeres en jevn økning av pådrag etter at innretningen presses mot nord av bølgene. Målingene gir ikke umiddelbart grunnlag for å bemerke noe uvanlig. Det er ikke utført detaljerte analyser eller vurderinger av thrusternes påvirkning på innretningens rull- og stampe bevegelser i hendelsesøyeblikket.

### 12.6 Stabilitet av innretningen

Umiddelbart etter hendelsen kan en via Kongsberg DPS-4D systemet identifisere at innretningen krenger over til babord side til ca. -8 grader. Innretningen retter seg deretter opp og ruller en periode om en likevektsstilling på ca. -4 grader<sup>41</sup> mot babord (se vedlegg 14.1.2). COSL har bekreftet at stabilitetsmarginene var positive ved den største krenkningen, basert på et estimert vanninntak på ca. 37 tonn. Ptil har mottatt informasjon om beregningsgrunnlaget for COSL sine konklusjoner. Vurderingene er utført basert på en LODIC utskrift for en lastekondisjon flere timer etter hendelsen, mens innretningen var i transitt. Denne utskriften inneholder også informasjon om en «ghost weight» på 520 tonn som fiktivt er plassert 1 meter over hoved-dekk og 50 meter aktenfor innretningens tyngdepunkt. Det er knyttet usikkerhet til hvordan den utførte analysen representerer lastekondisjonen ved skadetidspunktet, samt mengde og lokalisering av vanninntak.

### 12.7 Høyde og steilhet av bølgen

Basert på innretningens plassering i sjøen rundt tidspunktet da bølgen traff (ref. kapittel 8, tidspunktene A-D) og omfanget av skader på vinduer i fronten av dekkboksen (opp til ca. 6 meter over undersiden av dekkboksen) er det mulig å estimere at en bølgekam-høyde på omtrent 12 m -15 m kunne forårsake skadene. Estimaten for bølgekam-høyde som Haver har etablert (ref. Tabell 2) viser at tilsvarende forhold er mulige i den konkrete sjøtilstand.

Det er likevel flere usikkerheter i beskrivelsen av bølgen som traff. Konstruksjonens påvirkning på bølgen er nevnt i avsnitt 12.4. Noen andre usikkerheter er:

- Målte Hs verdiene fra bølgeradar (måling med eller imot bølgeretning).
- Modell for estimat av bølgehøyde og tilhørende bølgekam-høyder basert på målt Hs.
- Statistiske sannsynlighet for å overstige en viss bølgekam-høyde (percentilverdien).
- Målt verdi for bølgespektrets spektral-topp periode (Tp).

Den største usikkerhet til bølgehendelsen er knyttet til timingen mellom innretningens bevegelse og bølgens ankomst. Dette knytter seg igjen til innretningens bevegelses-karakteristikk og de helt spesifikke bølgeperioder og eventuelle koblinger mellom dønninger og vind genererte bølger på hendelsestidspunktet.

<sup>56</sup> Kopi av DP logg fra CI for dagene 28.-30.12.2015.

<sup>57</sup> Utdrag fra Kongsberg Maritime dokument om Roll-pitch damping. E-post fra COSL, datert 18.02.2016.

Sjøtilstanden ved hendelsen ( $H_s=9.5$  m og  $T_p= 12$  s – 14 s, ref. avsnitt 4.2) er innenfor design kriteriene for bølgesteilhet, som er gitt av DNV. Stansberg vurderer i tillegg at det ikke tyder på at bølgen var brytende.

Begrepet «freak wave» er inkludert i DNV sine anbefalinger<sup>20</sup>. Uten måling av den konkrete bølgen er det umulig å si med sikkerhet at bølgen ikke oppfyller kriteriene til en «freak bølge». Basert på Havers estimer (Tabell 2) er det likevel anskueliggjort at bølger som er sjeldne (90- eller 99- percentil) hadde potensiale til å gi den registrerte skaden, selv om de ikke kan karakteriseres som «freak».

Den spesifikke bølgen som forårsaket skaden på CI vil være beheftet med usikkerheter på grunn av at det ikke foreligger målinger eller observasjoner.



### 13 Andre observasjoner

I det følgende er det listet observasjoner som er fremkommet i granskningen som ikke vurderes å ha direkte innvirkning på hendelsesforløpet, men kan ha hatt en sekundær funksjon.

#### 13.1 Blindlokk

På tegning 10113217-GAD-J-0015 vises vinduer med blindlokk for posisjon W01 og W02 (nedre dekk, babord), samt W23 og W24 (nedre dekk, styrbord). Posisjonen av disse vinduene finnes på tegning 10113217-GAD-J-0009. Vi har mottatt bekreftelse på at blindlokkene ikke var montert iht. refererte tegninger. Ifølge COSL<sup>58</sup> ble vanntett integritet godkjent uten blindlokk basert på vurderinger og tester utført av DNV og verftet. Det er ikke klarlagt hvilke vurderinger og tester som er blitt utført.

#### 13.2 «Ghost weight»

Betegnelsen «Ghost weight» (GW) brukes om forskjellen mellom beregnede variable dekkvekter i LODIC stabilitetscomputer (basert på dypgående sensorer fra Kongsberg systemet), og manuelt innlagte variable dekkvekter med tilhørende lokale tyngdepunkter (CoG). Nøyaktig kjennskap til all vekt om bord vil gi en GW på null. I løpet av tiden før hendelsestidspunktet, varierer GW i størrelsesorden 200 til 500 tonn, og med relativt store tilhørende momentarmer i horisontal planet. COSL anser at plassering av vertikalt tyngdepunkt på GW er konservativt, og har dermed ikke ansett disse variasjoner av GW som kritiske mht. stabilitet. Det eksisterer ingen skriftlige rutiner eller instruksjoner i COSL<sup>59</sup> for hvor stort avvik en kan ha på GW og tilhørende lokale momentarmer.

Der er vurdert at GW ikke direkte er knyttet til hendelsen. En stor unøyaktighet i GW og tilhørende lokal CoG vil medføre usikkerheter mht. globalt vekttyngdepunkt på innretningen. Spesielt vil avvik i CoG i horisontalplanet kunne medføre avvik i estimert trim og list<sup>60</sup> både i LODIC stabilitetscomputer og ved manuelle beregninger av list og trim. Dette kan medføre at det er vanskelig å beregne eksakte vektkorreksjoner som er nødvendige for å rette opp en innretning som krenger.

#### 13.3 Vinduer med innfestning

TeamTec (TT, nå IMS) var designer og leverandør av produkter til vinduer og tilhørende vindusinnfestning på CI. TT fikk spesifikasjoner fra verftet via agenten og leverte iht. bestilling. Leveransen var en glasspakke bestående av trykk-, lyd- og brannglass i galvanisert stålramme med innfestning, og en stålkarm for sveising til skott. Mottatt typegodkjennessertifikat fra IMS viser at vinduet med ramme er typegodkjent for brannlaster. Tilhørende hydrostatisk trykk-tester og styrkeberegninger av vindu og innfestning er ikke fremkommet for den spesifikke vindusdimensjonen. IMS har frembrakt dokumentasjon for hydrostatisk testing av sammenlignbare dimensjoner.

<sup>58</sup> E-post fra COSL den 16.03.2016.

<sup>59</sup> Intervju med COSL den 10.02.2016.

<sup>60</sup> List: Statisk/middel krenningsvinkel av skroget på tvers av innretningen (omkring lengdeaksen)

Prototypen av lukningsmidlet (vinduet) skal trykkprøves<sup>48</sup> hos produsenten. Det er ikke sporbarhet for trykktest av styrken på de spesifikke glass og innfestningsdetaljer i typegodkjenningssertifikatet.

#### 13.4 Værtette dører i forkant av dekkboksen

Pneumatisk værtette skyvedører levert av Rapp Bomek åpnet seg i hendelsesøyeblikket. Det er antatt at dørene ble åpnet på grunn av vanntrykk på trykkbryter for luftassistert åpning. Dette førte til en svekkelse i værtett integritet og at vann kom inn i korridorene. Ved hendelsen kom det vann inn på flere dekknivå. Det pneumatiske anlegget ble ødelagt på de to nederste nivåene og dørene måtte stenges manuelt og sikres med kiler. En slik utilsiktet aktivisering av åpningsmekanismen gjør at dørene ikke fungerte i henhold til sin intensjon.

## 14 Vedlegg

### Vedlegg A: Mandat

Petroleumstilsynet (Ptil) besluttet 31.12.2015 å granske hendelsen og med følgende mandat:

1. Klarlegge hendelsens omfang og forløp fra hendelsen startet til innretningen forlot Troll-feltet, med vektlegging av sikkerhetsmessige og beredskapsmessige forhold. Videre skal psykososiale arbeidsmiljøforhold med relevans for hendelsen og håndteringen av den i det samme tidsrommet klarlegges.
2. Vurdere faktiske og potensielle konsekvenser
3. Vurdere utløsende og bakenforliggende årsaker, med vektlegging av tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementer.
4. Diskutere og beskrive eventuelle usikkerheter /uklarheter.
5. Identifisere avvik og forbedringspunkter relatert til regelverk (og interne krav)
6. Drøfte barrierer som har fungert.
7. Vurdere aktørens egen granskingsrapport.
  - a. Forutsatt at den er tilgjengelig innenfor tidsrammen gitt nedenfor
8. Utarbeide rapport i henhold til mal.
9. Anbefale og bidra i videre oppfølging, herunder gi løpende informasjon om relevante forhold knyttet til faglige problemstillinger, rammesetting og Ptils saksbehandling til pågående Ptil-interne prosjekter i perioden granskingen pågår.

#### **Granskningsgruppens sammensetning:**

Irja Viste-Ollestad, fagområde Logistikk og Beredskap - Granskningsleder

Terje Andersen, fagområde Konstruksjonssikkerhet

Narve Oma, fagområde Konstruksjonssikkerhet

Sigvart Zachariassen, fagområde Arbeidsmiljø

## Vedlegg B: Innretningens bevegelser før og etter hendelsen

Måledata fra Kongsberg DPS-4D Dynamisk posisjoneringssystem er behandlet av Kongsberg<sup>41</sup> og data-filer er sendt til Ptil. Under er det inkludert måledata som gir de 6 frihetsgradene registrert i innretningens tyngdepunkt:

- Høyde (height) over geoid. Proporsjonal til hiv (engelsk heave)
- Rull (roll) omkring innretningens lengdeakse, positiv når babord side løftes opp.
- Stamp (pitch) omkring innretningens tverrakse, positiv når fremme løftes opp.
- Retning (heading) som stevn peker imot. Proporsjonal til giring (yaw).
- Nord (North) posisjon, som med den aktuelle retningsrotasjon er nær motsatt rettet av innretningens jag (surge) frihetsgrad.
- Øst (east) posisjon, som med den aktuelle retnings rotasjon er nær motsatt rettet av innretningens svaiing (sway) frihetsgrad.

På grafene er vist 2 minutters intervall fra 15:37:00 til 15:39:00 UTC. Det er markert 4 tidspunkter som er beskrevet i avsnitt 8. De fire punktene er mulige posisjoner for den ødeleggende skade på innretningen:

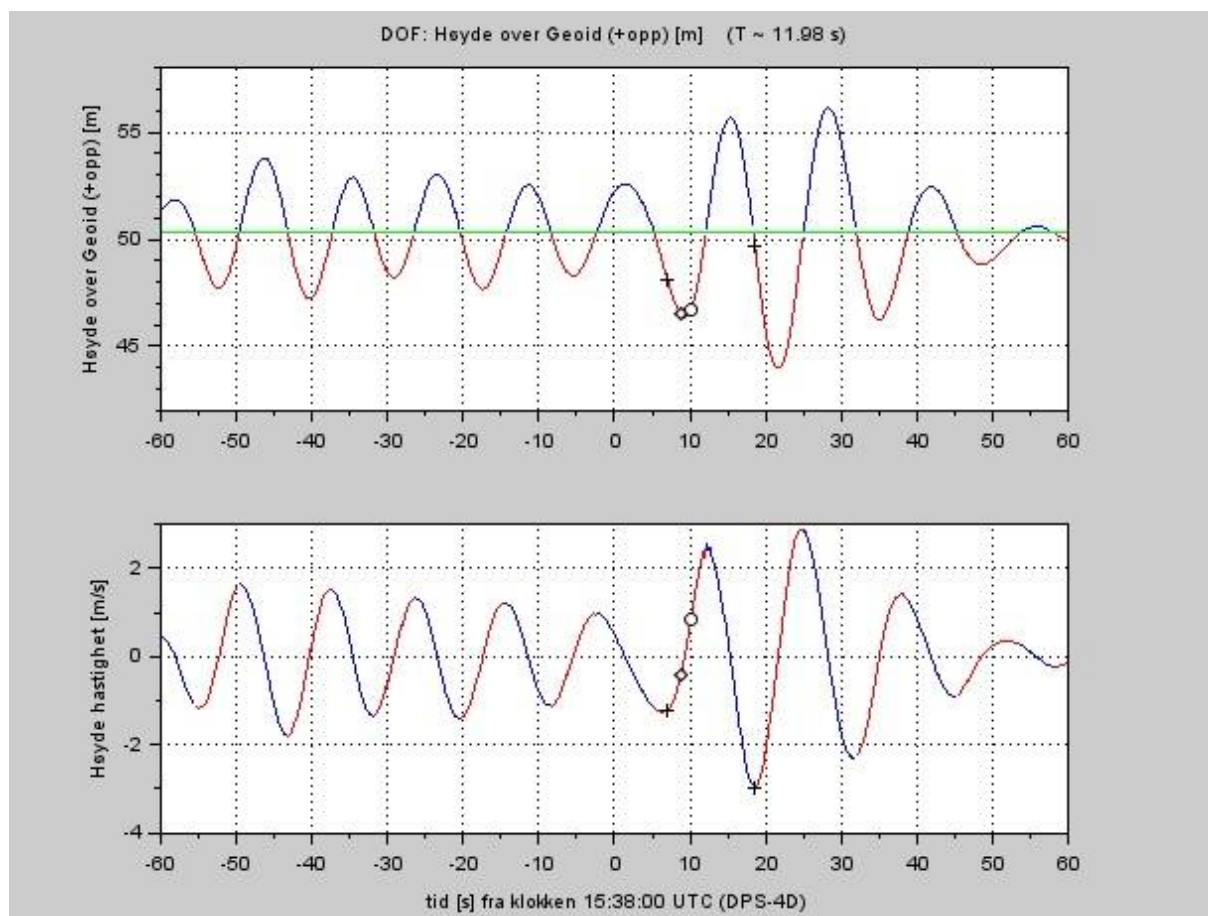
- Lokalt minimum for stamp, hvor forenden til innretningen roteres ned.
- Lokalt maksimum på retning (heading), hvor innretningen endrer rotasjonsretning (muligvis som følge av bølgeslag på fremme babord side.)
- Tidspunkt som C. T. Stansberg har vurdert som mest sannsynlig tidspunkt for bølgeslag.
- Minimum for stamp, hvor forenden til innretningen roteres lengst ned.

Tabell 5 viser det resulterende stille vanns air gap for de fire posisjoner. Grafene på de følgende sider viser detaljer for bevegelsene.

Tabell 5 Redusert air gap som resultat av innretningens bevegelser.

	Tid UTC DPS-4D	Stille vann air gap (nominell)	Hiv effekt i senter	Rull effekt babord @ 32.5 m	Stamp effekt forut @ 40.5 m	Resulterende air gap babord forut
		(a <sub>0</sub> )	(a <sub>H</sub> )	(a <sub>R</sub> )	(a <sub>S</sub> )	(a=a <sub>0</sub> +a <sub>H</sub> +a <sub>R</sub> +a <sub>S</sub> )
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
A (+)	15:38:06.9	+13.5	-2.2	+0.0	-3.2	8.1
B (◇)	15:38:08.7		-3.8	-1.0	-2.4	6.3
C (o)	15:38:10.0		-3.6	-1.6	-0.9	7.4
D (+)	15:38:18.5		-0.6	+1.5	-5.6	8.8

### 14.1.1 Vertikal høyde, proporsjonal til hiv, (heave)



Figur 5 Vertikal posisjon av COSLInnovator tyngdepunkt i tidsrommet et minutt før og inntil et minutt etter kl. 15:38:00 UTC den 30. desember 2015. Grønn graf markerer korttids middel (stille vanns posisjon av innretningen), Blå farge markerer at innretningen har tyngdepunktet over korttids middel (løftes på en bølge), Rød farge markerer at innretningen har tyngdepunktet under korttids middel (er nede i en bølgedal). Øverste graf viser bevegelsens posisjon, nederste graf viser hastighet.

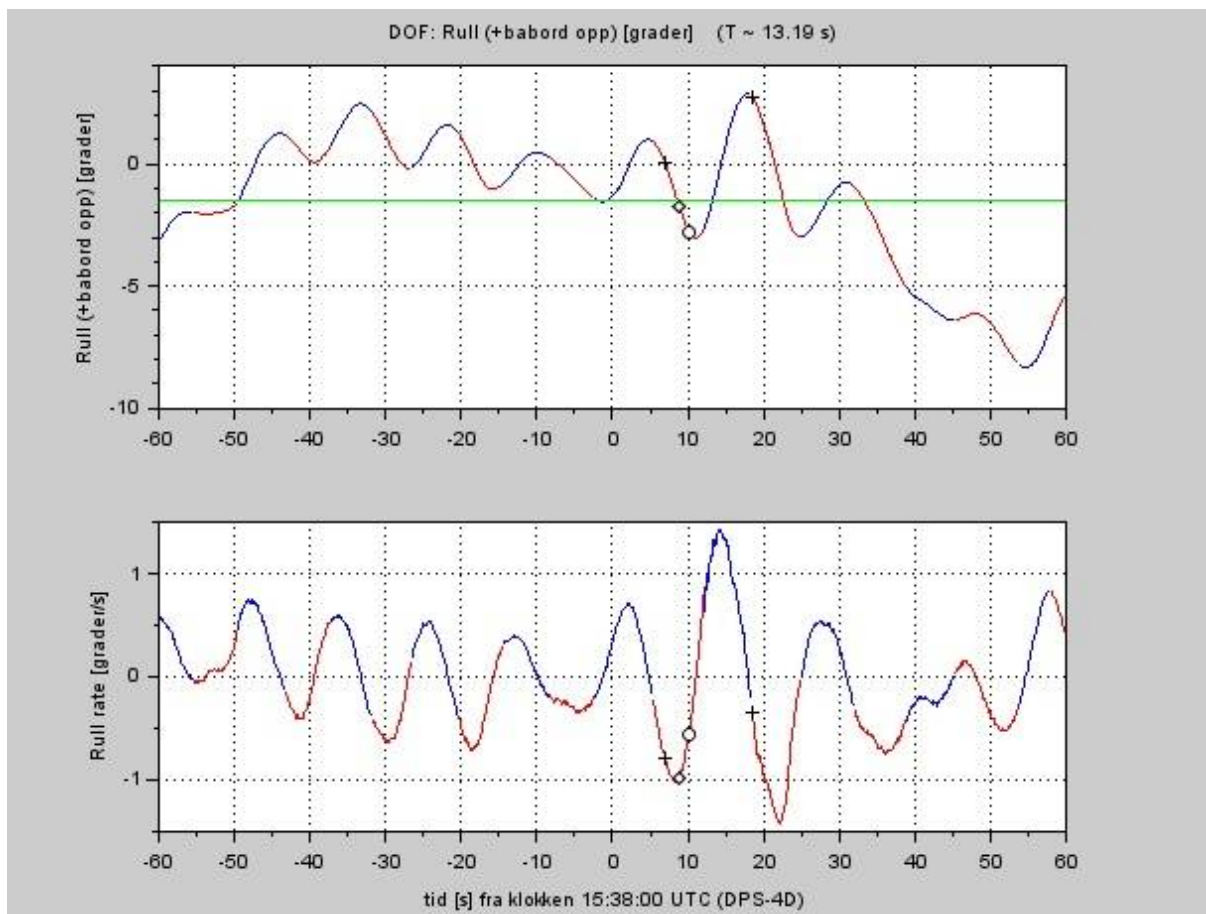
	Tid UTC DPS-4D	Middel høyde ( $\mu$ ) [m]	Høyde (over geoid) (h) [m]	Hiv (+ oppover) (hiv = h - $\mu$ ) [m]	Hastighet (+ oppover) ( $v_h$ ) [m/s]
A (+)	15:38:06.9	50.32	48.12	-2.20	-1.21
B (◊)	15:38:08.7		46.49	<b>-3.83</b>	-0.39
C (o)	15:38:10.0		46.69	-3.63	+0.83
D (+)	15:38:18.5		49.69	-0.63	-3.00

Hiv grafen definerer farge-kodning på de følgende grafene:

Blå: Hiv er oppover i forhold til middel høyden (innretning på bølgetopp)

Rød: Hiv er nedover i forhold til middel høyden (innretning i bølgedal)

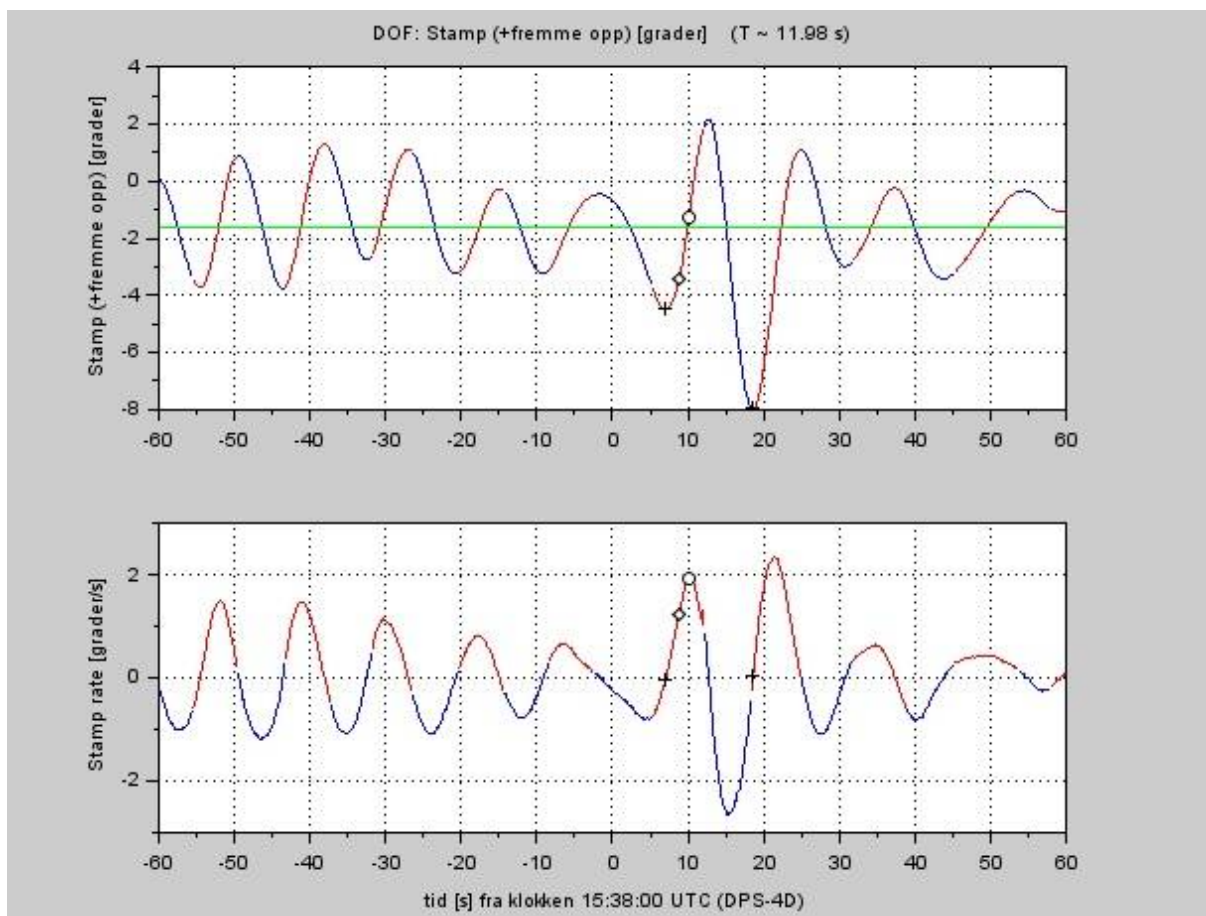
### 14.1.2 Rull (roll)



Figur 6 Rull i tidsrommet før og etter hendelsen. Øverste graf viser bevegelsens posisjon, nederste graf viser hastighet.

	Tid UTC DPS-4D	Middel rull (+ babord opp) [°]	Rull (+ babord opp) [°]	Hastighet (+ babord opp) [°/s]	Hastighet (absolutt) [°/min]
A (+)	15:38:06.9	-1.52	+0.01	-0.80	48
B (◊)	15:38:08.7		-1.72	-0.98	59
C (o)	15:38:10.0		<b>-2.76</b>	-0.57	34
D (+)	15:38:18.5		+2.72	-0.35	21

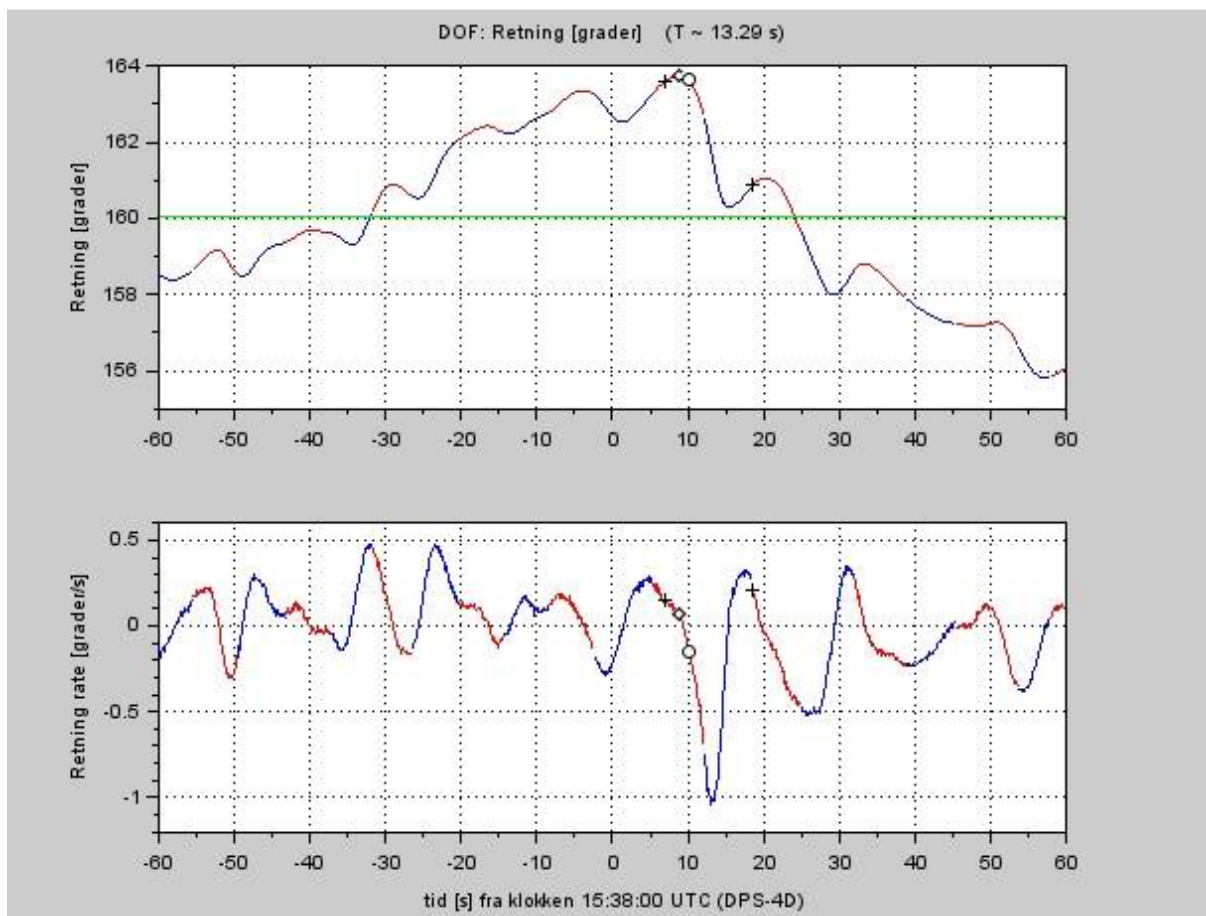
### 14.1.3 Stamp (pitch)



Figur 7 Stamp i tidsrommet før og etter hendelsen. Øverste graf viser bevegelsens posisjon, nederste graf viser hastighet.

	Tid UTC DPS- 4D	Middel stamp (+ fremme opp)	Stamp (+ fremme opp)	Hastighet (+ fremme opp)	Hastighet (absolutt)
		[°]	[°]	[°/s]	[°/min]
A (+)	15:38:06.9	-1.64	<b>-4.49</b>	-0.03	2
B (◇)	15:38:08.7		-3.44	+1.23	74
C (o)	15:38:10.0		-1.28	+1.91	115
D (+)	15:38:18.5		<b>-7.98</b>	+0.04	2

### 14.1.4 Retning (heading) også giring (yaw)

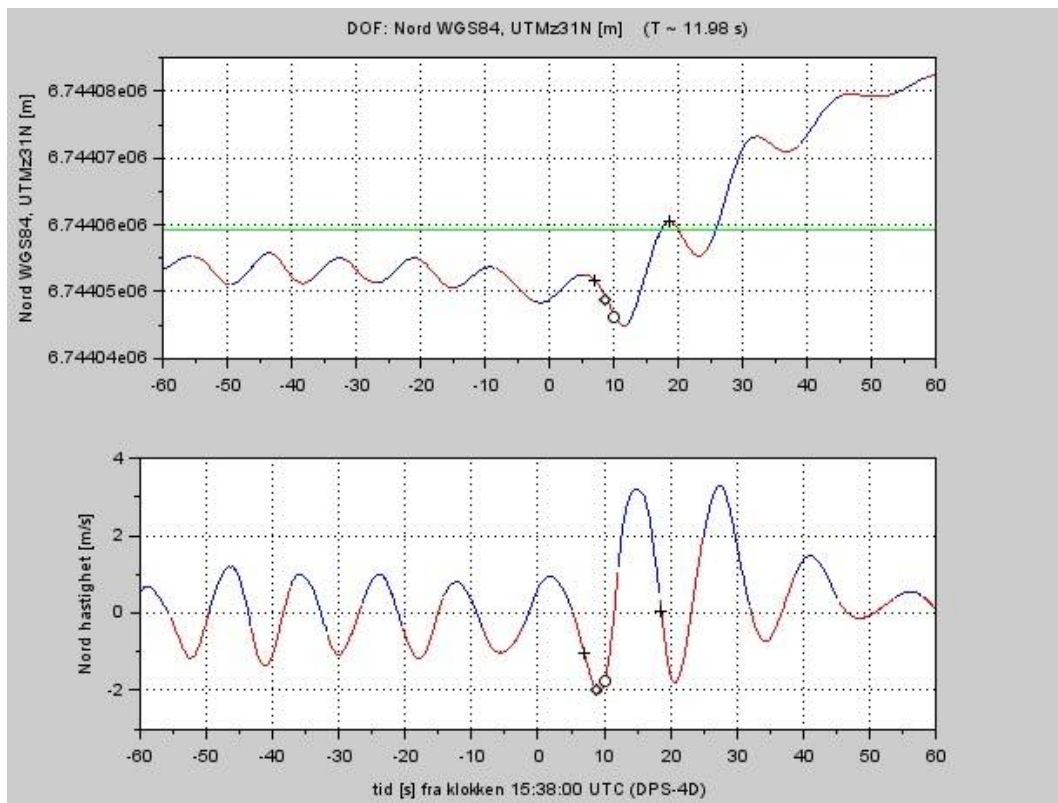


Figur 8 Fartøy retning (heading) i tidsrommet før og etter hendelsen. Øverste graf viser bevegelsens posisjon, nederste graf viser hastighet.

	Tid UTC DPS- 4D	Kompass retning	Hastighet	Hastighet (absolutt)
		[°]	[°/s]	[°/min]
A (+)	15:38:06.9	163.59	+0.15	9
B (◇)	15:38:08.7	<b>163.77</b>	+0.07	4
C (o)	15:38:10.0	163.64	-0.15	9
D (+)	15:38:18.5	160.88	+0.21	13

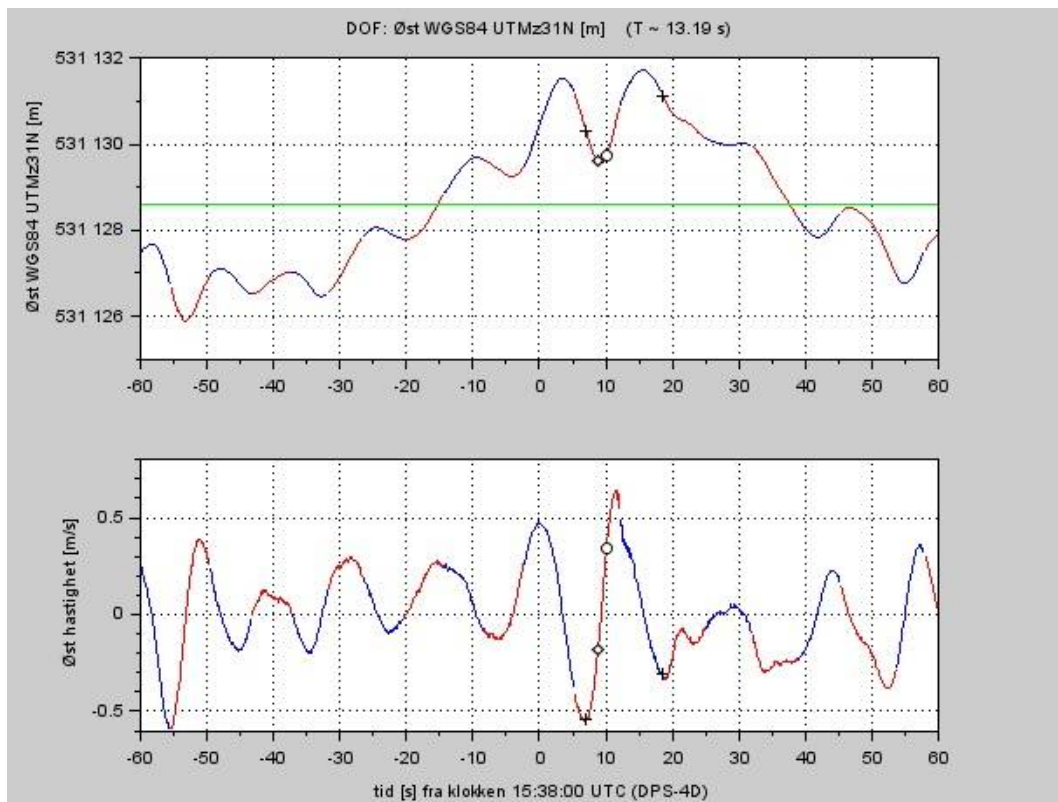


### 14.1.5 Nord posisjon [~motsatt jag (surge)]



Figur 9 Nord posisjon og hastighet i tidsrommet før og etter hendelsen. Øverste graf viser bevegelsens posisjon, nederste graf viser hastighet.

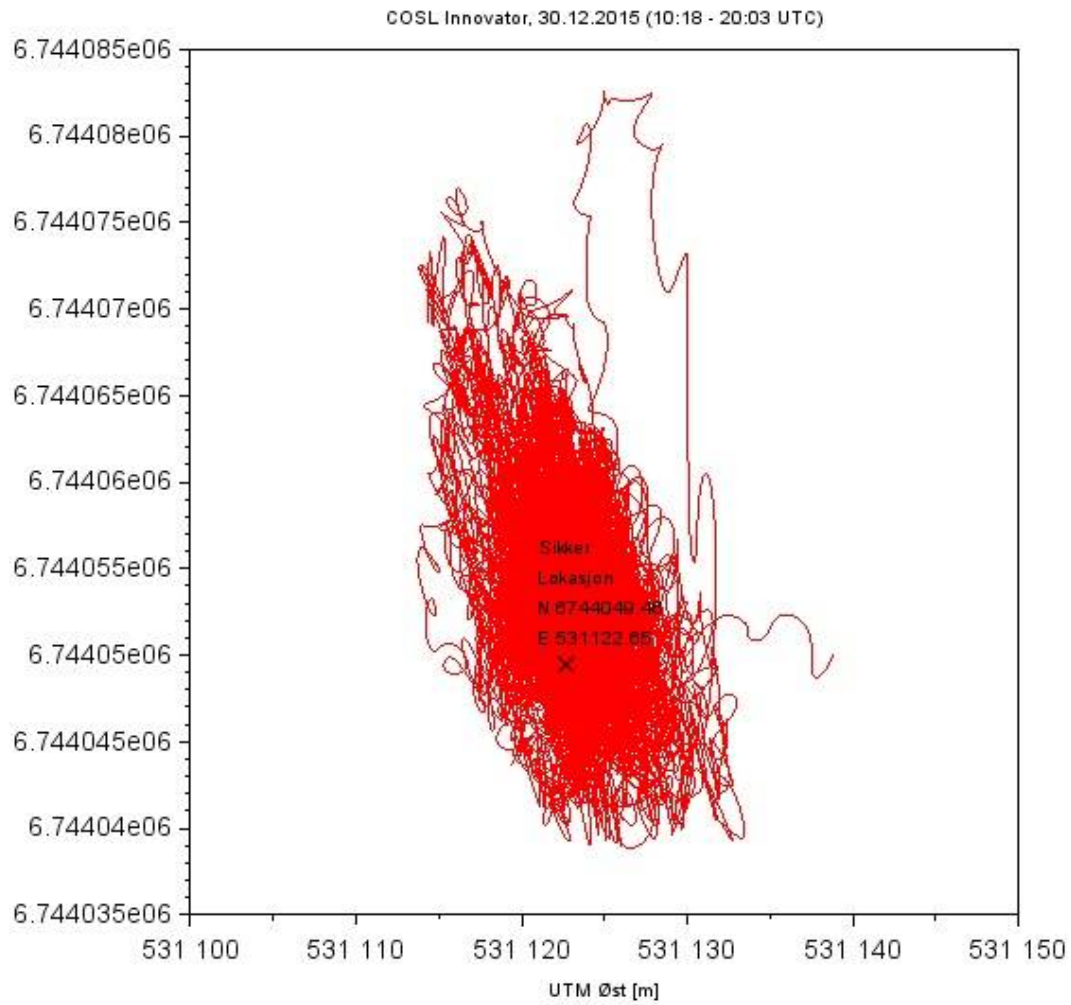
### 14.1.6 Øst posisjon [~motsatt sveiing (sway)]



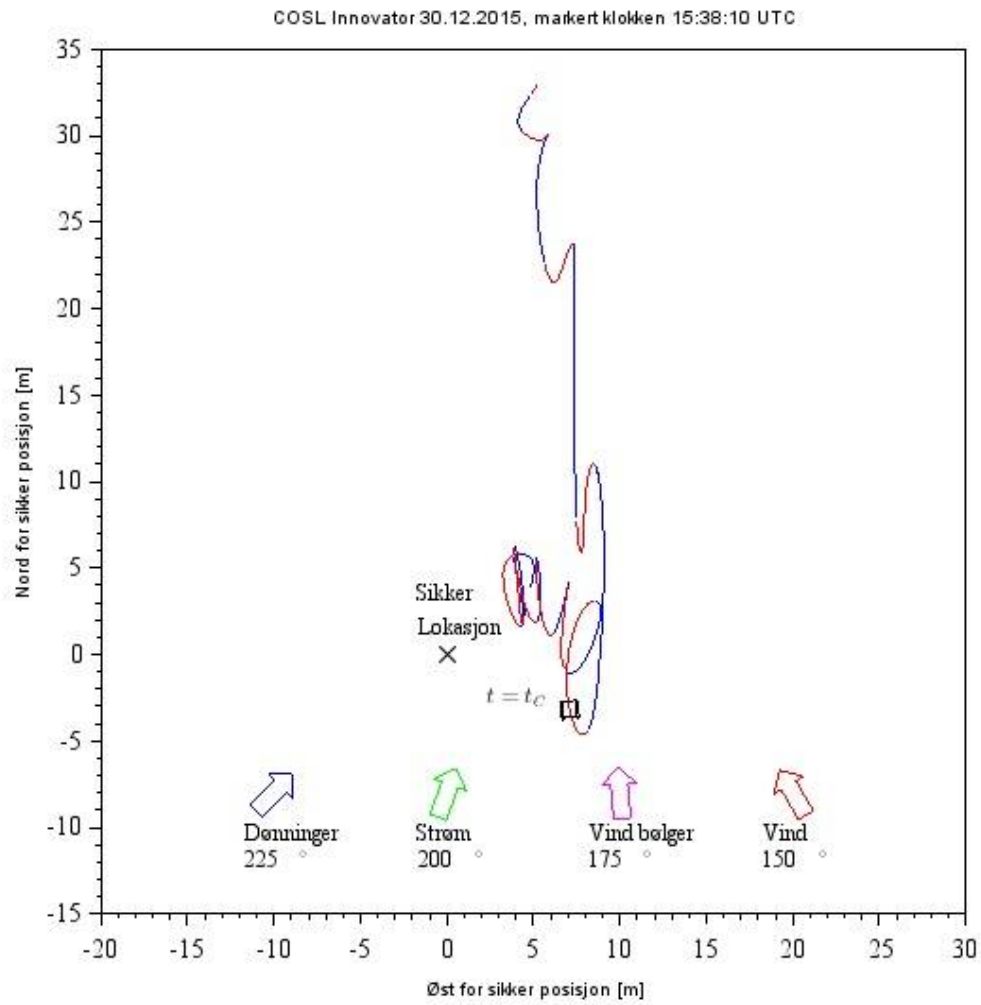
Figur 10 Øst posisjon og hastighet i tidsrommet før og etter hendelsen. Øverste graf viser bevegelsens posisjon, nederste graf viser hastighet.

#### 14.1.7 Innretningens bevegelser i horisontale plan

Figurene under viser bevegelsene til innretningen før og etter at den blir truffet av bølgen.



Figur 11 Bevegelsesspor for COSLInnovator på hendelsesdagen. Data fra Kongsberg DPS-4D.



Figur 12 Posisjon i tidsrommet rundt hendelsen med angivelse av generell retning på vær. Farge på sporet samsvarer med beskrivelsen i Figur 5.

## Vedlegg C: MTO

