

# Granskingsrapport

Rapport	
Rapporttittel Granskingsrapport etter kondensatlekkasje på GjØa	Aktivitetsnummer 027153036

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
<p>Den 21.06.2017, kl. 20.01 oppstod det en kondensatlekkasje i prosessmodulen på GjØa. Hendelsen førte til gassdeteksjon, generell alarm, automatisk nedstenging av prosessanlegget, trykkavlastning og mønstring til livbåt.</p> <p>Lekkasjeraten er av Engie estimert til 1,06 kg/s og total lekkasjemengde ca. 1,25 m<sup>3</sup>. Analyser viser at væsken i stor grad bestod av produsert vann med mindre mengder hydrokarboner i form av gass og kondensat. Lekkasjen ble stanset etter ca. 30 min. Den direkte årsaken til lekkasjen var utmattingsbrudd i sveis på en 1/2" rørstuss montert på en kondensatpumpe tilknyttet systemet for rekompresjon av gass. Kondensatet ble ikke antent under hendelsen.</p> <p>I forbindelse med nødavstenging ble det registrert at en nødavstengingsventil oppstrøms lekkasjestedet ikke stengte. Beredskapsledelsen ombord besluttet å evakuere 19 personer til land. Operatørens senter for evakuerte og pårørende (OSEP) i FlorØ ble mobilisert og tok imot de evakuerte. Det var 49 personer om bord (POB) før evakuering.</p> <p>Situasjonen på GjØa var normalisert kl. 22.09.</p>

Involverte	
Hovedgruppe T-2	Godkjent av / dato Odd Rune Skilbrei 3.1.2018
Deltakere i granskingsgruppen Ole Jacob Næss, Sandra Gustafsson, Vivian Sagvaag, Kristi Wiger og Espen Seljemo	Granskingsleder Kristi Wiger

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>2</b>
1.1	FORKORTELSER OG TERMINOLOGI .....	2
<b>2</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>2</b>
2.1	OM GRANSKINGEN.....	2
2.2	GRANSKINGSGRUPPENS MANDAT.....	2
	GRANSKINGSGRUPPENS SAMMENSETNING: .....	2
<b>3</b>	<b>BAKGRUNN .....</b>	<b>2</b>
3.1	GJØA .....	2
3.2	OMRÅDE .....	2
3.3	UTSTYR OG PROSESS SOM VAR INVOLVERT I HENDELSEN .....	2
3.3.1	<i>System 23 for rekompresjon av gass</i> .....	2
3.3.2	<i>Kondensatpumpe 23PA005A/B</i> .....	2
3.3.3	<i>Rørstuss</i> .....	2
3.3.4	<i>Nødvstengingssystem/ emergency shut down</i> .....	2
3.4	HELSEEFFEKTER VED KONDENSATEKSPONERING .....	2
<b>4</b>	<b>HENDELSEFORLØP 21.06.2017 .....</b>	<b>2</b>
<b>5</b>	<b>ÅRSAKSFORHOLD .....</b>	<b>2</b>
5.1	DIREKTE ÅRSAK .....	2
5.2	BAKENFORLIGGENDE ÅRSAKER.....	2
5.2.1	<i>Design og sveiseutførelse</i> .....	2
5.2.2	<i>Oppfølging av vibrasjon og havari av kondensatpumpene</i> .....	2
5.2.3	<i>Oppfølging av sikkerhetskritisk utstyr og barrierer</i> .....	2
5.2.4	<i>Organisering, roller og ansvar</i> .....	2
<b>6</b>	<b>HENDELSENS POTENSIAL .....</b>	<b>2</b>
6.1	FAKTISK KONSEKVENNS .....	2
6.1.1	<i>Utslipp av kondensat til omgivelser og utslipp til sjø</i> .....	2
6.1.2	<i>Produksjonstap</i> .....	2
6.1.3	<i>Kjemisk eksponering av personell</i> .....	2
6.2	POTENSIELL KONSEKVENNS .....	2
<b>7</b>	<b>OBSERVASJONER .....</b>	<b>2</b>
7.1	AVVIK .....	2
7.1.1	<i>Barrierer og system for barrierestyring</i> .....	2
7.1.2	<i>Styring- og vedlikeholdssystem</i> .....	2
7.1.3	<i>Håndtering av vibrasjon</i> .....	2
7.1.4	<i>Organisasjon og ledelse</i> .....	2
7.2	FORBEDRINGSPUNKT .....	2
7.2.1	<i>Kreftfremkallende og arvestoffskadelig kjemikalie</i> .....	2
<b>8</b>	<b>BARRIERER SOM HAR FUNGERT .....</b>	<b>2</b>
<b>9</b>	<b>VURDERING AV AKTØRENS GRANSKINGSRAPPORT .....</b>	<b>2</b>
<b>10</b>	<b>DISKUSJON OMKRING USIKKERHETER .....</b>	<b>2</b>
<b>11</b>	<b>REFERANSER .....</b>	<b>2</b>
<b>12</b>	<b>FIGURLISTE.....</b>	<b>2</b>
	<b>VEDLEGG A. ANDRE DOKUMENTER .....</b>	<b>2</b>
	<b>VEDLEGG B. DELTAGERLISTE OG INTERVJUOBJEKT. ....</b>	<b>2</b>

## 1 Sammendrag

Den 21.06.2017 kl. 20.01 oppdaget uteoperatør en lekkasje på nedre dekk i prosessmodulen på GjØa. Det viste seg å være en kondensatlekkasje fra et brudd i en sveis på en rØrstuss. RØrstussen var montert på en kondensatpumpe tilknyttet systemet for rekompresjon av gass. Uteoperatøren gikk bort til lekkasjestedet og prøvde å stenge en ventil på den samme rØrstussen, og ble da eksponert for kondensat. Operatøren varslet umiddelbart kontrollrommet om lekkasjen.

Etter kort tid, kl. 20.03, ble overrislingsanlegget (deluge) utlØst på bekreftet gassdeteksjon i området. NØdavstenging (ESD) ble aktivert etterfulgt av generell alarm, trykkavlastning og mØnstring i henhold til alarminstruks.

Personellet ombord (POB) var mØnstret og under kontroll etter 11 minutter. Det var totalt 49 personer ombord på hendelsestidspunktet. Beredskapsorganisasjon på GjØa ble besatt umiddelbart og Engie mØnstret sitt beredskapslag på Forus.

I forbindelse med nØdavstenging og trykkavlastning av prosessanlegget ble det raskt oppdaget at en nØdavstengingsventil (ESD ventil) feilet. Denne ventilen skal stenge på signal fra ESD. Dette for å seksjonere prosessanlegget og på den måten begrense omfanget av en eventuell lekkasje og dermed også hindre eskalering av hendelsen. ESD ventilen som feilet var plassert direkte oppstrØms bruddet. Det at seksjoneringen ikke fungerte førte til at volumet i vØskeutskillertank som kondensatpumpa var tilknyttet, helt eller delvis ble tØmt gjennom bruddstedet. Feil i seksjoneringen av prosessanlegget medførte svikt i denne barrierefunksjonen og økt risiko ved hendelsen.

Fra kontrollrommet ble det gjort flere forsøk på å stenge ESD ventilen uten å lykkes. OperatØrene besluttet så å åpne en manuell ventil på dekket over lekkasjen. Denne ventilen var koblet til lukket avløp (closed drain). På denne måten ble noe av kondensatstrømmen ført fra vØskeutskillertank til tank for closed drain. Dette medførte en viss begrensning av lekkasjen ut fra bruddstedet i rØrstussen.

På grunn av utfordringen med nØdavstengingssystemet konkluderte beredskapsorganisasjonen på GjØa å evakuere 19 personer til land. Dette var personer uten definerte beredskapsoppgaver, såkalt ikke-essensielt personell. Det ble rekvirert to helikoptre til GjØa, ett Sea King og ett SAR helikopter fra Oseberg. I tillegg var det to fartØy i nærheten som meldte seg til assistanse. OperatØrenes senter for evakuerte og pårØrende (OSEP) i FlorØ ble mobilisert og tok imot de 19 evakuerte personene.

Under hendelsen ble det også klart at en annen ESD ventil, en trykkavlastningsventil, ikke åpnet til fakkellik den skulle. Dette pØvirket tiden det tok å få trykkavlastet prosessanlegget.

Initiell lekkasjerate ble av Engie estimert til 1,06 kg/s og totalt volum lekket ut til ca. 1,25 m<sup>3</sup>. Trykket i vØsken ved brudd var 26-30 bar. I det pumpa stengte ble trykket redusert til tilnØrmet atmosfærisk trykk, eller til det statiske trykket i vØskesØylen. VØsken som lekket ut fra vØskeutskillertanken var en blanding av produsert vann og hydrokarboner (kondensat og gass).

Kl. 22.09 var situasjonen på GjØa normalisert, deretter ble personell ombord på GjØa fulgt opp med en debrief om hendelsen.

Det var kun punkt-gassdetektorer og ingen linjegassdetektorer som ble aktivert under hendelsen. Utfra detektorplassering og hvilke detektorer som slo ut antas ingen spredning hØyere opp i modulen og heller ingen spredning av gass til andre omrØder på innretningen.

Lekkasjen oppstod i en rørstuss på kondensatpumpe 23PA005B. Den tilhører system for gassrekompresjon (system 23) og har to pumper i parallell, A og B. Disse to pumpene på Gjøa har en historikk med vibrasjoner og havari. De har blitt sendt til land for reparasjon og modifikasjon flere ganger. Engie ved Force Technology har gjennomført risikobasert inspeksjon med korrosjonsvurdering, vibrasjons- og strekkklappmålinger og utmattingsberegning av rør og utstyrskomponenter som kan være utsatt for slik degradering i 2015 og 2017. Nødvendige tiltak beskrevet i 2015 rapport er utbedret. Vibrasjonsmålingene viser perioder med høye vibrasjoner før utbedring av pumpene og pumpefundament (3). Årsak til sprekkutvikling i sveis på rørstuss var innvendig sveisefeil og utmatting på grunn av pumpevibrasjoner. Utmattingssprekken har startet fra innvendig spiss sprekanvisning/fabrikasjonsfeil i rørsveis. Da sveis i 1/2" rørstuss brakk opp, gikk til restbrudd, fikk en kondensatlekkasje med 1,06 kg/s. Røret gikk ikke til fullt brudd.

Feil ved to av ESD ventilene skyldtes at aktuatorene har vært utsatt for vanninntrenging og påfølgende korrosjon over lengre tid. Resultater fra de regelmessige testene av ESD ventilene viser at problemene har vært kjent gjennom flere år. Granskingen viser at Engie ikke har gjennomført tilstrekkelige tiltak for å sikre at nødavstengingssystemet, som er et sikkerhetssystem, opprettholder sin funksjon. Manglende vedlikehold av aktuatorene har ført til at to av ESD ventilene ikke fungerte slik de skulle under hendelsen.

### **Oppsummering av hovedfunn og observasjoner:**

#### **Brudd i rør**

Røntgenundersøkelse stadfestet innvendig sveisefeil på rørstussen som gikk til brudd. Det ble i tillegg stadfestet samme feiltype på 4 av 5 tilsvarende stusser på de andre kondensatpumpene.

#### **Feil ved nødavstengingssystem**

Feil ved to nødavstengingsventiler, 23ESV1509 og 24ESV1166. Dette var kjente svekkelser som skyldes problemer med vanninntrenging og korrosjon i aktuatorene. Manglende stenging av 23ESV1509 medførte en eskalering av hendelsen med hensyn til varighet og potensiale.



*Figur 1 - Sprekk i rørstuss ut fra kondensatpumpa.  
Bilde tilhører Engie E&P*

## 1.1 Forkortelser og terminologi

Comos	Vedlikeholdsportal for Gjøa. Benyttes for oppfølging av utstyr og vedlikeholdsstyring av innretningen. Her ligger rapporter og aksjoner på planlagte og utførte oppgaver sortert på utstyrsnivå.
ESV	Emergency shutdown valve
HMI	Human machine interface
HMS	Helse, miljø og sikkerhet
IMS	Information management system
LEL	Lower explosive limit
MEG	Monoetylglykol
MTO	Menneske, teknologi, organisasjon. Analyseverktøy
NDT	Non-Destructive Testing
Ptil	Petroleumstilsynet
P&ID	Piping and instrument diagram
SAS	Safety and automation systems
SIL	Safety integrity level
SKR	Sentralt kontrollrom
SRS	Safety Requirement Specification
TEG	Tri-etylen glykol
VSD	Variable speed drive
VO	Verneombud

## 2 Innledning

Den 21.06.2017 oppstod en kondensatlekkasje i prosessmodulen på bolig- og produksjonsinnretningen Gjòa.

Hendelsen skjedde kl. 20.01 under normal operasjon av prosessanlegget. Kondensatet ble ikke antent og ingen personer ble akutt skadet i hendelsen. I forbindelse med nødavstenging og trykkavlastning av prosessanlegget ble det raskt klart at en nødavstengingsventil ikke stengte som tiltenkt. Denne ventilen var plassert rett oppstrøms lekkasjestedet og førte til en lengre varighet av lekkasjen, og dermed en viss eskalering og økt risiko under hendelsen. Dette førte til at beredskapsledelsen ombord besluttet å evakuere ikke-essensielt personell til land. Situasjonen var normalisert etter ca. 2 timer, kl. 22.09.

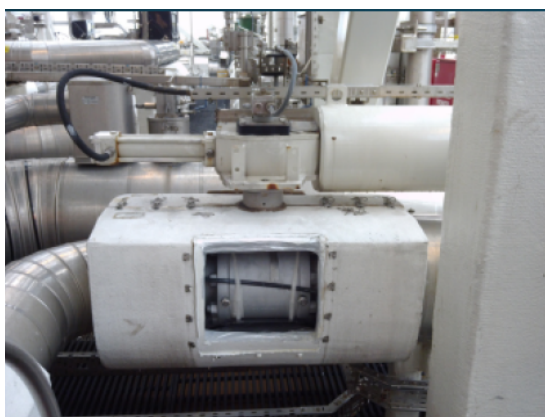
Petroleumstilsynet (Ptil) besluttet den 22.06.2017 å gjennomføre en egen gransking av hendelsen.



Figur 2 - Kondensatpumpe påmontert rørstuss.  
Bilde tilhører Engie E&P



Figur 3- Sprekk i rørstuss som førte til kondensatlekkasje.  
Bilde tilhører Engie E&P



Figur 4- ESV ventil med påmontert aktuator.  
Bilde tilhører Engie E&P



Figur 5- Åpnet aktuatorhus til ESV. Viser korrosjon på innsiden av pakning.  
Bilde tilhører Engie E&P

## 2.1 Om granskingen

Ptils arbeid med granskingen startet opp med møte med Engie dagen etter hendelsen. Deretter ble det gjennomført intervju av relevant personell innen drift, vedlikehold og ledelse både i landorganisasjon og personell offshore på Gjøa.

Det ble besluttet at Ptils granskingsgruppe ikke skulle dra ut til Gjøa.

Intervjuene ble avholdt med observatør til stede. Totalt 13 intervjuer er avholdt i tidsrommet juni til august 2017. De fleste ble gjennomført i dagene etter at hendelsen fant sted.

Intervjuene ble gjennomført i Engie sine lokaler på Forus. For ressurser som befant seg på Gjøa ble disse intervjuet via videokonferanse. I tillegg har det vært møte med Engie for å gjennomgå resultat av materialteknisk rapport etter at den var ferdigstilt.

Gruppen har utarbeidet granskingsrapport basert på presentasjoner, intervjuer og mottatte dokumenter. Granskingsrapporten omhandler direkte og bakenforliggende årsaker både av teknologisk og operasjonell karakter.

## 2.2 Granskingsgruppens mandat

1. Klarlegge hendelsens omfang og forløp fra hendelsen startet til situasjonen var normalisert på innretningen.
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.
8. Utarbeide rapport i henhold til mal.
9. Anbefale og bidra i videre oppfølging

### Granskingsgruppens sammensetning:

Espen Seljemo	Prosessintegritet
Sandra Gustafsson	Konstruksjonssikkerhet
Ole Jacob Næss	Konstruksjonssikkerhet
Vivian Sagvaag	Arbeidsmiljø
Kristi Wiger	Prosessintegritet (granskingsleder)

### 3 Bakgrunn

Beskrivelse av innretning, område og utstyr involvert i hendelsen.

#### 3.1 Gjøa

Gjøa er et olje- og gassfelt som ligger ca. 65 km sørvest for Florø og 70 km nordøst for Troll B innretningen. Havdypet i området er mellom 360 og 380 meter. Gjøa innretningen er koblet opp mot subseafeltet Vega. Den halvt nedsenkbar bolig- og produksjonsinnretningen kom i produksjon i år 2010. Strømkabel fra Mongstad gir Gjøa kraftforsyning fra land. Gassen blir transportert til St. Fergus i Skottland via rørledningen FLAGS og olje blir transportert til Mongstad oljeraffineri via TOR2 rørledningen.

Gjøa utbyggingsprosjektet ble gjennomført i perioden 2007 til 2010. Topside ble bygd ved Aker Solutions verft på Stord og skroget ved Samsung sitt verft i Sør-Korea. Statoil var operatør under utbyggingen før operatørskapet ble overlevert til GdF Suez E&P Norge ved oppstarten i 2010. GdF Suez skiftet navn til Engie i 2015. Engie E&P Norge har sitt hovedkontor på Forus i Stavanger.



*Figur 6 - Gjøa innretningen. Bilde tilhører Engie E&P.*

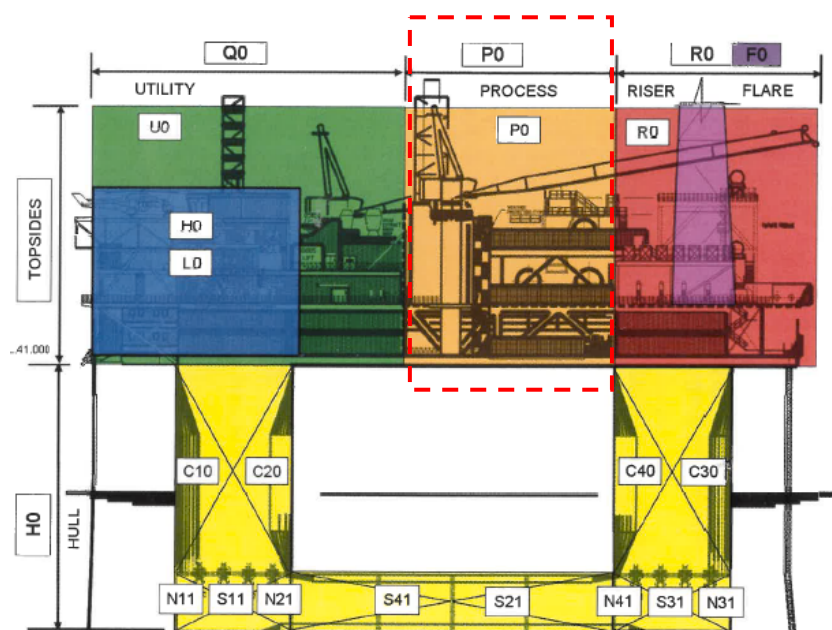
Rettighetshavere i lisens PL153:

ENGIE E&P Norge AS (30%), Petoro AS (30%), Wintershall Norge AS (20%)  
A/S Norske Shell (12%), DEA Norge AS (8%)



### 3.2 Område

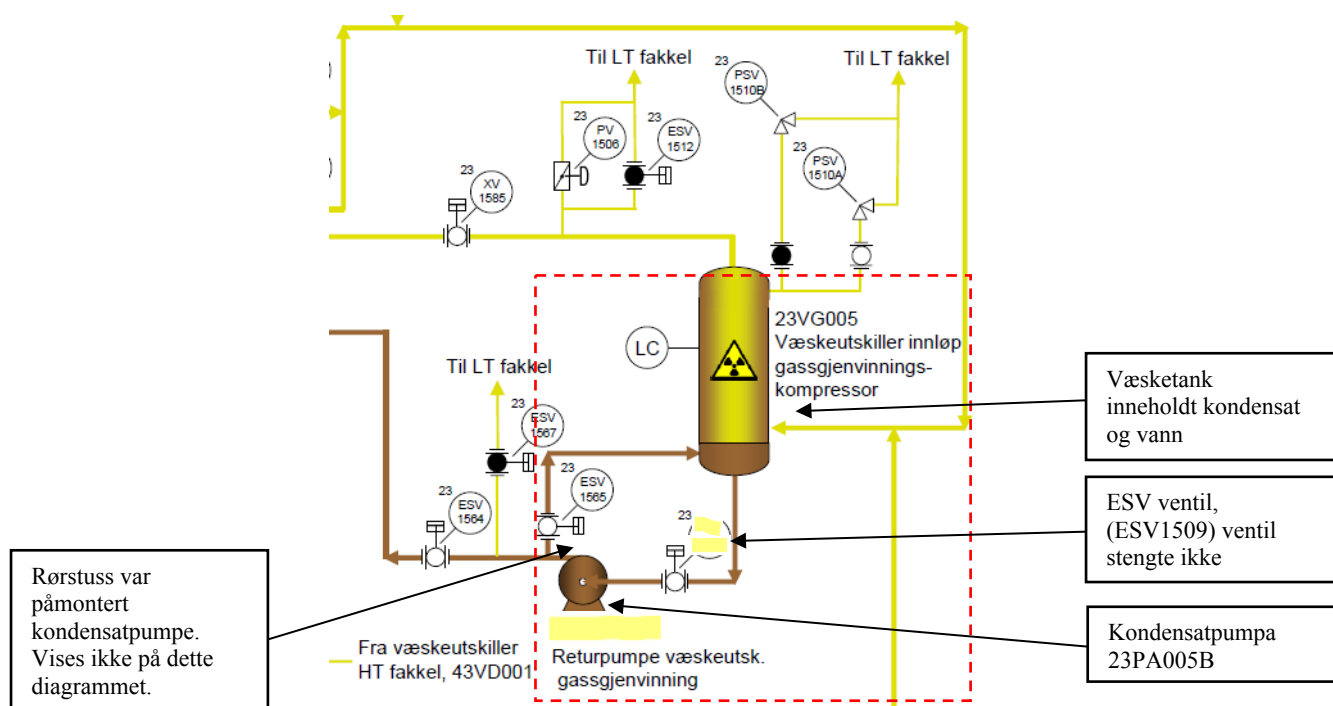
Kondensatlekkasjen var lokalisert til nedre dekk i prosessmodulen (P0).



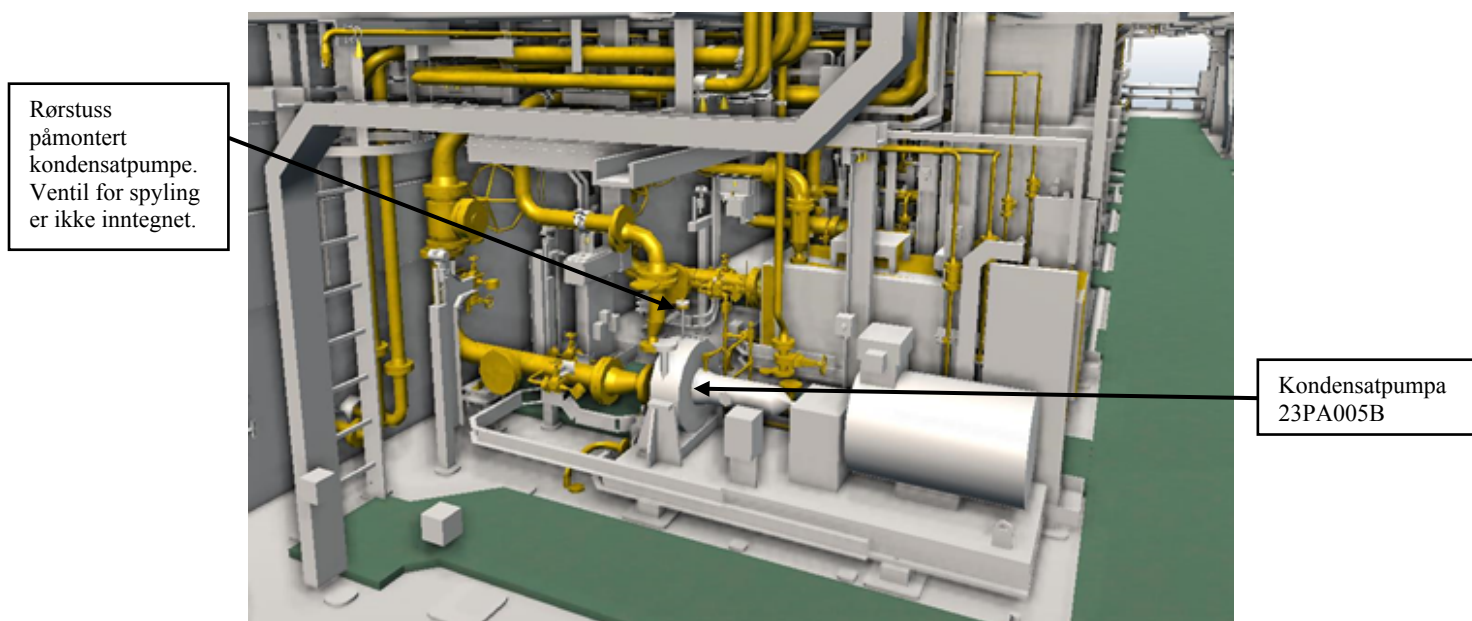
Figur 7 - Kondensatlekkasjen oppsto i prosessområdet P0, nedre dekk.  
Bilde tilhører Engie E&P.

### 3.3 Utstyr og prosess som var involvert i hendelsen

Utdrag fra flytskjema hovedprosess for system for gassrekompresjon (23) med pumpe og ventilarrangement er vist under på første bilde. Neste bilde viser 3D tegning av pumpe med rørstuss, men uten den påmonterte ventilen som brukes til vedlikehold/spyling.



Figur 8 - Utdrag av hovedprosess GjØa, system 23 gassrekompresjon.  
Bilde tilhører Engie E&P



Figur 9 - Prosessområdet og kondensatpumpe vist i 3D figur.  
Bilde tilhører Engie E&P.

### 3.3.1 System 23 for rekompresjon av gass

Lekkasjen oppstod som et resultat av brudd i et rør tilknyttet systemet for rekompresjon av gass, system 23. Rørstussen var montert på ei kondensatpumpe. Denne pumpe er plassert nedstrøms en væskeutskiller og skal pumpe kondensat videre inn på 2. trinns separator og samtidig skal den resirkulere kondensat på væskeutskilleren. Utstyret, som er tilknyttet rekompresjon av gass, skal samle gassen fra de forskjellige stadiene i separasjonsprosessen, kjøle den ned og skille ut væsken. Gassen blir rekomprimert, mens væsken, eller kondensatet, blir tatt ut i væskeutskiller og ført tilbake til separatorene. I den aktuelle væskeutskilleren var det også innløp fra system for både MEG og TEG regenerering. Det var i tillegg tilførsel fra enheter i systemet for produsert vann. Kondensatet inneholdt derfor en stor del vann.

Den aktuelle væskeutskilleren opererer ved lavt trykk og kondensatet ut av væskeutskiller har tilnærmet atmosfærisk trykk. Trykket på 2. trinns separator er 21 bar, og minimum trykkøkningen i pumpe er oppgitt til 22,3 bar. Designtrykket på pumpe er 45 barg.

### 3.3.2 Kondensatpumpe 23PA005A/B

Oppsettet for kondensatpumpene er 2x 100% pumper, A og B. Dette er en vanlig løsning for denne type system og er designet slik for å kunne kjøre anlegget med en pumpe ute av drift. I tillegg finnes det i dette tilfellet også en reservepumpe. Pumpene kan operere på ulike turtall ved hjelp av en variabel speed drive (VSD). Maks turtall er 3155 rpm (omdreininger per minutt).

Pumpene har hatt mange reparasjoner og modifikasjoner i løpet av sin driftstid. Det er svært mange registrerte feil og tiltak på både pumpe A og pumpe B. Pumpene har derfor blitt sendt til land flere ganger. I intervjuer og etter gjennomgang av systemet for håndtering av innmeldte feil kom det fram at disse to kondensatpumpene har hatt utfordringer med design

og vibrasjoner. Årsakene til at vibrasjonene har oppstått er både påpekt i intervjuer og beskrevet i vedlikeholdsportalen Comos. Konsekvensene har vært knekte bolter og påfølgende lagerhavari. Årsakene er under intervju forklart som ubalanse i pumpe på grunn av at pumpe var designet for høyere innløpsstrykk, samt utfordringer med pumpefundament og en sveise-råk som gjorde at pumpefundamentet ikke hadde tilstrekkelig kontakt med underlaget. Denne ujevnheten ble utbedret i 2015. Pumpene ble i 2016 også modifisert med formål om å balansere de aksielle kreftene ved at det ble laget spor for å utjevne trykket på hver side av impeller og samtidig ble det montert nye sliteringer. Dette ser ut til å ha redusert problemene med vibrasjoner og påfølgende havari.

I integritetsrapport for roterende utstyr utgitt mars 2017 står det at disse pumpene, A og B, kjører fint og at det ikke er registrert noen hendelser etter modifikasjonene (3).

### 3.3.3 Rørstuss

På kondensatpumpe er det en rørstuss med en manuell ventil som brukes for vedlikeholdsspyling av pumpe. Aktuell rørstuss med rør, flenser og ventil veier til sammen ca. 5,3 kg. Lengde fra pumpehus til midten av ventil er 18,5 cm. Det er ingen supporterings av dette ventilarrangementet. Selve røret er angitt på tegning til 3/4" rørdimensjon, men en finner at på begge disse to pumpene er det benyttet 1/2" rørdimensjon i duplex stål og schedule 160 som gir 4,78 mm nominell veggtykkelse. Det er tilnærmet lik innvendig diameter på rør på hver side av sveisen slik det framkommer i DNV GL rapport (2) og røntgenbilder. Utvendig diameter på rørene er noe forskjellig på grunn av ulik godstykkelse i sammensveiste rør. Rørstusser og rør er sammensveist uten full V-fuge og mangler full gjennombrenning. Det gir en innvendig sprekkkanvisning for mulig utmatting.



*Figur 10 - Rørstuss og manuell vedlikeholdsventil påmontert på kondensatpumpe 23PA005B. Bilde tilhører Engie E&P.*



*Figur 11 - Brudd i sveis på 1/2"rørstuss. Duplex stål. Bilde tilhører Engie E&P.*



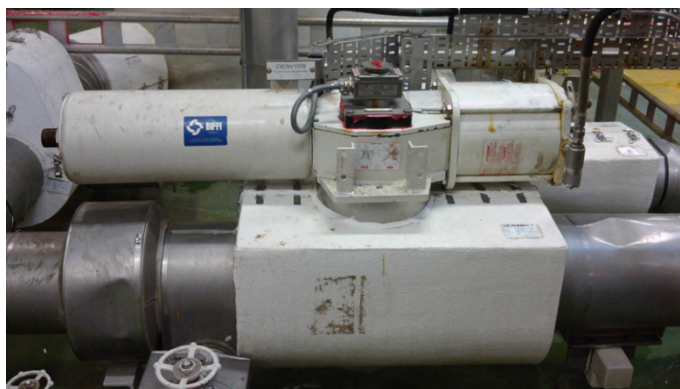
*Figur 12 - Bruddflaten sett fra siden i forbindelse med DNV GL undersøkelse. Bilde tilhører Engie E&P.*

Den påmonterte rørstussen og ventilen på pumpe er en del av kondensatpumpepakken som ble levert til utbyggingsprosjektet Gjøa. Det har ikke blitt utført noen modifikasjoner på selve rørstussen eller på ventilen i løpet av tiden Gjøa har vært i drift fram til hendelsen.

### 3.3.4 Nødvstengingssystem/ emergency shut down

Nødvstengingssystemet (ESD) har til hensikt å forhindre eskalering av en uønsket hendelse og begrense varighet og omfang av hendelsen. ESD systemet kan aktiveres automatisk eller manuelt. I tilfellet på Gjøa ble ESD aktivert automatisk ved at det var bekreftet gassdeteksjon i prosessområdet P01 på nedre dekk. Ved aktivering skal ESD ventilene isolere og seksjonere prosessen. Ved å gjennomføre jevnlig tester av ventilenes funksjon og lukketid vil en kunne påse at påliteligheten og integriteten til nødvstengingssystemet er innenfor krav.

Under hendelsen på Gjøa feilet to ESD ventiler. Den ene ventilen, 23ESV1509, var plassert mellom bruddsted og væskeutskillertanken som pumpa var koblet opp mot. Ventilens hensikt er å redusere volum og varighet av en eventuell lekkasje. Dette er en 6'' kuleventil med en påmontert pneumatisk aktuator. Det viste seg at flere aktuatorer står utsatt til slik at vann har trent inn og forårsaket korrosjon.



*Figur 13 - ESD ventil med påmontert aktuator. 23ESV1509 som feilet under hendelsen. Bilde tilhører Engie E&P Norge*

Den andre ventilen som feilet var 24ESV1166. Dette er en trykkavlastningsventil som skal åpne til fakkell når nødvstenging inntreffer. 24ESV1166 er plassert i systemet for gasstørking og er tilknyttet utløpet fra TEG- kontaktor (Tri-etylen glykol). Ventilen er en 8'' ventil og har hydraulisk aktuator.

## 3.4 Helseeffekter ved kondensateksponering

Mediet som lekket ut fra væskeutskilleren bestod hovedsakelig av produsert vann med mindre mengder hydrokarboner i form av gass og kondensat.

Kondensat består hovedsakelig av propan, butan, pentan, og andre tyngre hydrokarbonfraksjoner. I tillegg finnes mindre mengder av andre komponenter som for eksempel benzen. Benzen anses å utgjøre den største helsefaren. Benzen har både akutte og kroniske helseeffekter og er et kjent kreftfremkallende og arvestoffskadelig stoff. Det er flyktig og fordamper raskt. Dampen er tyngre enn luft. I tillegg er benzen meget brannfarlig. Eksponering for hydrokarbongass og benzen kan forårsake narkotisk virkning i konsentrasjoner lavere enn de som representerer eksplosjons- eller kvelningsfare. Risikoen for narkotisk effekt er større ved kondensatlekkasje enn ved lekkasje av råolje eller gass.

#### 4 Hendelsesforløp 21.06.2017

Hendelsesforløpet er sentrert rundt gassgjenvinningssystemet, kondensatpumpe og nødavstengingssystem. De viktigste hendelsene er listet opp i kronologisk rekkefølge:

<b>Tid- dato</b>	<b>Beskrivelse</b>
21.06.2017	Uteoperatør går normal sjekkrunde på nedre dekk.
20:01	Uteoperatør oppdager lekkasje på kondensatpumpe. Melder til SKR om oppdaget lekkasje. Operatør prøver å stoppe lekkasje ved å skru på ventilratt påmontert toppen av rørstuss hvor lekkasjen kommer ut. Operatør blir eksponert for kondensat på deler av kroppen.
20:03	Bekreftet gass og ESD nivå 2 med deluge aktiveres, uteoperatør trekker seg tilbake til sikkert område. ESV ventil 23ESV1509 stenger ikke
20:14	Mønstring i henhold til alarminstruks og POB kontroll 49 personer.
20:28	Plattformsjef beslutter å evakuere ikke essensielt personell til land.
20:33	Kondensatlekkasje bekreftet stanset
21:15	Siste evakuering til land SAR, POB Gjøa 30Stk, 19 ble evakuert til land
21:27	Deluge deaktivert, var aktivert i 1t og 26min
22:09	Situasjon normalisert
22:25	Debrief personell på Gjøa
01:15	Demobilisering 2.line og 3.linje

Den 21.06.2017 gikk uteoperatør sin faste sjekkrunde på nedre dekk i prosessmodulen. Klokket 20.01 observerer operatøren en lekkasje på rørstuss ut fra kondensatpumpe 23PA005B. Uteoperatøren gikk bort til lekkasjestedet og prøvde å stenge en manuell ventil som var montert rett over lekkasjepunktet. Operatøren varslet samtidig kontrollrommet om lekkasjen. Den manuelle ventilen hadde ingen påvirkning på hendelsesforløpet siden den stod på et rør som brukes til spyling av pumpehuset. Operatøren kom i direkte kontakt i en kort periode med væsken og fikk dette på seg i mage- og lårregionen. Operatøren var utstyrt med standard verneutstyr.

Klokket 20.03 utløses alarm fra kontrollsystemet bekreftet gass i kondensatpumpeområdet. Dette initierer ESD nivå 2 påfulgt av generell alarm og mønstring i henhold til alarminstruks. Deluge aktiveres i området på nedre dekk og uteoperatør går i sikker sone. Beredskapslag mønstrer på Gjøa i henhold til instruks, 2.linje og 3.linje mønstrer på land.

ESD ventil 23ESV1509 ut fra væskeutskillertank stenger ikke, basert på dette beslutter plattformledelse på Gjøa å evakuere 19 ikke-essensielle personell til land. Helikopter rekvireres; SAR blir tilkalt fra Oseberg og Sea King fra Florø.

Trykket ut av kondensatpumpa er ved tidspunkt for hendelsen oppgitt av Engie til å ha vært ca. 26 bar og temperaturen på kondensatet ca. 50°C. I det lekkasjen ble detektert og nødavstenging iverksatt stanset pumpe. Trykket i lekkasjen ble da redusert til tilnærmet atmosfærisk trykk, eller nærmere bestemt det statiske trykket i væskesøylen oppstrøms lekkasjen.

Lekkasjen varer i ca. 30 minutter før innsatslaget bekrefter at den har stoppet. Totalt volum av tank og rør oppstrøms lekkasjen er av Engie kalkulert til 3,7 m<sup>3</sup>.

En manuell ventil til closed drain befinner seg på dekknivået over lekkasjen, det blir derfor besluttet å åpne denne ventilen for å redusere lekkasjemengden. I følge Engie sin granskingsrapport blir denne ventilen åpnet etter åtte minutter. Dette medfører at en del av

volumet i rørene og væskeutskillertanken da blir ledet til lukket avløp, mens resten fortsetter å lekke ut i lekkasjepunktet og fordamper eller blir ført med deluge i open drain.

Lekkasjestedet er på en 1/2" rørstuss påmontert kondensatpumpe 23PA005B. Rørstuss var koblet videre mot en manuell ventil og slangekobling som brukes ved vedlikehold og gjennomspyling av pumpe.

Deler av prosessområdet ble skumlagt som risikoreduserende tiltak for å hindre en eventuell eskalering av hendelsen. Det ble under intervju nevnt at en detektor i et annet område ga gassutslag. På bakgrunn av dette ble det besluttet å la deluge være aktiv i ca. 1t og 26min. Det viste seg senere at det var feil på denne detektoren og det antas at det ikke var gass i dette området.

Situasjonen på Gjøa var normalisert kl. 22.09 og debrief av personell offshore ble gjennomført kl. 22.25. Helikopterressursene ble demobilisert etter evakueringen. Kl. 01.15 ble 2.linje og 3.linje demobilisert.

Det var ikke behov for opprydning eller rengjøring etter hendelsen. Delugesystemet hadde spylt området med brannvann, noe som hadde bidratt til å skylle kondensatet ned i avløpssystemet. I timene etter at området var klarert ble metankonsentrasjonen i arbeidsatmosfæren overvåket med bærbare detektorer. Disse ga ikke utslag. Benzen ble målt i arbeidsatmosfæren først dagen etter hendelsen, den 22.06.17 kl. 15.00 og deretter den 24.06.17 kl. 09.00. Målingene viste da lave benzenkonsentrasjoner, dvs. under og rundt måleapparatets deteksjonsgrense på 0,05 ppm.

## 5 Årsaksforhold

Beskrivelse av de direkte og bakenforliggende årsaker til hendelsen.

### 5.1 Direkte årsak

Kondensatlekkasjen skyldtes utmattingsbrudd i sveis på 1/2" rørstuss ut fra kondensatpumpe 23PA005B. Vibrasjoner fra pumpe ga utmattingspenninger i sveist forbindelse grunnet den 11,5 cm lange rørstuss med en 3,6 kg tung manuell ventil montert på toppen. Dette gir et kraftmoment med tilhørende bøyespenninger. Slik sveisen framstår er sveisearbeidet mangelfullt både med fugepreparering og mangelfull gjennombrenning (lack of penetration) samt noe saksing (misalignment) mellom de sammensveiste rør. Initiering av utmattingssprekk i sveis har sin årsak i dette. En får en skarp sprekk innvendig rundt hele røret som gir stor lokal spenningsintensitet. Dermed har utmattingsprekken startet å vokse fra innsida av rørsveisen. Dersom sveiseforbindelsen hadde vært gjenstand for volumetrisk NDT så burde feilen blitt oppdaget. Den ville ikke tilfredsstilt de generelle kriterier til god sveise arbeidsutførelse med akseptkriterier. Det er ikke brakt på det rene hvordan sveisen var designet med sveiseprosedyrespesifikasjon eller -kvalifikasjon, men sveisen burde hatt en V-fuge med rotåpning og full gjennombrenning.

### 5.2 Bakenforliggende årsaker

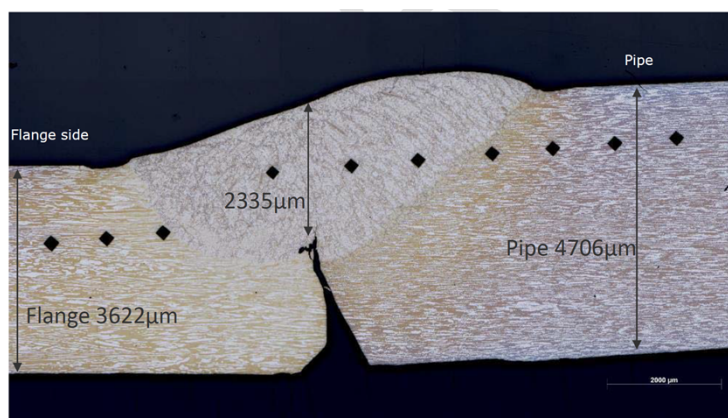
Under beskrives forhold som var bakenforliggende for hendelsen. Her regnes både lekkasjen og svikten i nødavstengingssystemet, inkludert svakheter ved design, fabrikasjon, oppfølging, roller og ansvar.

#### 5.2.1 Design og sveisutførelse

Den aktuelle rørstuss i Duplex rustfritt stål var en del av leveransen av kondensatpumper til Statoils Gjøa prosjekt. NORSOK standard M-601 angir spesielle kvalifiserings- og oppfølgingskrav til leverandør av Duplex. Når det gjelder oppfølging med design og fabrikasjon så får ikke sveising med krav til ikke destruktiv prøving og senere ferdigstillestesting av små rørutstikk stor oppmerksomhet. NORSOK M-601 «Welding and inspection of piping» er spesifisert i innkjøpsordren. Kravet til ikke destruktiv prøving i denne er 100% visuell kontroll, volumetrisk (røntgen) og overflate (penetrant) kontroll for trykkklasse over 600#. Dersom kravene var blitt fulgt med røntgen så burde feil vært oppdaget. Når det gjelder selve sveisutførelse så stilles det krav til sveisekompetanse og godkjente sveisere hos firma og det skal finnes avmerket på tegning hvilken sveiseprosedyre som skal følges. Slik dokumentasjon på sveis har vært etterspurt, men ikke mulig å framskaffe til vårt granskingsunderlag.

Buttsveisen i aktuell 1/2" rørstuss undersøkt av DNV GL har noenlunde lik innvendig diameter og veggtykkelse 3,6mm mot flens og 4,7mm mot rør, se figur under hentet fra DNV GL materialteknisk undersøkelsesrapport (2).

Figur 14 viser en rørsveis med innvendig sprekkkanvisning for mulig videre utmattingsforløp. I hovedsak skyldes dette feil fugetilpasning for sveising. Her burde det vært en V-fuge med rotåpning slik at sveiser kunne fått utført sitt arbeid korrekt og full gjennombrenning av sveis. Dermed ville en kunne unngått slik manglende gjennombrenning (lack of penetration) feil.



Figur 14 - Metallografi av bruddsted på rørstuss, viser manglende gjennombrenning av sveis. Bilde tilhører Engie E&P Norge

Disse to forhold stiller spørsmål knyttet til leverandørens sveisekompetanse og oppfølging av leveransen:

- Etter forespørsel har det ikke lyktes oss å få noen sveiseprosedyre eller sveisedokumentasjon oversendt fra Engie/ pumpeleverandør.
- Senere undersøkelse med røntgen av fem andre tilsvarende rørstusser har påvist samme feil i sveis på fire lignende rørstusser.

Den aktuelle pumpa med VSD har hatt utfordringer med vibrasjoner. Med hurtige vibrasjoner i pumpa som forplanter seg til rørstuss og en stor lokal spenningsintensitet ved sprekkspiss så vil en utmattingsprekk kunne starte og utvikle seg. VSD pumpa kan operere opp mot 3155 rpm. Pådraget på pumpa er oppgitt til å ha vært på ca. 84%. Et anslag over antall vibrasjoner på en 7 år gammel pumpe gir ca.  $1.E+09$  sykluser. Dette er i et høysyklus utmattingsområde. DNV GL materialundersøkelse (2) viser tydelig utmatting. Terskelverdi for utmattingspenning ved høysyklus utmatting, som kan være tilfelle her, kan i tillegg være lav, ref. (4)

Utfordring med utmatting og spesielt på små rør og rørutstikk «small bore piping» er velkjent i oljeindustrien. Flere kilder hevder at de kan bidra til ca. 20% av alle hydrokarbonlekkasjer (5).

I den senere tid har det vært hydrokarbonlekkasjer på Gudrun, 2" bypass rør den 18. februar 2015 og på Kårstø 7. januar 2016 på en instrumenttilkobling. Begge disse har vært på grunn av utmatting og mulig relativ høysyklus vibrasjonsutmattning. På Gudrun skyldtes det vibrasjoner i en trykkreduksjonsventil. På Kårstø var det vindturbulens rundt et trykkmanometer i egenfrekvensområdet som var årsaken. Ptil har gransket begge disse hendelsene, se referanser Gudrun (6) og Kårstø (7).

Det er derfor grunn til å tro at det ikke har vært nok årvåkenhet mot mulige feil av denne type i næringen både i drift- og prosjektfase. Spesielt gjelder dette små grenrør (small bore piping) med påmonterte deler som gir kraftmoment når de er knyttet til utstyr eller større rør som kan være utsatt for vibrasjoner eller høysyklus vibrasjoner.



## 5.2.2 Oppfølging av vibrasjon og havari av kondensatpumpene

Driftsproblemene har vært felles for både A og B pumpe. Det har vært problemer med vibrasjoner og havari. Pumpefundament har blitt utbedret og pumpeinnmat har blitt modifisert for å utbalansere trykk og aksialkrefter.

Ved gjennomgang av historikk i form av registreringer i Comos og informasjon mottatt i samtaler med personell er det klart at pumpene har hatt store problemer i hele driftstiden. Problemene har blitt fulgt opp driftsteknisk og feilene har blitt forsøkt utbedret. Det er imidlertid ingen spor av vurderinger rundt hva vibrasjonene kan ha ført til av redusert levetid for utstyr eller rør. Vibrasjonene har blitt målt, men vi kan ikke se at vibrasjonene har utløst vurderinger eller tiltak knyttet til eventuelle andre barrieresvekkelser. Konsekvenser av langvarig vibrasjon har ikke vært på agendaen.

Tabellen gir en oversikt over noen av observasjonene og utbedringene som pumpene 23PA0005A/B har blitt gjenstand for siden oppstarten av Gjøa i 2010.

Periode	Registreringer på kondensatpumpene, vedlikeholdsportalen Comos:
2011- 2015	Gjentatte problemer med kondensatpumpe 23PA0005A og B. Flere registrerte hendelser hvert år i denne perioden. Mange av observasjonene omhandler ulyd og vibrasjon. Det nevnes knekt impeller bolt, lagerhavari og prosessvæske i tetningsvæske. Dette medfører nødvendige utskiftinger, overhaling og tiltak med oppretting av pumpe.
2014	Oppdages at pumperamme står på en sveis i underlaget og at dette gir en liten anleggsflate og kan ha medført økt vibrasjon i pumpe.
2016	Tar beslutning om større modifikasjon på pumpene (A/B) som skal utligne den store forskjellen i aksialkrefter mellom sugesiden og trykksiden av pumpe.

## 5.2.3 Oppfølging av sikkerhetskritisk utstyr og barrierer

Styrende dokumenter benyttes gjennom hele livssyklusen i design og drift av sikkerhetskritisk utstyr som ESD ventiler. Disse dokumentene setter krav til detaljer i vedlikeholdsprogram og testintervall slik at integriteten til utstyret ivaretas. Krav til utstyr og funksjon er definert i henhold til SIL nivå og ytelsesstandard. Styrende dokumenter som; *Safety requirement specification (SRS) med tillegg, SIL spesifisering for ventiler og SIL spesifisering for aktuatorer* inngår som en del av oppfølging, drift og vedlikeholdsprogram for sikkerhetskritisk utstyr.

Mange av ESD ventilene på Gjøa har en historikk med korrosjon og vanninntrenging i aktuator. Etter gjentatte feil ved funksjonstesting av ventiler har mekanisk personell utført korrektivt vedlikehold med smøring og repeterende testing. Siste tiltak, iverksatt i 2016, på ESD ventiler som hadde problemer med å åpne eller stenge, var å endre testintervall fra 12 måneder til 3 måneder. Dette ble gjort uten å åpne tilhørende aktuator for å verifisere status og tilstand. Det var planlagt vedlikehold på enkelte ESD ventiler med tilhørende aktuator i revisjonsstans september 2017.

## Historikk ESD ventil testing

Kort sammendrag av testresultater for ESD ventil, ESV1509.

Periode	Test detaljer	Testresultat
09.11 2011	ESD tester utføres i årene etter oppstart av GjØa. Ventilen stenger.	Test OK.
28.08 2012	Ventilen stenger.	Test OK.
23.10 2013	Ventilen stenger.	Test OK.
2014	Sjekk for vanninntrenging i aktuator.	
09.04.2014	Ventilen stenger.	Test OK.
10.02.2015	Test av ventil.	Test OK.
07.12.2015	Trip i anlegget. Blir registrert lang stengetid.	Ventil feilet.
08.02.2016	Test av ventil.	Test er OK.
24.10.2016	Trip i anlegget. Beslutning om redusert testintervall fra 12 måneder til 3 måneder.	Ventil feilet.
13.02.2017	Test av ventil.	Ventil feilet.
09.05.2017	Test av ventil.	Ventil feilet.
<b>21.06.2017</b>	<b>Hendelse kondensatlekkasje.</b>	<b>Ventil feilet.</b>

Manglende stenging av ESD ventil skyldes at aktuatoren har vært utsatt for vanninntrenging og korrosjon over lengre tid. Dette i kombinasjon med mangelfullt vedlikeholdsprogram for aktuatorer har ført til at barrierefunksjonen til ESD ventilen ikke har vært opprettholdt.

På GjØa brukes barrierepanel for å synliggjøre feil og svekkelser på sikkerhetskritiske barrierefunksjoner. Panelet viser trafikkløysstatus rød, gul og grønn som status basert på tag data fra Comos og innretningens IMS<sup>1</sup> data fra kontrollsystemet. I Comos blir utstyret tagget med status: *Unwell*, *ill* eller *dead* basert på test og verifikasjon. Utstyr får kun farge rød i barrierepanel hvis det tagges som *dead* i Comos. Her er det personen som eier saken i Comos som vurderer hvilken status utstyret får basert på resultat fra vedlikehold og/ eller testing. I dette tilfelle hvor det har vært problemer med ESV ventiler i forkant av hendelsen ble ikke ESV ventilen tagget som *dead*. Dermed ble den aldri vist som rød i barrierepanelet. Det var kun røde lys i barrierepanelet som ble meldt tilbake til ledelse for teknisk integritet på GjØa.

Vi kan ikke se at det er satt krav til hvor mange ganger en operatør kan teste en ventil/ aktuator som ikke åpner/ lukker før den må settes i status *dead*. For å tilfredsstille krav i regelverk og styrende dokumenter skal funksjonen anses som *dead* dersom første test feiler basert på at testen er korrekt planlagt og utført. På GjØa har det vært praktisert å sette status til *ill* hvis en ventil har feilet. Dette har ført til at ventiler har blitt testet og smurt flere ganger og at de er blitt friskmeldt uten at de har blitt demontert og sjekket for hva som forårsaker feilen. Praksisen med å akseptere mangelfulle testresultater har ført til at nødavstengingssystemet på GjØa ikke har tilfredsstilt kravene som regelverket setter til funksjonalitet og pålitelighet.

---

<sup>1</sup> Information management system

#### 5.2.4 Organisering, roller og ansvar

Gjøa etablerte roller med systemansvar for to år siden. Før det var det kun etablert tekniske fagansvar for det enkelte utstyr. Ansvar for utstyr som skal ha en barrierefunksjon er ofte delt mellom ulike fagdisipliner. For en aktuert ventil, som en nødavstengingsventil, tilhører selve ventilen mekanisk fagdisiplin, aktuatoren tilhører instrument, og sikkerhetsfunksjonen ventilen skal ivareta følges opp av teknisk sikkerhet. Det er imidlertid instrument som monitorer ventilene og følger opp lukketider og tester. I tilfellet her hvor to ESD ventiler sviktet, har instrumentdisiplinen loggført historikken med problemer, reparasjon og tatt initiativ til kortere testintervall. Ved testing og overlevering til systemansvarlig er det opp til vedkommende som registrerer saken i Comos å sette prioritet på jobb og gi aksjon videre til rett person.

Selv om deler av barrieren nødavstengning var ute av funksjon kom ikke dette frem på barrierepanelet som innretningen bruker til styring og overvåking av risiko. Dette har ført til at ansvarlig og ledende personell på innretningen og i landorganisasjonen ikke har vært kjent med svekkelsene i nødavstengingssystemet.

Informasjon og tiltak knyttet til svekkelser av sikkerhetskritisk utstyr og barrierefunksjon virker å ha blitt formidlet på en uformell og lite systematisk måte.

I dette tilfellet, hvor deler av en barriere ikke fungerer tilfredsstillende, er det ikke tatt eierskap til, eller gjort en vurdering av problemet av ansvarlige innen teknisk sikkerhet. Beslutning om endring av testintervall ble tatt av vedlikeholdsleder og instrumenttekniker i samråd. Det er heller ikke godt nok kommunisert videre inn til landorganisasjonen for registrering og oppfølging.

## 6 Hendelsens potensial

Faktiske og potensielle konsekvenser.

### 6.1 Faktisk konsekvens

#### 6.1.1 Utslipp av kondensat til omgivelser og utslipp til sjø

Kondensatutslippets størrelse er av Engie estimert til ca. 1,25m<sup>3</sup>. Mesteparten av kondensatutslippet ble til gass (fordampet) og noe ble skylt på sjø sammen med vann fra deluge.

#### 6.1.2 Produksjonstap

Kondensatlekkasje i rørstuss førte til nedstenging og produksjonstap på Gjøa mens utbedring og klargjøring etter hendelsen pågikk. Gjøa var nedstengt i perioden 21.06.2017- 07.07.2017.

#### 6.1.3 Kjemisk eksponering av personell

Uteoperatøren var i direkte kontakt med mediet fra lekkasjepunktet og fikk dette sprutet i mage- og lårregionen da lekkasjen ble forsøkt stoppet mellom kl. 20.01 og kl. 20.03. Engie har opplyst at operatøren oppholdt seg ca. 40 sekunder tilsammen i området ved lekkasjen. Operatøren opplevde ikke symptomer på akutt eksponering hverken under hendelsen eller i løpet av de neste dagene etter hendelsen.

Uteoperatøren ble gjennomvåt av brannvann få minutter etter hudeksponering. Det antas at brannvannet bidro til en sterk fortykningseffekt og at hudopptaket anses å være lavt. Uteoperatøren byttet klær først ca. 2 timer etter eksponering, dvs. eventuelle hydrokarbonrester kan ha blitt tatt opp via huden i denne perioden.

Engie har i etterkant av hendelsen estimert og modellert mulig luftkonsentrasjon av benzen i nærområdet rundt lekkasjepunktet. Verst antatte konsentrasjonsnivå 0,5 m fra lekkasjepunktet ett minutt etter lekkasjen var 30 mg/m<sup>3</sup> (Korttidsverdi<sub>15 min</sub>: 8mg/m<sup>3</sup>) for benzen. Da korttidsverdien beregnes ut ifra 15 minutters gjennomsnittseksponering vil det si at uteoperatøren totalt sett var eksponert for opptil 17 % av korttidsverdien for benzen.

Det ble ikke foretatt biologisk prøvetaking i etterkant av hendelsen for å verifisere om uteoperatøren hadde tatt opp benzen eller andre helsefarlige komponenter i kroppen.

### 6.2 Potensiell konsekvens

Det er vår vurdering at hendelsen under endrede omstendigheter kunne ført til en større lekkasje. Under hendelsen klarte operatørene å føre noe av væsken til closed drain. Dersom dette ikke hadde vært mulig er det antatt at lekkasjen ville økt til ca. 3,2m<sup>3</sup>. Det har ikke blitt utført spredningsanalyser etter kartlegging av mulige tenkilder i området. Imidlertid var gasskyen stor nok til å bli detektert og dermed representere en reell eksplosjonsrisiko.

I og med at væsken i dette segmentet i stor grad bestod av produsert vann, er det imidlertid med på å nedskalere vurderingen om mulige konsekvenser da mengden gass i segmentet synes å være begrenset.

## 7 Observasjoner

Ptilers observasjoner deles generelt i to kategorier:

- **Avvik:** I denne kategorien finnes observasjoner hvor Ptil mener det er brudd på regelverket.
- **Forbedringspunkt:** Knyttes til observasjoner hvor vi ser mangler, men ikke har nok opplysninger til å kunne påvise brudd på regelverket.

Granskingen har identifisert fire avvik og ett forbedringspunkt fra regelverkets krav.

### 7.1 Avvik

#### 7.1.1 Barrierer og system for barrierestyring

##### Avvik

Mangelfull ivaretagelse og oppfølging av barrierer.

##### Begrunnelse

- **Manglende oppfølging av sikkerhetskritisk utstyr.**  
Svikt i nødavstengingssystem var kjent, men ble ikke tilstrekkelig håndtert. De to ESD ventilene som hadde kjente svekkelser feilet også under hendelsen. Feilen førte til økt utslipp og økt risiko i forbindelse med kondensatlekkasjen. Historikk viser at denne type ventiler på Gjøa har hatt problemer siden 2014 med vanninntrenging og korrosjon i aktuator. For ESV1509 ble det registrert gjentatte feil fra desember 2015 fram til hendelsen 21.juni 2017. Årsaken til at ventilen sviktet ble ikke forstått og tiltak for utbedring ble ikke prioritert.
- **Manglende risikovurdering ved svekkelse på ESD funksjonen.**  
Granskingen avdekker en manglende forståelse for ESD ventilers funksjon som et sikkerhetssystem og hvordan svekkelser ved denne funksjonen påvirker risiko. Videre mangler et systematisk og formalisert samarbeid på tvers i organisasjon mellom ulike fag, samt manglende oppfølging av systemansvarlige. Endring av testintervall vil i dette tilfellet, med gjentatte feil som ikke blir utbedret, ikke være et tilstrekkelig tiltak for å sikre opprettholdelse av sikkerhetsfunksjonen. SIL nivået til ventilen er ikke ivare tatt når det er kjent at funksjonen svikter.
- **Manglende synliggjøring av svekkelser i barrierepanelet.**  
På Gjøa benyttes barrierepanel for å synliggjøre feil og svekkelser på sikkerhetskritiske barrierefunksjoner. I dette tilfelle hvor det har vært problemer med ESV ventiler over lengre tid ble ikke den svekkede funksjonen til nødavstengingssystemet synliggjort i barrierepanelet. Dermed ble den aldri vist som rød i barrierepanelet. Det var kun røde lys i barrierepanelet som ble meldt tilbake til ledelse for teknisk integritet på Gjøa.  
Forholdene over er nærmere beskrevet i kapittel 5.2.3

##### Krav

*Styringsforskriften § 5 om barrierer.*

## 7.1.2 Styring- og vedlikeholdssystem

### Avvik

Mangelfullt vedlikehold og mangler i styrings- og vedlikeholdssystem.

### Begrunnelse

- **Mangelfullt vedlikeholdsprogram på ESD ventiler.**

Historikk viser at ventilene feilet gjentatte ganger. Årsaken til problemene var korrosjon i de bevegelige delene. Til tross for gjentakende feil ble ikke ventilene tilstrekkelig vedlikeholdt. De ble ikke demontert, undersøkt og reparert. Forholdet er nærmere beskrevet i kapittel 5.2.3.

### Krav

*Aktivitetsforskriften § 45 om vedlikehold og § 47 om vedlikeholdsprogram.*

### 7.1.3 Håndtering av vibrasjon

#### Avvik

Manglende tiltak og bruk av innsamlet data ved håndtering av vibrasjon over tid.

#### Begrunnelse

- Problemene med vibrasjoner i kondensatpumpene er beskrevet i kap. 5 og spesielt 5.2.2 i denne rapport. Vibrasjonsproblematikken har blitt vurdert og tiltak iverksatt for å sikre oppetid og drift på pumpene, men dataene er ikke i tilstrekkelig grad blitt benyttet for å vurdere eller iverksette tiltak relatert til sikkerhet og mulig svekkelse av barrierer ut over dette.
- Data som viser store pumpevibrasjoner medførte ikke en vurdering av utmatting på tilknyttede rørforbindelser og heller ikke inspeksjon av slike mulige svekkelser. Mulige konsekvenser med tanke på redusert levetid og risiko for brudd har ikke blitt analysert.

#### Krav

*Styringsforskriften § 19 om innsamling, bearbeiding og bruk av data.*

*Innretningsforskriften § 10 om anlegg, systemer og utstyr.*

### 7.1.4 Organisasjon og ledelse

#### Avvik

Mangelfull utøvelse av roller og ansvar.

#### Begrunnelse

- **Manglende utøvelse av systemansvar for sikkerhetskritisk utstyr.**  
Ansvaret for sikkerhetskritisk utstyr er ikke tilstrekkelig ivaretatt og definert i organisasjonen. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 5.2.4
- **Manglende involvering og informering av ledelse og ansvarlige for teknisk integritet.**  
Granskingen finner at informasjon knyttet til svekkelser av sikkerhetskritisk utstyr har blitt formidlet og dokumentert på en uformell måte. Det har vært manglende kommunikasjon mellom ledelse og fagmiljø, og også mellom de ulike fagdisipliner, ref. kapittel 5.2.4.

#### Krav

*Styringsforskriften § 11 om beslutningsgrunnlag og beslutningskriterier, tredje ledd*

## 7.2 Forbedringspunkt

### 7.2.1 Kreftfremkallende og arvestoffskadelig kjemikalie

#### Forbedringspunkt

Mangelfullt system for oppfølging av personell eksponert for benzen, mangelfulle rutiner for kartlegging av benzen, samt mangelfull helserisikoforståelse.

#### Begrunnelse

Mediet som lakk ut fra rørstussen på kondensatpumpa bestod blant annet av gass og kondensat som inneholdt benzen. Benzen klassifiseres som både kreftfremkallende (IARC kategori 1) og arvestoffskadelig. Flere eksempler indikerte at Engie hadde mangelfulle

systemer for oppfølging av eksponert personell, mangelfulle rutiner for kartlegging av eksponeringspotensiale i hendelsesområdet, i tillegg til mangelfull helserisikoforståelse:

- Engie sin beredskapsplan «DFU 11 Akuttmedisinsk hendelse» var dekkende ved eksponeringssituasjoner med akutte helseeffekter som resultat. Engie kunne derimot ikke vise til en plan eller prosess for oppfølging av personell eksponert for kronisk helseskadelige stoffer som ikke ga akutte helseeffekter.
- Eksponert uteoperatør ble kalt inn til oppfølging hos sykepleier først på ettermiddagen dagen etter hendelsen. Det ble ikke tatt biologiske eksponeringsmålinger som kunne vært brukt til å vurdere uteoperatørens faktiske eksponeringsnivå.
- Eksponert uteoperatør byttet ikke tilsølte klær før ca. 2 timer etter eksponering og dusjet ikke før flere timer senere. Til tross for spyling med deluge kan eventuelle hydrokarbonrester ha vært igjen på hud og klær og forårsaket unødvendig hudeksponering i en periode som kunne vært unngått.
- Det ble tatt LEL-målinger for vurdering av brann- og eksplosjonsfare i perioden etter at hendelsen hadde normalisert seg. Det ble derimot ikke tatt benzenmålinger for å vurdere eksponeringspotensiale før kl. 15.00 dagen etter hendelsen. Personell som jobbet i området hadde ikke vurdert bruk av åndedrettsvern ettersom de ikke hadde fått utslag for nevneverdige nivåer av LEL.
- Engie hadde etablert register over arbeidstakere utsatt for kreftfremkallende eller mutagene kjemikalier og bly. Inklusjonskriteriene for registeret var basert på grenseverdier for kjemikalier og signifikant eksponering i en hendelsessituasjon. Eksponert uteoperatør var ikke registrert i registeret. Engie hadde vurdert at uteoperatøren ikke kom inn under inklusjonskriteriene. Krav i forskriften sier at arbeidstakere som er eller kan bli eksponert for kreftfremkallende eller mutagene kjemikalier skal registreres.

**Krav:**

*Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav*

- § 3-15 om beredskapsplan for nødsituasjoner ved arbeid med kjemikalier
- § 31-1 om register over arbeidstakere utsatt for kreftfremkallende eller mutagene kjemikalier og bly



## 8 Barrierer som har fungert

Granskingsrapporten går ikke systematisk gjennom barrierer som fungerte under hendelsen. Imidlertid er vår oppfatning at beredskap og evakuering fungerte, tatt i betraktning utvikling av hendelsen.

## 9 Vurdering av aktørens granskingsrapport

Engie E&P etablerte en egen granskingsgruppe med mandat for granskning av hendelsen 21.06.2017. Granskingsrapporten har i hovedsak identifisert den direkte årsak til kondensatlekkasjen til mangelfull kvalitet på sveising og ikke tilfredsstillende oppfølging i Statoils utbyggingsprosjekt. Når det gjelder de to ESD ventilene som feilet på grunn av korrosjon, påpekes det at ventilene med aktuatorer ikke var godt nok designet for offshore bruk og noe mangelfull beskrivelse av krav til nødvendig testing og vedlikehold i driftsfasen fra leverandøren sin side. Engie vektlegger manglende vedlikehold og fokuserer mindre på manglende ivaretagelse av funksjonen til nødavstengningssystemet. I sammendraget påpekes det svakheter i kommunikasjon med rolle- og ansvarsavklaring knyttet til aktuelle sikkerhetssystemer og fravær av tilstrekkelige kompensierende tiltak for å rette opp feil ved testing av ventilene.

Engie skriver at det er vanskelig å beregne nøyaktig lekkasjerate og har ikke noe tall for dette i sin rapport.

Vi noterer og et par faktaforskjeller mellom Engie sin rapport og denne rapport.

- Engie har i etterkant fått oversendt noe mer sveiseinformasjon fra pumpeleverandør enn det vi har fått tilsendt og beskrevet i denne rapport.
- Engie sin rapport stadfester at alle de undersøkte pumpene har uakseptable sveisefeil på rørstusser. Vi har fått dokumentert at det var feil på tilsvarende rørstusser på 4 av 5 kondensatpumper i tillegg til den som gikk til brudd.

Ptil anser ingen av disse forskjellene som vesentlige for konklusjonen i vår granskning.

## 10 Diskusjon omkring usikkerheter

Granskingen har fokusert på hvordan lekkasjen kunne oppstå. Arbeidet har vært rettet mot design og vedlikehold av utstyret som sviktet under hendelsen, samt styring av risiko.

Det er noe usikkerhet rundt vanninnhold i kondensatet som lekket ut. Engie har tatt prøver i etterkant av hendelsen og beregnet vanninnholdet til 99,9 %, som tilsier at det volummessig er ca 10% gass ved atmosfæriske betingelser. Disse antakelsene ble formidlet til Ptil ved oversendelse av Engie sin granskingsrapport datert 1. november 2017.

Ptil fikk opplyst at beregnet initiell lekkasjerate var 1,06 kg/sek. Trykket i stussen, det vil si utløpstrykk for pumpa, var da satt til 28,8 barg, mens det i Engie sin rapport står at trykket er 26 barg. Dette er av mindre betydning for kartlegging av hendelsen, men kan bety at den oppgitte lekkasjerate er usikker.

## 11 Referanser

Referanser som det er henvist til i rapporten.

1. Engie Investigation report “Uncontrolled release of Hydrocarbons and Produced Water 21<sup>st</sup> June 2017”
2. DNV GL report “Failure investigation of fractured pipe” Date: 2017-08-11
3. Force Technology technical Memo “Gjøa Vibration Campaign” January 2017
4. Vitaliy Kazymyrovych, Karlstad University Studies 2009:22) “Very high cycle fatigue of engineering materials. A literature review.”  
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:210661/FULLTEXT02.pdf>
5. Chris B. Harper, P.Eng. Principal Engineer Beta Machinery Analysis Calgary, Canada 9th Conference of the EFRC September 10th - 12th, 2014, Vienna, Integrity Evaluation of Small Bore Connections (Branch connections).
6. Petroleumstilsynets granskingsrapport, hydrokarbonlekkasje Gudrun 18.02.2015  
[http://www.ptil.no/getfile.php/1338344/PDF/2015\\_245%20Granskingsrapport.pdf](http://www.ptil.no/getfile.php/1338344/PDF/2015_245%20Granskingsrapport.pdf)
7. Petroleumstilsynets granskingsrapport, gasslekkasje på Kårstø 07.01.2016  
<http://www.ptil.no/granskinger/rapport-etter-gransking-av-gasslekkasje-pa-karsto-7-januar-2016-article12265-717.html>

## 12 Figurliste

- Figur 1 - Sprekk i rørstuss ut fra kondensatpumpa. Bilde tilhører Engie E&P 2*
- Figur 2 - Kondensatpumpe påmontert rørstuss. Bilde tilhører Engie E&P 2*
- Figur 3- Sprekk i rørstuss som førte til kondensatlekkasje. Bilde tilhører Engie E&P 2*
- Figur 4- ESV ventil med påmontert aktuator. Bilde tilhører Engie E&P 2*
- Figur 5- Åpnet aktuatorhus til ESV. Viser korrosjon på innsiden av pakning. Bilde tilhører Engie E&P 2*
- Figur 6 - Gjøa innretningen. Bilde tilhører Engie E&P. 2*
- Figur 7 - Kondensatlekkasjen oppsto i prosessområdet P0, nedre dekk. Bilde tilhører Engie E&P. 2*
- Figur 8 - Utdrag av hovedprosess Gjøa, system 23 gassrekompresjon. Bilde tilhører Engie E&P 2*
- Figur 9 - Prosessområdet og kondensatpumpa vist i 3D figur. Bilde tilhører Engie E&P. 2*
- Figur 10 - Rørstuss og manuell vedlikeholdsventil påmontert kondensatpumpe 23PA005B. Bilde tilhører Engie E&P. 2*
- Figur 11 - Brudd i sveis på 1/2"rørstuss. Duplex stål. Bilde tilhører Engie E&P. 2*
- Figur 12 - Bruddflaten sett fra siden i forbindelse med DNV GL undersøkelse. Bilde tilhører Engie E&P. 2*
- Figur 13 - ESD ventil med påmontert aktuator. 23ESV1509 som feilet under hendelsen. Bilde tilhører Engie E&P Norge 2*
- Figur 14 - Metallografi av bruddsted på rørstuss, viser manglende gjennombrenning av sveis. Bilde tilhører Engie E&P Norge 2*

## Vedlegg A. Andre dokumenter

Dokumenter som er lagt til grunn i forbindelse med granskingen:

1. 23ESV1509 CM PM Historikk
2. 23PA005 Cross sectional
3. 23PA005 GA tegning
4. 23PA005A - bilder
5. 23PA005B CM PM Historikk
6. 24ESV116 23ESV1509 (002) Bilder
7. 24ESV1166 CM PM Historikk
8. Blokkeringsliste pr 21.06.2017 kl 2003
9. Datasheet med materialer
10. Event og alarmlogg 30min før og 60min etter hendelse
11. Figur 23-39 Prosesskontroll Væskeutskiller Innløp Gassgjenvinningskompressor 23VG005
12. GA 23GT4047 med vekt
13. Diverse tegninger, rør-isoer av rør oppstrøms til pumpe
14. Nedstengningsverifikasjon 21.06.17 kl 19.31 til 20.31
15. Organization charts - Gjøa Asset
16. Piping spec DD201 tilsvarende klasse flens på class 600
17. P&ID C097-AKG-P-XB-2333-01
18. Walkinside23PA005B merket Nozzel N5 og Piping innogUt – 3D skisse
19. WO331190 rapport. ESV og XV med redusert testintervall 3mnd
20. Bilde av: Fokus aksjonstavle, foto Gjøa hendelse 21.06.2017
21. Bilde av: Værdata og bølge 21 06 2017
22. HMI skjermdump
23. SOW fra metallurg
24. Scope Analyse brutt rør
25. Tegninger av stussen Finder mail
26. Tegninger av stussen GA 23PA005
27. Tegninger av stussen. Snitt 23PA005
28. Plattform layout lower deck
29. Vedlikeholdsdata Comos 23PA005A CM PM Historikk
30. Vedlikeholdsdata Comos 27ESV1008 CM PM Historikk
31. Vibrasjonsdata -23PA005AogB
32. Diverse dataark og tegninger av 23ESV1509 og 24ESV1166
33. PM manual aktuator 23ESV1509, C097-ALL-L-MB-0008
34. PM manual ventil 23ESV1509, C097-ALL-L-MB-0003
35. Plan og mandat, ToR Investigation Gjøa Condensate Leakage 21.06.2017
36. Comos vedlikehold, 44ESV1543 CM PM Historikk
37. Oversikt over jobber på ESV ventiler - RS2017
38. P&ID 24ESV1166, C097-AKG-J-XL-2402-01\_06
39. Technical Integrity Report - Instrument 2016
40. Technical Integrity Report - Mechanical Static 2016
41. Technical Integrity Report - ROTATING DISCIPLINE 2016
42. Vibrasjonsrapport Force, C097-FRC-L-RA-0213
43. Analyse verify and report (Gjøa) - rev.0
44. ESV ventiler med gangtid Utvikling
45. SIL i drift, Gjøa 2016
46. SRS System 79, C097-AKG-J-SP-0102
47. SRS system 87, SRS C097-AKG-J-SP-0104
48. SAR, C097-ALL-S-RA-0001
49. Oppstart etter ESD 2 med blowdown
50. Navn på System Ansvarlig Teknisk Avdeling
51. IMS rapport nedstengning 22 mai
52. Avvik Synergi - langsiktige\_fra byggeperiode
53. Avvik Synergi
54. NDT funn, PT rapport pumpehus 317-20002.22

55. NDT funn PT Gjøa
56. NDT funn, RT rapport 317-20002.22
57. NDT funn, RT rapport 317-20002.22
58. NDT Funn, Rapport foreløpig av Force NDT WO346378
59. Rapport SKLpleier, tilleggs spørsmål
60. Rapport SKLpleier, benzen eksponering
61. ESV ventil test prosedyre 23ESV1509 24ESV1166
62. Dimensjon ventil pumpe a og b kondensat
63. Fire and gas detector layout area P133
64. Fire and gas detector layout area P143\_P243
65. Gassdetektorer område 100A
66. Bilder beredskapstavler offshore
67. Escape route & safety equipment lower deck
68. Trim list ballasting 210617
69. Comos WO 320539 - ESV sjekk 24 months
70. Comos WO302623- ESV sjekk 24months
71. Vibrasjonmåling og FG detektor layout
72. 23PA005B N5\_RT feilet nozzel – diverse røntgen bilder
73. høyde ventil
74. Krav innkjøpspakke - PACKAGE SPECIFICATION - Process and utility pumps package ER 254
75. Gjøa hovedprosess C097-GDF-P-XA-0001-01\_02
76. P&ID scrubber C097-AKG-P-XB-2331-01
77. Tillegg 1 presentasjon 24ESV1166
78. Tillegg 1 rapport 23ESV1509
79. Tegning - P\_ID 24ESV1166 - C097-AKG-P-XB-2403-01
80. Vibrasjon 23PA005B - Engie Gjøa 2017\_Aug\_23PA005A\_B
81. Vedlikeholdsrapport - History 23PA005A
82. Vibrasjon 23PA005B - - TN\_GJO\_170626\_FW 23PA005A&B info
83. Vibrasjon 23PA005B - vibrasjonsdata
84. ORG.F.WO0000320539.MRP.001 – arbeidsordre rapport
85. ORG.F.WO0000320564.MRP.001– arbeidsordre rapport
86. ORG.F.WO0000320623.MRP.001– arbeidsordre rapport
87. ORG.F.WO0000336669.MRP.001– arbeidsordre rapport
88. Lekkasjetesting\_av\_sikkerhetskritiske\_ventiler\_på\_Gjøa\_(TDL).DOCX
89. ORG.F.WO0000308058.MRP.001 - arbeidsordre rapport
90. 94160TDLTesting\_and\_insp\_of\_safety\_instrumented\_systems
91. C097-AKG-J-SP-0102 SRS System 79 - SAFETY REQUIREMENT SPECIFICATION SYSTEM 79 - EMERGENCY SHUTDOWN SYSTEM
92. Drawing3 – tegning aktuator
93. Diverse bilder av aktuator
94. Beregning lekkasjerate 21.06.17
95. Beregning lekkasjerate 21.06.17 ver2. 05.10.2017 (oppdatert beregning)
96. Vurdering av eksponering knyttet til hendelse Gjøre 21.06.17
97. C097-FRC-L-RA-0203 rev. 02 IAB
98. 24925-v1 313-20354 Risk Assessment Gjøa

**Vedlegg B. Deltagerliste og intervjuobjekt.**