

**Granskingsrapport
COA INV
Intern ulykkesgransking**

**Personskader som følge av H₂S-eksponering
på Stureterminalen 12.10.2016**

Klassifisering: Intern	Status: Endelig
Rapport nr.: A 2016-14 MMP L2	Dato: 16.12.2016
Utløpsdato: 16.12.2026	Synergi nr.: 1487964

Kortfattet beskrivelse:

Om ettermiddagen 12.10.2016 gikk fem personer for å blåse luft inn i bunnen av H₂S-reaktoren på Sture. Det hadde over tid bygget seg opp slam i reaktoren som førte til driftsproblemer.

Operatørene åpnet opp for luft inn på reaktoren og gikk opp lederen for å inspisere toppen av reaktoren. Da de kom opp kjente de at det var ubehagelig og tungt å puste. I løpet av kort tid mistet tre personer bevisstheten. De to andre kom seg ned og fikk stengt av lufttilførselen.

Første linje beredskap ble varslet og det ble utført livreddende førstehjelp. Fire personer kom seg ned fra reaktoren på egenhånd. En person måtte løftes ned på bære med kran. Alle fem ble behandlet på Haukeland Universitetssykehus for alvorlige personskader, som følge av H₂S-eksponering.

Hendelsen er klassifisert med høyeste alvorlighetsgrad: Rød 1.

Granskingsgruppe:

Kristin Budal Ellingsen	Granskingsleder	COA INV
Stig Laksfoss	Medgransker	SSU PM KAR
Bjørn Harald Korsfur	Sakkyndig – Arbeidsprosesser	O&M, TPO OMMM OMM
Katrine Furnes Havre	Sakkyndig – Arbeidsmedisin	SSU HWE OHS
Knut Håvard Nordstad	Sakkyndig – Prosess	R&T PTC EC
Rune Johannessen Rong	Hovedverneombud	HVO PM S&K

Godkjent av:


Kristin Budal Ellingsen (sign)

Granskingsleder

COA INV

16.12.2016
Dato

Godkjent av:


Gunnar Breivik (sign)

VP Investigation

COA INV

16.12.2016
Dato

Frigitt av oppdragsgiver:


Lars Rosenløv Jensen (sign)

SVP Ops

MMP PM

16.12.2016
Dato

Innhold

1	Sammendrag	3
2	English summary	7
3	Mandat og gjennomføring av granskingen	11
4	Bakgrunnsinformasjon	13
5	Hendelsesforløp og beredskap	21
6	Konsekvenser	25
7	Årsaker	29
8	Varsling og beredskapsmessige forhold	46
9	Arbeidsprosesser, krav og barrierer	49
10	Ledelse og styring	53
11	Tilsvarende hendelser	55
12	Anbefalinger for læring	59
13	Forkortelser og begreper	66
14	Referanser	68
App A	Intervjuliste	69
App B	MTO	70
App C	Beskrivelse av H₂S reaktors virkemåter og utløsende årsaker til høy H₂S-eksponering på reaktortopp	80
App D	Gasspredningsanalyser	88

Klassifisering: Intern
 Status: Endelig
 Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

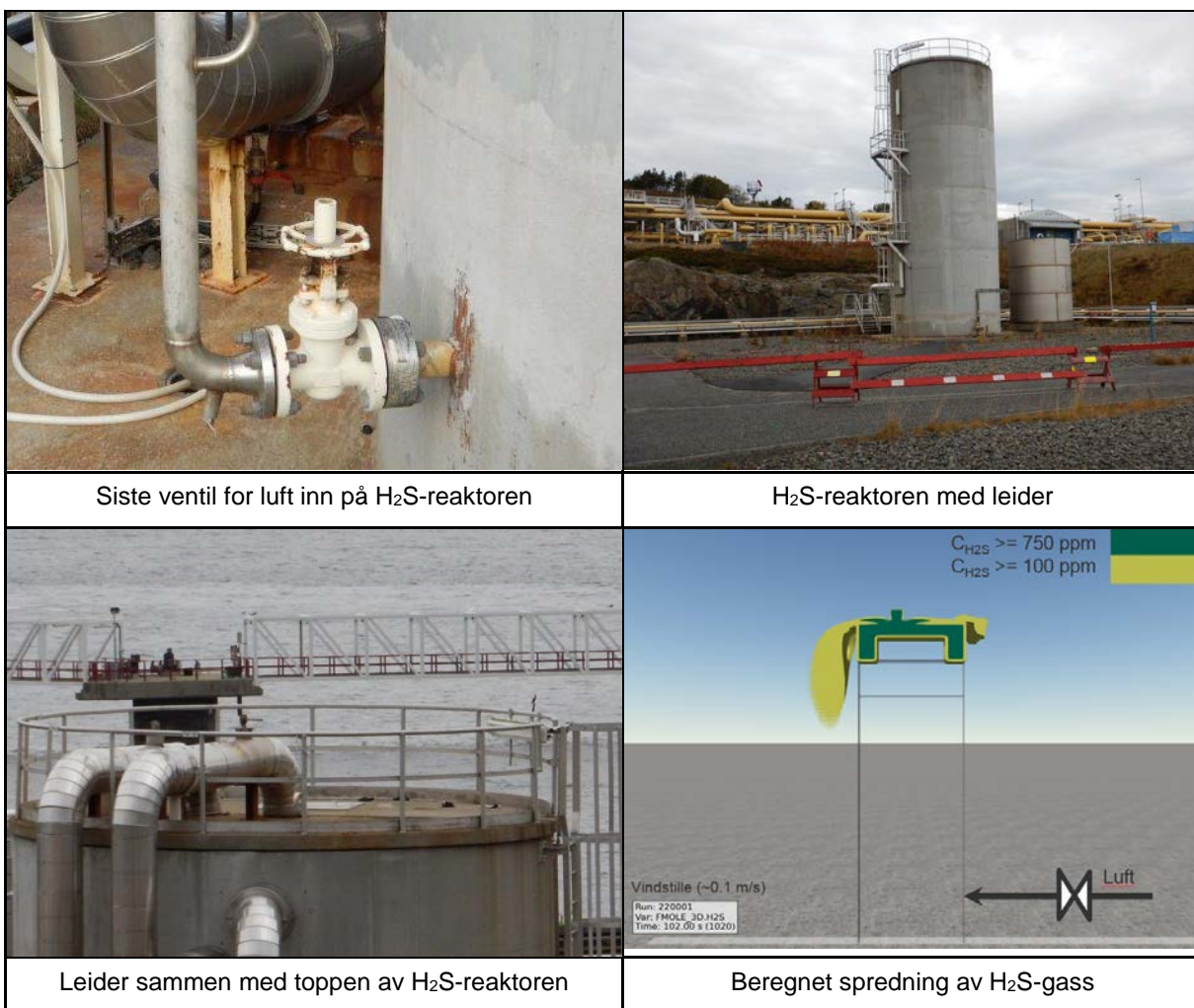
1 Sammendrag

Hovedformålet med denne granskingen i ettertid av hendelsen er å bidra til en konstruktiv læringseffekt for å forhindre gjentagelse og for å oppnå en forbedring av HMS-nivået. Arbeidet er utført etter granskingsgruppens beste evne, og er basert på vurdering av tilgjengelig kunnskap og informasjon. Granskingsgruppen har ikke vurdert juridiske sider av hendelsen.

1.1 Hendelsen

Om ettermiddagen 12.10.2016 gikk fem personer for å blåse luft inn i bunnen av H₂S (hydrogensulfid)-reaktoren på Sture. To utplasseringselever fra en videregående skole var med på arbeidsoperasjonen. Det hadde over tid bygget seg opp slam i reaktoren som førte til driftsproblemer.

Operatørene åpnet opp for luft inn på reaktoren og gikk opp leideren for å inspisere toppen av reaktoren. Da de kom opp kjente de at det var ubehagelig og tungt å puste. I løpet av kort tid mistet tre personer bevisstheten. De to andre kom seg ned og fikk stengt av lufttilførselen.



Figur 1-1 Illustrasjon med detaljer fra reaktoren og beregnet spredning av H₂S-gass

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

1. linje beredskap ble varslet og det ble utført livreddende førstehjelp. Fire personer kom seg ned fra reaktoren på egenhånd. En person måtte løftes ned på bære med kran.



Figur 1-2 Redning fra H₂S reaktoren, 12.10.2016

1.2 Konsekvenser

Granskingsgruppen har klassifisert hendelsen med høyeste faktiske alvorlighetsgrad **Faktisk Rød 2 – Alvorlig fraværsskade /alvorlig personskade** og høyeste mulige alvorlighetsgrad under ubetydelig endrede omstendigheter **Mulig Rød 1 – Dødsfall**. Ubetydelig endrede omstendigheter betyr at det bare var tilfeldig at alternative utfall av hendelsen ikke inntraff, ikke hva som i verste fall kunne skjedd.

Fem personer ble behandlet på Haukeland Universitetssykehus for alvorlige personskader som følge av H₂S-eksponering. Granskingsgruppen mener at under ubetydelig endrede omstendigheter ville den skadde ikke fått livreddende førstehjelp tidsnok. Dette med bakgrunn i at:

- Det ikke kan forventes at en operatør setter egen sikkerhet til side for å bli igjen på reaktortoppen og gi livreddende førstehjelp
- Det var tilfeldig at det pågikk et koordinatormøte på samme tid som hendelsen inntraff. Uten dette møtet hadde 1. linje ikke hatt røykdykkere tilgjengelig for å gi den skadde oksygen

Hendelsen kunne med høy sannsynlighet fått et dødelig utfall uten livreddende førstehjelp.

Det var også ubetydelig endrede omstendigheter at det lå et gjenglemt tau på reaktortoppen. Dette tauet ble brukt av en røykdykker for å sikre den skadde. Røykdykkeren gikk tom for luft og måtte forlate den skadde alene på reaktoren. I perioden fram til den skadde ble hentet ned var han delvis bevisst og svært urolig. Han kunne dermed ha falt ned fra reaktoren om han ikke var blitt sikret med tauet. Reaktoren er omlag 14 meter høy. Et slikt fall kunne gitt et dødelig utfall.

Hendelsen klassifiseres med høyeste alvorlighetsgrad **Rød 1**.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

1.3 Årsaker

Hendelsen skjedde ved at det var høye konsentrasjoner av H₂S på toppen av reaktoren samtidig som fem personer gikk opp for å inspisere innvendig rist i reaktoren. Tre av personene klarte ikke å rømme før de mistet bevisstheten. Utløsende årsaker for dette var:

1. H₂S-reaktoren ble blåst med trykkluft
2. Manglende risikovurdering i forkant av arbeidet
3. Utilstrekkelig markering av faremomenter knyttet til H₂S-reaktoren
4. Manglende deteksjon av H₂S-gass
5. Fluktmaske var ikke medbrakt og åndedrettsvern ble ikke brukt

Granskingen har vist at ettermiddagsskiftet, som var på jobb onsdag 12.10.2016, ikke hadde tilstrekkelig kompetanse og var underbemannet i forhold til oppgavemengden. Normalt er det tre uteoperatører på Sture. Denne ettermiddagen var det en. Sammen med utilstrekkelig informasjonsutveksling i skiftavløsning og manglende planlegging av arbeidet, førte dette til at risiko ikke ble identifisert.

Granskingen har påvist mangelfull oppfølging av barrierene som skal forhindre personell fra å bli eksponert for H₂S. Dette skyldes at farepotensialet knyttet til H₂S-reaktoren ikke ble identifisert og dokumentert ved installasjon i 1994. Dette har ført til mangelfull kunnskap i organisasjonen knyttet til H₂S-reaktoren. Det er også avdekket utilstrekkelig risikovurdering under lukking av funn fra verifikasjoner og gjennomganger som TTS (Teknisk Tilstand Sikkerhet), WEHRA (Working Environment Health Risk Assessment) og TRA (Total Risk Analysis), samt vanskelige tilgjengelige retningslinjer og krav om grenseverdier og forholdsregler knyttet til eksponering av H₂S.

Det er granskingsgruppen sin oppfatning at en på Sture ikke har klart å styre risiko knyttet til H₂S-eksponering av personell i henhold til forventningene og intensjonene gitt i overordnede krav til sikkerhet og sikring i FR10, **Ref. /24/**. Mangler i styringen av beredskap bekrefter dette inntrykket. Granskingen har vist at flere av årsakene til hendelsen og svakheter knyttet til beredskap er forhold som har vært kjent i organisasjonen over tid. Granskingsarbeidet har vist manglende styring av risiko innen flere områder og på ulike nivå i organisasjonen.

1.4 Beredskap og varsling

Varsling av 1. linje, 2. linje og Akuttmedisinsk kommunikasjonssentral (AMK) fungerte som forutsatt under hendelsen.

Beredskapsorganisasjonen organiserte seg slik at enkeltpersoner måtte dekke flere roller. Dette førte til at:

- skadestedet ikke ble sperret av
- de skadde ble ikke tatt hånd om før langt ut i forløpet
- røykdykkere gikk i innsats på eget initiativ og alene

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

1.5 Positive forhold

Innsatsen til personellet på Stureterminalen denne ettermiddagen bidro sterkt til å begrense konsekvensene av hendelsen. Det overordnede kravet i Statoil-boken «Å redde liv er det vi prioriterer høyest» ble innfridd.

To forhold har vært avgjørende:

- Operatørene varslet og fikk gitt beskjed om at luften måtte stenges av. De passet på den skadde, holdt hodet hans utenfor kanten av reaktoren (der konsentrasjonen av H₂S-gass var lavere), samt fikk gitt livreddende førstehjelp
- Umiddelbar røykdykkerinnsats av to koordinatører

Bedriftshelsetjeneste, ledere og personalavdelingen har fått gode tilbakemeldinger på oppfølging av skadd personell og pårørende etter hendelsen.

1.6 Anbefalinger for læring

Granskingsgruppen har gruppert de anbefalte tiltakene innenfor fire områder.

Læring og forbedringsbehov knyttet til risikoforståelse og barrierer
Identifisere risiko knyttet til H ₂ S-reaktoren for å sikre bærekraftige tiltak
Sikre at teknisk informasjon knyttet til H ₂ S-reaktoren holder et akseptabelt nivå
Etablere arbeidsbeskrivelser for håndtering av driftsforstyrrelser knyttet til H ₂ S-reaktoren i SO03441
Etablere robuste barrierer for å unngå at personell blir eksponert for H ₂ S fra reaktoren
Læring og forbedringsbehov knyttet til styrende dokumentasjon
Sikre tydelighet til hvor en finner krav til risikovurdering og ansvar forbundet med identifikasjon og oppfølging av giftige gasser og kjemiske komponenter i prosessstrømmer i den løpende driften av anleggene
Sikre at det etableres entydige retningslinjer om risiko og forholdsregler knyttet til H ₂ S
Læring og forbedringsbehov knyttet til ledelse og styring
Klargjøre og styrke stedlig ledelse på Sture for å få innarbeidet C&L (Compliance & Leadership)
Sikre presisjon og kvalitet ved å sørge for at C&L blir godt innarbeidet i hele organisasjonen
Læring og forbedringsbehov knyttet til beredskap
Skiftene må til enhver tid være bemannet for å dekke alle beredskapsroller som er beskrevet i beredskapsplanen. Det må være kjent for alle hvem som innehar de ulike rollene
Sørge for at beredskapen er organisert og beskrevet slik at personell er satt i stand til å utøve rollene de innehar. Eksempelvis lar rollene som innsatsleder og røykdykkerleder seg vanskelig kombinere
Sikre at skiftene utøver beredskapsroller likt i beredskapsøvelser
Vurdere engelsk terminologi for roller, som har skapt forvirring i beredskapsorganisasjonen
Redning fra høyden er ikke beskrevet i beredskapsanalysen eller inkludert i beredskapsplanen. I løpet av det siste året har en på Stureterminalen ved to anledninger improvisert redning fra høyden
Utslipp av H ₂ S-gass med påfølgende bekjempelse og redning er ikke beskrevet i beredskapsplanen

Klassifisering: Intern
 Status: Endelig
 Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

2 English summary

The main purpose of this investigation in hindsight of the incident is to contribute to a constructive learning effect to prevent recurrence and to achieve an improvement of the safety level. The work is performed to the investigation groups' best ability, and is based on assessment of available knowledge and information. The investigation team has not made any assessment of legal aspects of the incident.

In case of any deviations between this English translation and the Norwegian text, the latter is governing.

2.1 The incident

In the afternoon 12 October 2016 five people went to blow air into the bottom of the H₂S reactor at Sture. Two internship students from a secondary school participated in the work. Sludge had built up in the reactor over time causing operational problems.

The operators opened valves to allow air to enter the reactor and walked up the tank ladder to inspect the top of the reactor. When they came up they noticed that it was uncomfortable and difficult to breathe. Within a short time three people lost consciousness. The other two managed to get down from the tank and shut off the air supply.

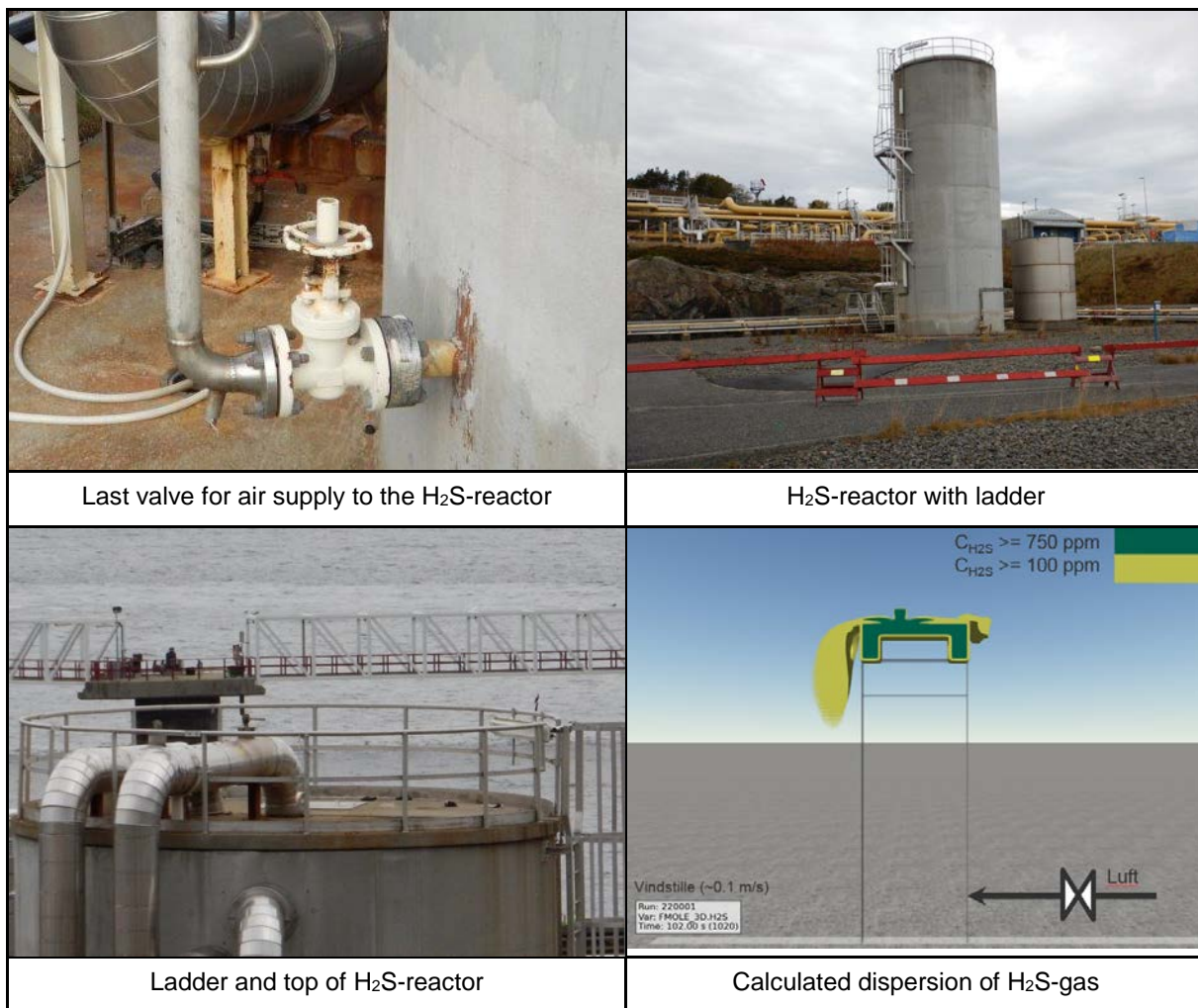


Figure 2-1 Illustration with details of the reactor and calculated dispersion of H₂S-gas

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Emergency response (Line 1) was notified and life-saving first aid was performed. Four people managed to get down from the reactor on their own. One person had to be lifted on a stretcher by crane.



Figure 2-2 Rescue from H₂S reactor 12 October 2016

2.2 Consequences

The investigation team has classified the incident as a HSE incident with highest actual degree of seriousness **Actual Red 2 – Serious lost time injury/serious injury**) and highest potential degree of seriousness under slightly different circumstances **Potential Red 1 - Fatality**. Slightly different circumstances mean that it is only by chance that alternative outcomes of the incident did not occur, and not what could have happened in worst case.

Five people were treated at Haukeland Universitetssykehus for serious injuries as a result of the H₂S exposure.

The investigation team believes that under slightly different circumstances the injured would not have received life-saving first aid. This on the basis that:

- It cannot be expected that an operator puts his own safety aside and remains on the reactor top in order to provide life-saving first aid
- It was a coincidence that a coordinator meeting was held at the same time as the incident occurred. Without this meeting Emergency response (Line 1) would not have had smoke divers available to provide the injured with oxygen

Without life-saving first aid the incident could with high probability had a fatal outcome.

It was also slightly different circumstances that there was an abandoned rope on the reactor top. This rope was used by one of the smoke divers to secure the injured. The smoke diver ran out of air and had to leave the injured alone on the reactor top. In the period until the injured was lifted down from the reactor top he was partly conscious and very uneasy. He could thus have fallen down from the reactor if he had not been secured with the rope. The reactor is about 14 meters high. Such a fall could be given a fatal outcome.

The incident is classified by highest degree of severity **Red 1**.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

2.3 Causes

The incident occurred when there were high concentrations of H₂S on the top of the reactor at the same time as five people went up to inspect grating in the reactor. Three of the people were unable to escape until they lost consciousness.

Direct causes for this were:

1. The H₂S reactor was blown with compressed air
2. Lack of risk assessment prior to operation
3. Inadequate labeling of hazards associated with H₂S
4. Lack of detection of H₂S gas
5. Escape mask was not brought to the workplace and full face mask with breathing air was not used

The investigation has shown that the afternoon shift Wednesday 12 October 2016 had insufficient competence and being understaffed with respect to the workload. Normally there are three outdoor operators at Sture. This afternoon there was one. Combined with insufficient information exchange during shift handover and lack of planning of the work this led to the risk not being identified.

The investigation has proven inadequate follow up of barriers to prevent personnel from being exposed to H₂S. This is because the risk potential associated with the H₂S reactor was not identified and documented during the installation in 1994. This has led to knowledge gaps in the organisation related to the H₂S reactor. Inadequate risk assessment is also revealed during the closing of the findings from the verifications and reviews like TTS (Technical Condition Safety), WEHRA (Working Environment Health Risk Assessment) and TRA (Total Risk Analysis). Guidelines and information on threshold values and precautions in the management system related to the exposure of the H₂S is ambiguous.

The opinion of the investigation team is that the organisation at Sture and Kollsnes have not managed risks associated with the H₂S exposure of personnel according to the expectations given in the requirements above. Identified deficiencies in the the management of the emergency response confirms this impression. The investigation has shown that several of the causes of the incident and weaknesses related to emergency response are factors that have been known in the organisation over time. The investigation work has shown a lack of risk management in several areas and at different levels of the organization.

2.4 Emergency preparedness and notification

Notification of Emergency Response Line 1, Line 2 and Emergency medical communications center (AMK) functioned as intended during the incident.

The emergency organisation organised themselves in such a manner that individuals had to cover multiple roles. This led to the

- accident site not being cordoned off
- injured personnel not being taken care of immediately
- smoke divers taking action on their own initiative and alone

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

2.5 Positive aspects

The efforts of the personnel at the Sture Terminal this afternoon contributed greatly to limit the consequences of the incident. The overall requirement of the Statoil book "*Saving lives is our highest priority*» was successful.

Two factors have been crucial regarding the total potential of the event not occurring:

- Operators reacted, looked after the injured, held his head off the edge of the reactor, as well as gave life-saving first aid
- Immediate smoke diver action by two coordinators

Corporate health services, managers and department for human resources have received good feedback on the follow up of the injured personnel and next of kin after the incident.

2.6 Recommendations for learning

The investigation team has grouped the recommended measures in four areas.

Learning and improvement needs related to understanding risk and barriers
Identify risks associated with H ₂ S reactor
Ensure that technical information related to the H ₂ S reactor meets an acceptable level
Establish work descriptions for handling operational disruptions related to H ₂ S reactor is not included in SO03441-Opr
Establish robust barriers to prevent personnel exposure to H ₂ S from reactor
Learning and improvement needs related to governing documents
Ensure clarity in terms of how one finds requirements regarding risk evaluations and responsibility associated with the identification and monitoring of toxic gases and chemical components in process streams (intermediates) in the ongoing operation of the facilities
Ensure the establishment of clear guidelines about risks and precautions associated with H ₂ S.
Learning and improvement needs related to leadership and management
Clarify and strengthen safety management at all levels of management
Ensure precision and quality in all areas and at all levels by ensuring that C&L is well integrated in the organisation
Learning and improvement needs related to emergency preparedness
The shifts must always be staffed to cover all emergency roles described in the emergency preparedness plan. It must be known to everyone who holds the different roles
Ensure that emergency response is organized and described so that personnel are put in a position to exercise the roles they are given. For example, the roles of Incident Commander and lead smoke diver are difficult to combine
Ensure that the shifts carry out the emergency preparedness roles in an equal manner in emergency drills
Evaluate english terminology for roles that seem to have created confusion in the emergency response organisation
Rescue from height is not described in the emergency preparedness analysis or included in the emergency preparedness plan. Sture has on two occasions improvised rescue from height
Discharge of H ₂ S-gas involving combating and rescue is not described in the emergency preparedness analysis or included in the emergency preparedness plan.

3 Mandat og gjennomføring av granskingen

3.1 Mandat

Mandat for gransking av arbeidsulykke ved H₂S reaktor på Sture terminalen, RUH1487964

Bakgrunn:

Onsdag 12. oktober kl. 16.05 ble det varslet om en arbeidsulykke på Sture. Fem personer ble sendt til Haukeland sykehus etter å ha blitt eksponert for H₂S-gass (hydrogensulfid). De ble eksponert for H₂S-gassen under arbeid på renseanlegget for oljeholdig vann inne på terminalområdet. Det er utført gassmålinger og det er ikke fare for ytterligere eksponering. Området er sperret av. Nødetater og Ptil er varslet.

I overensstemmelse med selskapets krav nedsettes det en granskingsgruppe for å:

- Klarlegge hendelsesforløp og bakgrunn for forholdet
- Identifisere utløsende og bakenforliggende årsaker, samt årsaker knyttet til ledelse og styring
- Identifisere eventuelle avvik fra styrende dokumentasjon
- Identifisere barrierer som har sviktet og manglet, samt barrierer som har fungert
- Vurdere varslings- og beredskapsmessige forhold
- Vurdere hendelsens totale potensial
- Sjekke for tilsvarende hendelser/forhold og erfaringsoverføringer fra disse
- Gi anbefalinger og foreslå tiltak relatert til hendelsen/forholdet

Hovedformålet med denne granskingen i ettertid av hendelsen er å bidra til en konstruktiv læringseffekt for å forhindre gjentakelse og for å oppnå en forbedring av HMS nivået.

Granskingsgruppen består av:

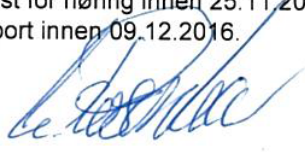
- Kristin Budal Ellingsen, Granskingsleder, COA INV
- Stig Laksfoss, medgransker, SSU PM KAR
- Bjørn Harald Korsfur, Arbeidsprosesser O&M, TPO OMMM OMM
- Katrine Furnes Havre, Spesialist arbeidsmedisn, SSU HWE OHS
- Knut Håvard Nordstad, Prosess sikring, R&T PTC EC
- Rune Johannessen Rong, HVO PM S&K

Granskingsgruppens medlemmer skal i den perioden granskingen pågår ha dette som sin første prioritets arbeidsoppgave og være tilgjengelig når granskningsarbeidet krever dette. Oppdragsgiver for granskingen er Lars Rosenløv Jensen, SVP Ops, MMP PM. Oppdragsgivers representant er Kjartan Algroy, Proj.Leader O&M. Granskingen skal gjennomføres på oppdragsnivå 2, i henhold til gjeldende krav og retningslinjer for ulykkesgransking.

Tentativ tidsplan for granskingsarbeidet:

- Rapportutkast for høring innen 25.11.2016.
- Endelig rapport innen 09.12.2016.

13/10.2016



Dato / Lars Rosenløv Jensen
SVP Ops, MMP PM

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

3.2 Endringer i mandat

Frist for høringsutkast ble flyttet fra 25.11.2016 til 02.12.2016 og for endelig rapport fra 09.12.2016 til 16.12.2016. Dette ble gjort på grunn av sykefravær og ferieavvikling i granskingsgruppen.

3.3 Granskingsarbeidet

Gransking ble besluttet 13.10.2016, og granskingsgruppen ble etablert samme dag. Granskingsarbeidet har bestått av befarung på hendelsesstedet, innhenting og gjennomgang av relevante dokumenter, intervjuer og beregninger. Til sammen 32 intervjuer ble gjennomført i granskingen, **App A**. Granskingsarbeidet er utført i henhold til Statoil sin granskingsprosess som beskrevet i ARIS INV101.

Det er gjennomført møter for å samle inn informasjon om H₂S-reaktoren, organisasjonen på Sture og beredskapen under hendelsen:

- Møte med Anette Æsøy fra TPD R&T FT PT OPS, fagekspert innen vannbehandling både offshore og onshore
- Møte med Gunnar H. Kristiansen, som var leid inn til Sture som driftsingeniør fra om lag 2000 til 2011. Han har i denne perioden hatt et særlig ansvar for oppfølging av vannrenseanlegget
- Møte med Øygarden Brannvesen representert ved to av brannmennene som deltok i beredskapen, samt brann og beredskapssjef Jan Gaute Haug
- Avklaring over telefon med Frode Bødtker i Bergen Brannvesen omkring utrykningstid fra Bergen til Sture
- Møte med deler av gruppen som utførte OTS (Operasjonell Tilstand Sikkerhet), **Ref. /1/** på Sture og Kollsnes i april 2015
- Møte med fagleder yrkeshygiene Ellen Katrine Jensen, yrkeshygeniker på Mongstad Anne Helene Skorve og rådgiver innen styrende dokumentasjon Unni Pedersen

Olav Sæter fra TPD R&T FT SST har utført gasspredningsanalyser. Disse er lagt ved i **App D**.

En samlet granskingsgruppe står bak rapporten.

4 Bakgrunnsinformasjon

4.1 Stureterminalen



Figur 4-1 Illustrasjon fra Stureterminalen

Stureterminalen ligger i Øygarden kommune i Hordaland. Terminalen ble startet opp i desember 1988.

Terminalen på Sture er en utskipningshavn for råolje. Anlegget mottar råolje og kondensat fra Oseberg gjennom Oseberg Transport System og råolje fra Grane gjennom Grane Oil Pipeline.

På Sture er det to kaianlegg som kan motta oljetankere på opp til 300.000 dødvekttonn, fem råoljekaverne, en LPG-kaverne (Flytende petroleumsgasser, på engelsk Liquefied Petroleum Gases) og en ballastvannkaverne. Prosessanlegget på terminalen gjenvinner de letteste komponentene fra råoljen og disse blir tatt ut i LPG-mix og Nafta. Stabilisert råolje og LPG-mix blir lagret i fjellagre og deretter utskipt over kai. Det blir også eksportert LPG-mix og Nafta fra terminalen via Vestprosess-rørledningen til Mongstad. I dag anløper det 150-160 olje- og LPG-tankskip per år til Sture.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

4.2 Sted for hendelsen

Hendelsen fant sted i vannrenseanlegget område R38 på toppen av H₂S-reaktoren. Området er markert med rødt i **Figur 4-2**. H₂S-reaktoren er markert i **Figur 4-2**, og vist i **Figur 4-3**. Reaktoren er om lag 14 m høy og har en diameter på 5 m.



Figur 4-2 Hendelsen fant sted i område R38 på Sture



Figur 4-3 H₂S-reaktoren på Sture

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

4.3 H₂S-reaktoren

Vann fra kavernene på Sture inneholder hydrogensulfid (H₂S) som er løst i vannet. Vannet består primært av produsert vann fra felt og forurenset lekkvann og regnvann fra produksjonen på land.

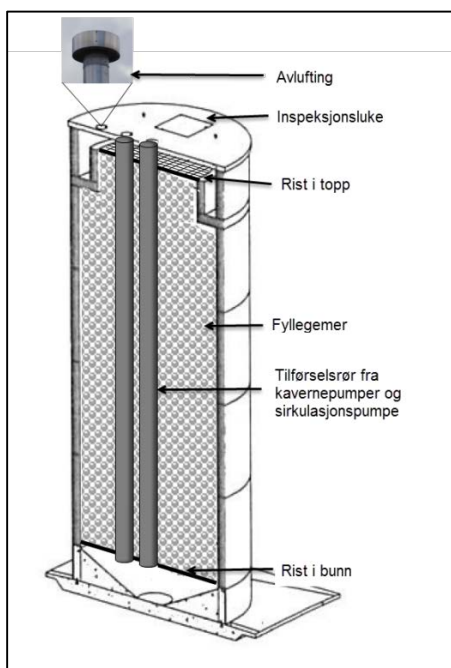
Når H₂S frigjøres til luft gir det en ubehagelig og vond lukt i lave konsentrasjoner. Reaktoren ble installert som et pilotprosjekt for å redusere vondt lukt fra vannrenseanlegget. Denne lukten var plagsom for personell inne på anlegget og for naboer til Stureterminalen.

H₂S-reaktoren sin funksjon er å redusere innholdet av H₂S i vannet fra kavernene før det renner til de åpne bassengene i vannrenseanlegget (system 44). Reaktoren ble prosjektert som en atmosfærisk bioreaktor, bygget og satt i drift på Sture i 1994. På grunn av tæringsskader på betongen ble reaktoren revet og bygget opp igjen i 2012.

Reaktoren er bygget som en tett beholder i betong med et kort, 300 mm, ventileringsrør på toppen. Ventileringsrøret er utstyrt med en værbeskyttende «hatt» og har sitt utløp like over reaktortoppen. Ventileringsrøret skal sikre at det ikke oppstår vakuum eller overtrykk i reaktoren.

H₂S-reaktoren er utstyrt med en sparkelist, om lag 100 mm høy, og rekkverk på reaktortoppen. Reaktoren har en sirkulasjonspumpe med tilhørende rørføring. Hensikt er å holde en jevn høy væskehastighet og homogenisering av Nutriox^{®1} konsentrasjonen i vannet opp igjennom biokulturen.

Tilførselsrørene fra kavernepumpene og sirkulasjonspumpen går inn via reaktortoppen og ned til bunnen av reaktoren. Inne i reaktoren er det to rister. En nedre rist og en øvre rist. Ristenes oppgave er å holde fyllegemer (ofte kalt «blomsterpotter») på plass inne i reaktoren. Fyllegemenes oppgave er å lage en stor overflate som bakteriekulturen kan vokse på. Bakteriekulturen etableres ved å tilsette septik/kloakk. En prinsippsskisse av H₂S-reaktoren er vist i **Figur 4-4** under. Mer utfyllende informasjon om H₂S-reaktoren er lagt ved i **App C**.



Figur 4-4 Prinsippsskisse av H₂S-reaktoren

¹ Nutriox[®] er et produkt fra Yara som bli tilsatt i H₂S-reaktoren for å fjerne og forebygge dannelsen av hydrogensulfid

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Behovet for vannrensekapasitet på Sture har avtatt over tid. Dette har medført at vannrenseanlegget inkludert H₂S-reaktoren har blitt kjørt med lav kapasitetsutnyttelse. For å unngå generende lukt i området, har vannrenseanlegget i perioder med ugunstige vindretninger vært stoppet.

Den daglige driften av H₂S-reaktoren er hovedsakelig manuell og styres av skiftene. Operatørene går faste runder innom vannrenseanlegget og granskingsgruppen har fått fortalt at et av punktene som blir sjekket er at sirkulasjonspumpen til H₂S-reaktoren går. Dosering av Nutriox[®] styres basert på analyser av vann inn og ut av reaktoren med hensyn til overskudd av nitrat og H₂S innhold. Vedlikeholdet av reaktoren er i hovedsak basert på korrektivt vedlikehold. Det vil si at arbeid på reaktoren blir igangsatt basert på observasjoner om at driften i reaktoren er ustabil. Eksempler på dette er vannlekkasjer og fyllegemer på avveier. Arbeidet med å gjenopprette stabil drift i reaktoren utføres av driftspersonell uten arbeidsordrer og utenom arbeidstillatelsessystemet (AT). For arbeid utført av andre avdelinger eller leverandører kreves AT.

Det foreligger en mal for forbyggende vedlikehold (FV), (Maintenance Item 10202571) i SAP som stiller krav om årlig rengjøring ved hjelp av spyling med luft eller vann og drenering av reaktoren. Denne arbeidsoperasjonen er registrert utført årlig, siste gang i februar 2016. I 2013 er arbeidsoperasjonen registrert utført med kun luftblåsing.

I 2012, da den nye reaktoren ble bygget, ble det utarbeidet et forslag til en vedlikeholdsplan for H₂S-reaktoren, **Ref. /9/**. Basert på erfaringer med drift av gammel reaktor, anbefaler planen en 5-årlig lutvask og spyling av reaktormedium inkludert mekanisk sjekk av øvre rist i reaktor. Vedlikeholdsplanen anbefaler ikke kun luftblåsing av reaktor. Anbefalingen finnes kun som et notat og er ikke implementert som en FV-rutine i SAP. I notatet er det anbefalt å utføre lutvask og spyling av reaktoren i 2016. Granskingsgruppen kan ikke finne at det er blitt gjort.

4.4 H₂S-gass

H₂S er en fargeløs og svært giftig gass. Gassen lukter sterkt av råtne egg ved lave konsentrasjoner og får en søtlig kvalmende lukt ved litt høyere konsentrasjoner, før luktesansen lammes. H₂S dannes når sulfatreduserende bakterier bryter ned svovelforbindelser i olje/vann eller ved forråtnelse av organisk materiale.

Noen egenskaper ved H₂S:

- H₂S kan være løst i olje og vann
- H₂S er 1,2 ganger tyngre enn luft
- H₂S er svært brannfarlig med nedre eksplosjonsnivå (LEL) = 4 % (40 000 ppm)

Tabell 4-1 Akutte effekter av H₂S-påvirkning hentet fra «Informasjon om H₂S på Mongstad», GL0279 Ref. /2/

Konsentrasjon i ppm, (omtrentlige verdier)	Akutte effekter
0,0005 - 0,3	Nedre luktegrense
10 – 15	Svake tegn til øye- og halsirritasjon. Kan forårsake kvalme
100	Maksimum H ₂ S-nivå, hvor mennesker kan evakuere umiddelbart uten fysiske alvorlige skader
70 -150	Luktesans forsvinner. Øyne, hals og lunger irriteres i løpet av få minutter
150 – 400	Svimmelhet, pustevansker, hoste, sterk irritasjon av øyne, hals og lunger. ½ -1 time med eksponering er livstruende. Lungeødem kan opptre så sent som 48 timer etter eksponering
400 – 700	Bevistløs og død etter få minutter
> 1000	Øyeblikkelig pustestans og bevisstløshet etter et innpust

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Det er TR0926 Working environment **Ref. /14/**, som hjemler Statoils grenseverdier for eksponering, OEL (Occupational Exposure Limit). Det er ACGIH's (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) anbefalte verdier som er Statoils krav, såfremt de nasjonale kravene ikke er strengere. Statoil grenseverdier for eksponering av personell i forhold til H₂S i Norge er gitt i **Tabell 4-2**.

Tabell 4-2 Statoil grenseverdier for H₂S i Norge

CAS nr	Navn	Gjennomsnitt over skiftet (8 timer)	Korttidsgrense (15 minutt)	Takverdi (aldri overskrides)
7783-06-4	Hydrogensulfid, H ₂ S	1 ppm	5 ppm	10 ppm

I løpet av et arbeidsskift (8 timer) skal en overholde gjennomsnittsverdien 1 ppm, aldri ha en høyere øyeblikksverdi enn 10 ppm, og innenfor 15 minutters intervaller ikke overskride 5 ppm som gjennomsnitt.

ACGIH anbefaler verdier utelukkende basert på helseeffekter. Verdier angir det nivå en antar at nesten alle arbeidere kan eksponeres for, dag etter dag, over et helt arbeidsliv, uten negative helseeffekter.

I tillegg brukes IDLH (Immediate Dangerous to Life and Health) verdier i ARIS arbeidsprosess OM205.02 – Utføre entring – Mid & Downstream. IDLH for H₂S er satt til 100 ppm.

De norske grenseverdiene er basert på det som tidligere het administrative normer. Fastsettelsen av dem tok hensyn til teknologi, økonomi og helseeffekt til forskjell fra ACGIH som kun ser på helseeffekt.

4.5 H₂S-verneutstyr

Sture har beskrevet krav til verneutstyr for entring av områder med fare for H₂S i sitt System- og operasjonsdokument for System 44 – Behandling av oljeholdig vann, SO03441 **Ref. /15/**. Følgende er beskrevet:

«Verneutstyr ved arbeid med H₂S.

Ved entring av områder med en H₂S konsentrasjon over administrativ norm skal heldekkende friskluftsmaske med overtrykk og kjemikaliedrakt benyttes. Ved arbeid i områder med H₂S konsentrasjoner under administrativ norm, anbefales det som et minimum å bruke filtermaske type B og hansker av nitril. Dersom man kjenner H₂S lukt gjennom filteret skal filteret kastes og nytt anvendes.

Det er viktig å bruke gassmåler med H₂S visning når man skal inn i områder der det kan forekomme H₂S. H₂S måleren skal slås på i frisk luft.»

Det refereres også til at informasjon om H₂S er hentet fra informasjonspakke «H₂S Introduksjon / underlag» som er linket inn i dokumentet. Kilden til dette dokumentet er uklar.

Sture og Kollsnes Personlig HMS-håndbok for Statoils landanlegg, GL4100 **Ref. /18/**, har beskrevet tiltak ved H₂S-lekkasje. Her er det beskrevet sjekkpunkter for områder med fare for akutte utslipp av H₂S.

På Sture er bærbare H₂S-målere tilgjengelige på AT-kontoret ved siden av kontrollrommet. Alle operatører har fått tildelt halvmasker og er selv ansvarlig for å skifte filter i maskene. Helmaske med pusteluft og heldekkende drakt til vern mot kjemikaliesprut, såkalt «splashdrakt», er tilgjengelig på brannstasjonen. Denne typen masker er videre i rapporten omtalt som åndedrettsvern. Åndedrettsvern skal beskytte arbeidstakeren, enten gjennom å filtrere omgivelseslufta gjennom filter på en maske, eller ved å hente ekstern luft fra flaske eller pusteluftanlegg.

Statoil har flere lokale styrende dokumenter og veiledninger som beskriver hvordan en skal forholde seg til H₂S.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

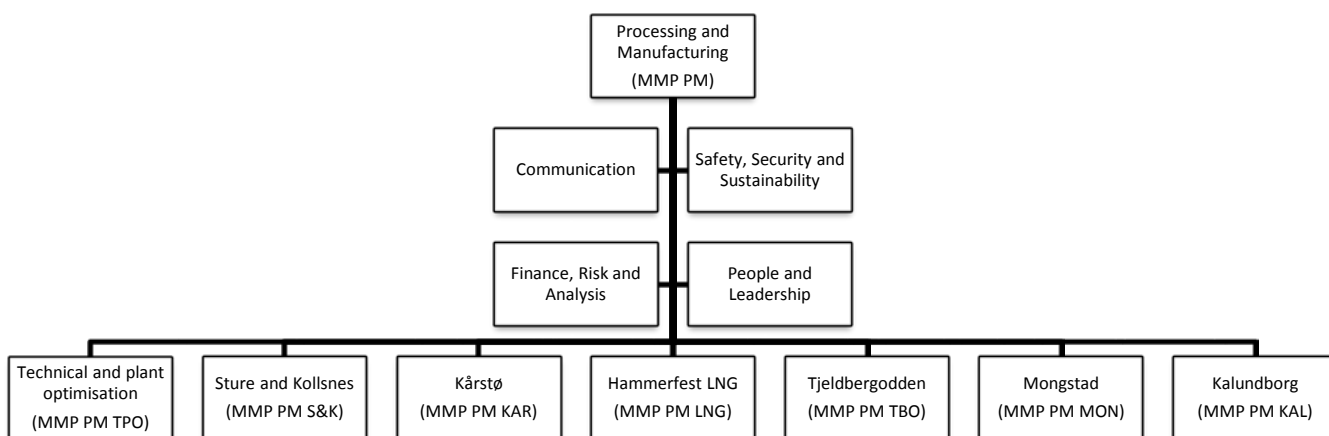
Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Eksempler på dette er:

- GL4100 Personlig HMS-håndbok for Statoils landanlegg **Ref. /18/**
- GL0279 Informasjon om H₂S på Mongstad **Ref. /2/**
- GL4171 Håndbog om Svovelbrinte (H₂S), Ammoniak (NH₃) og Svoveldioxid (SO₂) (Gyldig for Kalundborg) **Ref. /16/**
- WR9099 Hydrogen Sulfide Contingencies (Gyldig for DPUSA Onshore) **Ref. /17/**
- TR3508 H₂S Contingencies for drilling and well activities **Ref. /26/**
- WR2506 Styring av helse og arbeidsmiljørisiko **Ref. /27/**
- GL0470 Tetthetstesting av åndedrettsvern **Ref. /28/**
- OM105.09 Måling, behandling og dokumentering av slop før ilandføring – Upstream Offshore
- Maskeguide UPN

4.6 Organisering og ansvarsforhold

Statoils organisasjon for MMP PM (Marketing Midstream and Processing - Processing and Manufacturing) omfatter Kollsnes og Sture anleggene i en felles enhet S&K. MMP PM sin organisasjonsstruktur er vist i **Figur 4-4**.



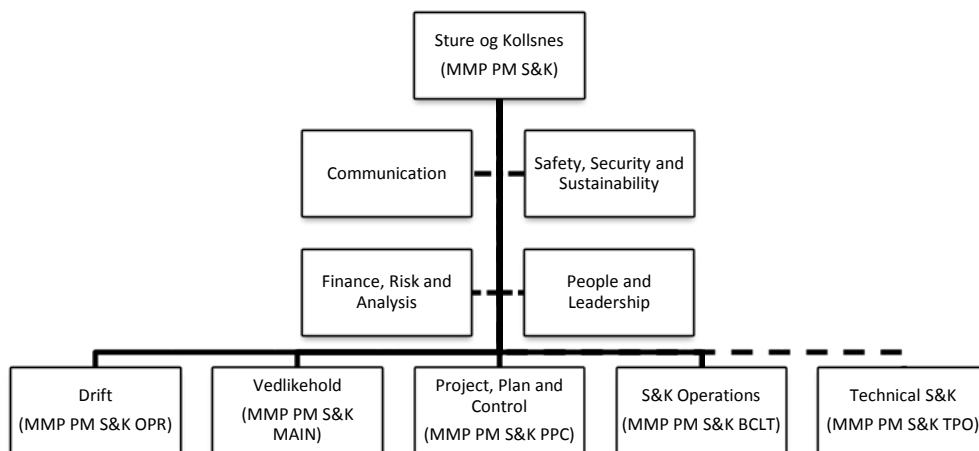
Figur 4-4 MMP PM organisasjonskart, Ref. /3/

Organisasjonen for Sture og Kollsnes anleggene er vist i **Figur 4-5**. I organisasjonskartet betyr heltrukken linje rapportering både ressurs/ linje og oppgavemessig, mens stiplet linje betyr ressurs/ linjerapportering i annen linje. Organisasjonen er beskrevet nærmere i OMC04, Sture og Kollsnes (MMP PM S&K) - Organisasjon, ledelse og styring, **Ref. /3/**.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


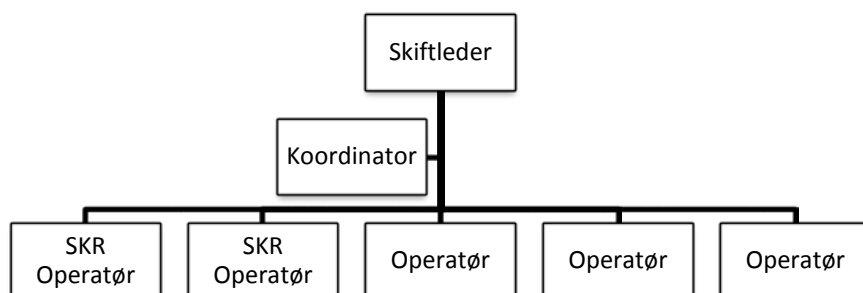
Figur 4-5 MMP PM S&K organisasjonskart, Ref. /4/

MMP PM S&K er ansvarlig for drift, vedlikehold og modifikasjoner av prosessering og terminalfasiliteter på Sture og Kollsnes.

Øverste plassjef for både Sture og Kollsnes er VP (MMP PM S&K). Plassjef har med seg et lederlag som vist i figuren over. Dette lederlaget har sine kontor plasser på Kollsnes.

Alle skift på Sture og Kollsnes er organisert under leder Drift (MMP PM S&K OPR). På Sture ledes hvert skift av en skiftleder. Han/hun har med seg en koordinator som fungerer som fagansvarlig og støttfunksjon til skiftleder, som kan bistå i felt.

Normal bemanning på skiftene på Sture er vist i **Figur 4-6** under:



Figur 4-6 Skiftbemanning på Sture

Sture og Kollsnes deler SSU (Safety, Security & Sustainability) ressurser. I perioden granskingen pågikk besto SSU avdelingen av to ingeniører innen yremiljø, en person innen «performance», samt leder. Sikkerhetsdelen var ivaretatt av stillingen for performance og leder. I tillegg har Port Facility Security Officer (PFSO) en oppgaveleveranse knyttet til sikring.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

SSU enheten er blant annet ansvarlig for, **Ref. /5/**:

- Støtte og utfordre linjen
- Risikostyring
- Helse og arbeidsmiljø
- Trening og kompetanseutvikling innen HMS
- Implementere læring og beste praksis innen HMS

På Sture og Kollsnes er det også tilknyttet en bedriftslege og en sykepleier innen arbeidsmedisin. Bedriftslegen deler Sture og Kollsnes med Mongstad. Det er ingen yrkeshygieniker stasjonert på Sture og Kollsnes. Dette er ressurser som blir hentet inn ved behov.

Teknisk driftsstøtte er organisert under Technical and plant optimisation (TPO). Denne enheten har blant annet ansvar for, **Ref. /5/**:

- Styre teknisk integritet
- Teknisk støtte til drift og vedlikehold
- Støtte til modifikasjoner og TPD prosjekter

4.6.1 Utplasseringselever

Granskingsgruppen har i granskingen undersøkt rutineene for mottak av utplasseringselever på skiftene på Sture. Hvert år er om lag 200 elever utplassert på Kårstø, Mongstad, Tjeldbergodden, Hammerfest, Sture og Kollsnes. Elevene er typisk med på skift over en periode på 14 dager.

Utplasseringselevene får tildelt et arbeidsted gjennom loddrekning på skolene. Hver skole har en kontaktperson som Statoil forholder seg til ved inntak av elevene.

Utplasseringselevene registreres i SAP med nødvendig kontaktinformasjon i forkant av oppholdet. For å få nødvendige tilganger til bygg og fabrikkområder gjennomgår utplasseringselevene et interaktivt sikkerhetskurs. (Sikkerhetskurset varer i om lag 2 timer og er i henhold til «Adgang til og ferdsel på fabrikkområdet», WR1552 **Ref. /6/** og «Interaktivt Sikkerhetskurs, HMS24 og LSR (Livreddende Sikkerhetsregler)», WR2602 **Ref. /7/**). Det er besluttet at elevene ikke har behov for HMS24 opplæring. På Sture er det valgt at utplasseringselevene skal være med på ettermiddagsskiftene. Disse skiftene er roligere enn dagskiftet, og siden noen av elevene er under 18 år skal de ikke jobbe på nattestid.

Granskingsgruppen har blitt fortalt at utplasseringselever får være med på normale driftsjobber som skiftet vurderer å være trygge å delta på. Elevene får ingen selvstendige arbeidsoppgaver. Lærlinger som er på andre året blir ofte brukt til å vise og følge utplasseringselevene rundt.

Det er gjort et søk i Synergi etter HMS hendelser i MMP PM med søkeord «elev» for perioden 01.01.2005 frem til i dag. Her er det funnet fire saker som omhandler utplasseringselever:

- En utplasseringselev hadde tatt med seg mobiltelefon inn på anlegget. Kårstø 12.02.2009 (1070907)
- En elev med kjent epilepsi fikk et illebefinnende i administrasjonsbygget. Hammerfest 23.01.2012 (1277840)
- En utplasseringselev som tråkket over. Ankelen ble behandlet med is. Mongstad 16.01.2013 (1340266)
- En utplasseringselev hadde tatt med seg mobiltelefon inn på anlegget. Mongstad 11.02.2014 (1396553)

Det er granskingsgruppen sitt inntrykk at både skiftpersonell og utplasseringselever opplever utplasseringen på Stureterminalen som noe positivt.

5 Hendelsesforløp og beredskap

5.1 Hendelsesforløp

Det er under fokusert på de aktivitetene og delhendelsene som hadde betydning for den uønskede hendelsen og konsekvensene. Andre aktiviteter er tatt med i den grad det er nødvendig for å forstå hendelsesforløpet.

Om formiddagen mandag 10.10.2016 ble det oppdaget en vannlekkasje fra toppen av H₂S-reaktoren på Sture. Reaktoren ble stoppet og to driftsoperatører gikk opp på reaktoren for å undersøke hvor vannlekkasjen kom fra. Det ble konkludert med at det hadde bygget seg opp slam inne i reaktoren som hindret gjennomstrømning av produsertvann i reaktoren. Formiddagsskiftet anbefalte at jobben med å blåse reaktoren med luft og drenere slammet burde gjøres på et ettermiddagsskift. Reaktoren ble deretter startet opp igjen.

Klokken 1:30 natt til onsdag 12.10.2016 ble det på nytt oppdaget en vannlekkasje fra toppen av reaktoren. Det ble også funnet fyllegemer i inntaket til vannrenseanlegget. Reaktoren ble stoppet og det ble besluttet å avvente videre arbeid til det ble lyst ute.

Jobben med å inspisere reaktoren ble diskutert på skiftmøtet om morgenen 12.10.2016 og ført opp på en tavle i kontrollrommet som synliggjør dagens risiko.

Omlag klokken 13:00 på dagskiftet 12.10.2016 ble H₂S-reaktoren inspisert av to driftsoperatører. Driftsoperatørene tok med seg gassmålere og åndedrettsvern i form av filtermasker. På vei opp lederen på H₂S-reaktoren fikk de utslag på gassmålerne. De gikk ned og kledde seg opp med åndedrettsvern (ekstern luft fra flaske) og beskyttelsesdrakt før de gikk opp igjen. Operatørene åpnet luken på toppen av reaktoren og inspiserer risten som holder fyllegemene på plass. Det ble målt 15 ppm H₂S i brysthøyde på toppen av reaktoren. Nede ved luken gikk gassmåleren i «peak». Det vil si at det ble målt verdier over 100 ppm H₂S. Risten inne i reaktoren lå på rett plass.

I skiftoverleveringen klokken 13:45 onsdag 12.10.2016 ble en enig om at ettermiddagsskiftet skulle blåse reaktoren med luft og drenere slam for så å starte reaktoren igjen. Arbeidsoperasjonen ble ført opp på tavlen med oversikt over dagens gjøremål. Det ble ikke informert om at det var målt høye verdier av H₂S på reaktortoppen fra formiddag- til ettermiddagsskiftet.

Klokken 14:00, 12.10.2016 stilte koordinatorene fra de seks skiftene i beredskapsrommet til et planlagt møte. Møtet var kommet i stand for å planlegge en samling en skulle ha sammen med personell fra Kollsnes. Koordinatorene, som ikke inngikk i skiftet, var inne fra friperiodene sine for å delta på dette møtet.

Normal skiftbemanning på Sture er skiftleder, koordinator, to operatører i kontrollrommet og tre uteoperatører. Denne ettermiddagen var det stedfortreder inne for skiftleder. En koordinator som deltok i koordinatormøtet. Det var to operatører i kontrollrommet og en uteoperatør. I tillegg var det en uteoperatør på opplæring, en lærling og to utplasseringselever.

Operatør1 startet ettermiddagsskiftet med å hente inn arbeidsordrer. Operatør2, som var på opplæring, fikk en forklaring av koordinator omkring H₂S-reaktorens virkemåte og hvordan jobben med å blåse luft inn på reaktoren skulle gjøres. Operatør2 oppfattet at det skulle blåses luft inn i bunnen på reaktoren for å løse opp slammet som hadde bygget seg opp. Dette måtte gjøres forsiktig for å unngå at risten på toppen av reaktoren løftet seg.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

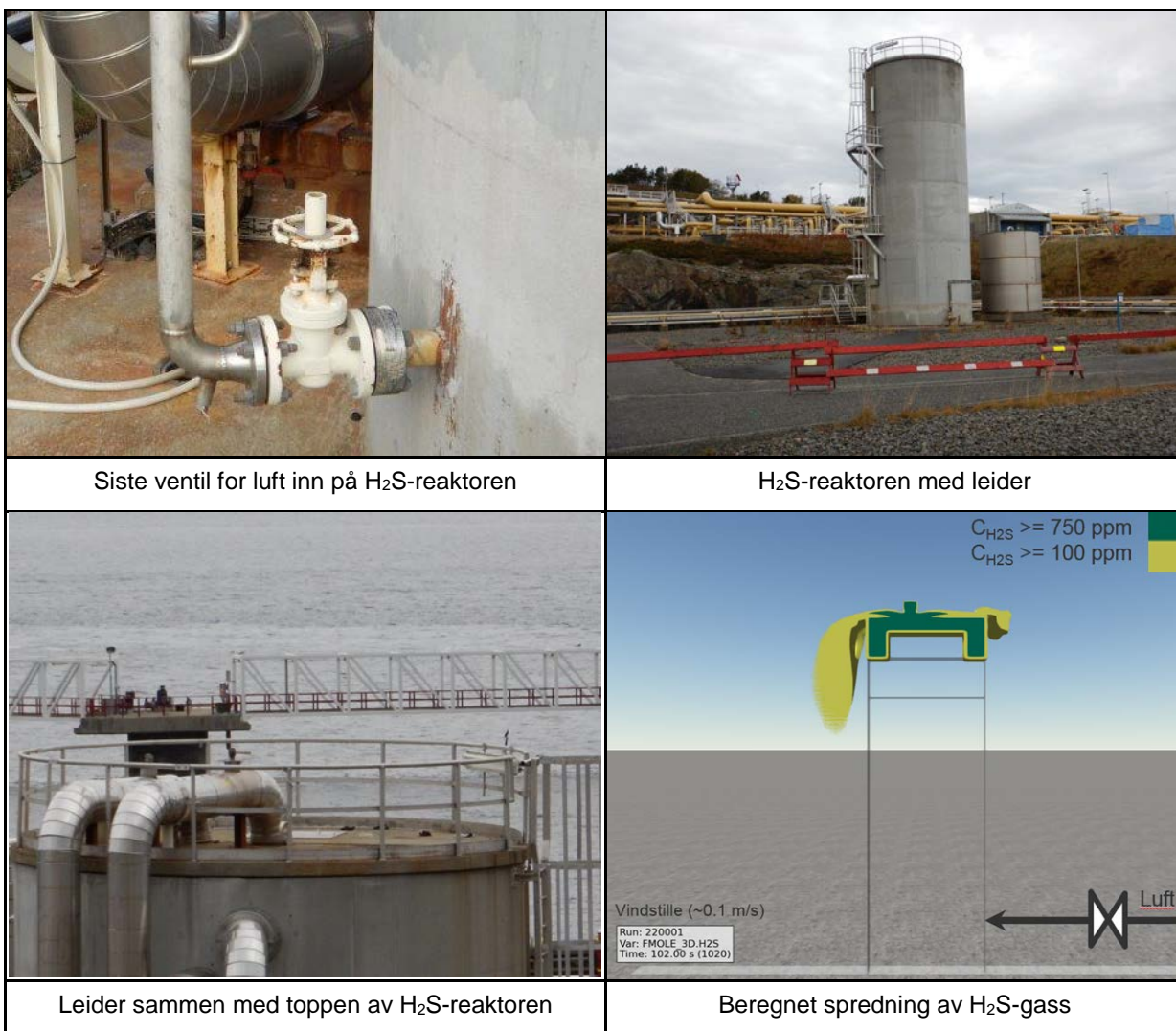
Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

En stund før klokken fire syklet Operatør1, Operatør2, Lærling, Utplassingselev1 og Utplassingselev2 fra kontrollrommet til vannrenseanlegget. De hadde ikke med seg bærbare H₂S-målere eller åndedrettsvern. Operatør1 åpnet opp den første ventilen for luft inn på H₂S-reaktoren. Blindingen for lufttilførsel var allerede fjernet. Operatør2 åpnet litt på den siste ventilen for luft inn på H₂S-reaktoren. Begge ventilene og blindingen er plassert på bakkenivå på vestsiden av H₂S-reaktoren.

Operatør1, Operatør2, Lærling, Utplassingselev1 og Utplassingselev2 gikk deretter opp lederen på H₂S-reaktoren for å sjekke at risten på toppen ikke hadde flyttet seg. Operatør1, Operatør2, Lærling, Utplassingselev1 gikk inn på H₂S-reaktoren mot høyre og nordover. De kjente at det var ubehagelig og tungt å puste. Operatør1 og Operatør2 oppfattet faren og forstod at de måtte komme seg ned fra reaktortoppen. Utplassingselev2 kom sist opp på reaktoren. Etter bare noen få sekunder besvimte han og falt mot venstre.

Basert på beregninger og medisinske konsekvenser mener granskingsgruppen at alle de fem personene på dette tidspunktet var eksponert for H₂S-konsentrasjoner i området mellom 400 og 2000 ppm.

I **Figur 5-1** er det en illustrasjon med detaljer fra reaktoren og beregnet spredning av H₂S-gass.



Figur 5-1 Illustrasjon med detaljer fra reaktoren og beregnet spredning av H₂S-gass

5.2 Beredskap

Beredskapen er beskrevet i kronologisk rekkefølge i **Tabell 5-1** under. Tidspunkt i tabellen under merket med ~ er estimert ut fra hvordan historien er blitt fortalt i intervju. Tidspunkt uten merking er hentet fra logger.

Tabell 5-1 Beredskap

12.10.2016 Tid	Delhendelse/Aktivitet
~16:00	Operatør1 og Operatør2 dro Utplasseringselev2 bort fra avluften på H ₂ S-reaktoren og sørget for at hodet hans var utenfor kanten på reaktoren. Dette ble gjort for å sikre størst mulig grad av frisk luft
~16:00	Lærling og Utplasseringselev1 gikk ned fra H ₂ S reaktoren og stengte for luft inn på reaktoren på beskjed fra Operatør1 og Operatør2
16:05	Operatør1 fikk varslet kontrollrommet over radio
16:06	AMK ble varslet (16:07:11 ble notert hos AMK)
~16:06	SKR operatør varslet koordinatorene på møte i beredskapsrommet. Koordinatormøtet var flyttet fra servicebygget til beredskapsrommet for å sikre nærhet til skiftet.
~16:06	Operatør1 gikk ned leideren for å hente pusteluft. Han besvimte på vei ned i leideren, falt om lag 3-4 meter ned, og ble liggende en kort stund på øverste avsats i leideren før han kom til bevissthet
~16:06	Operatør2 valgte å bli igjen hos Utplasseringselev2 for å gi livreddende førstehjelp og forhindre fall fra toppen av reaktoren. Etter kort tid besvimte også Operatør2 på toppen av H ₂ S-reaktoren
~16:06	Lærling kommuniserte med kontrollrommet over radio. Meldte om flere skadde og bad om hjelp
16:06	Beredskapsleder /Incident commander (koordinator som fungerte som skiftleder) og 2. linje produksjonsvakt (koordinator) mønstret i kontrollrommet. Innsatsleder/On-scene commander (koordinator på ettermiddagsskiftet) sammen med to røykdykkere (koordinatorer fra andre skift) gjorde seg klar for innsats. Fire koordinatorene ble igjen i beredskapsrommet og avventet nærmere beskjed
16:07	2.linje beredskap ble varslet
~16:08	Operatør2 kom til bevissthet og utførte hjerte- og lungeredning på Utplasseringselev2 som ikke pustet
~16:09	Innsatsleder/On-scene commander sammen med to røykdykkere (koordinatorer) kjørte beredskapsbilen ned til vannrenseanlegget
~16:10-16:15	Innsatsleder/On-scene commander og røykdykkere ankom vannrenseanlegget. Fikk kontakt med Operatør2 som var oppe på reaktoren
~16:10-16:15	Røykdykker1 og Røykdykker2 gikk opp på H ₂ S reaktor

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

~16:10-16:15	Operatør2 forklarte situasjonen til Røykdykker1 og Røykdykker2 og gikk ned fra H ₂ S-reaktoren
~16:10-16:20	Røykdykker1 og Røykdykker2 jobbet med å sikre frie luftveier og gi oksygen til Utplasseringselev2
16:13	Øygarden brannvesen ble varslet av AMK
16:13	Det ble fra SKR arbeidet med å skaffe løfteredskap fra Bergen Brannvesen for å løfte den skadde ned fra H ₂ S-reaktoren
~16:13	Innsatsleder/On-scene commander og Operatør1 gikk til mekanisk verksted og hentet lastebil med kran
~16:18	Innsatsleder/On-scene commander, Operatør1 og Operatør2 jobbet med å feste bære og å få heist baren opp med lastebilkranen
~16:20	Røykdykker2 gikk tom for pusteluft. Han gikk ned fra reaktoren og kjørte til brannstasjonen med beredskapsbilen
~16:25	Røykdykker2 ankom vannrenseanlegget igjen i brannbilen sammen med Røykdykker3 (koordinator) og Røykdykker4 (koordinator)
~16:26	Røykdykker1 var tom for luft og gikk ned fra H ₂ S-reaktoren. Den skadde ble etterlatt på reaktortoppen. Han var urolig og ble sikret med et tau
16:26	Brannvesenet ankom
~16:26	Operatør2 går opp på H ₂ S-reaktoren på eget initiativ. Han hadde med seg medisinsk oksygen. Kran med bære var heist opp til nivå med toppen av reaktoren
~16:30	Røykdykker3 gikk alene opp på H ₂ S-reaktoren. Røykdykker4 ble av Innsatsleder bedt om å ta vare på Lærling og Utplasseringselev1. Lærling og Utplasseringselev1 hadde gått til mekanisk verksted og ble ropt etter på radio. Sammen med Røykdykker4 kjørte de til TV-stuen ved kontrollrommet
~16:30	Røykdykker3 kom opp på toppen av H ₂ S-reaktoren og delte luft med Operatør2 (buddy maske)
16:33	Det ble ikke målt utslag av H ₂ S på bakkenivå (første noterte måling)
16:34	To ambulanser ankom
16:35	Tre røykdykkere fra brannvesenet gikk opp på reaktoren
~16:35	Operatør2 gikk ned fra reaktoren. Han ble tatt hånd om av sykepleier da han kom ned
16:35	Luftambulanse landet ved vannrenseanlegget
~16:40	Røykdykker3 gikk tom for luft og gikk ned fra reaktoren
16:46	Utplasseringselev2 var sikret på baren og ble heist ned med kranen
16:48	Utplasseringselev2 var på bakken og ble tatt hånd om av helsepersonell
16:53	Innsatsleder/On-scene commander rapporterte om god kontroll
17:27	Alle de fem som ble eksponert ble fraktet til Haukeland Universitetssykehus. En med luftambulanse og fire med ambulanse

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

6 Konsekvenser

Med utgangspunkt i kategoriserings- og klassifiseringsmatrisen i ARIS SF103-01 er det gitt en beskrivelse av faktiske og mulige konsekvenser for relevante konsekvenskategorier i **Figur 6-1**.

Revised Nov 2015

Alvorlighets grad	Personskade		Arbeidsrelatert sykdom (ARS)		Ukontrollert utslipp		Lekkasje av olje/gass/brannfarlig veske**		Brann/eksplosjon		Svikt i sikkerhets-/sikrings funksjoner og barrierer		Omdømme	
	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig	Faktisk	Mulig
1	Dødsfall		Arbeidsrelatert sykdom som medfører død		Enkeltutslipp med langtids miljøpåvirkning. Utslipp til luft > årlig forventet utslipp av komponent		> 10 kg/s eller kortvarig > 100kg		Hele innretningen/ anlegget eksponert		Truer hele innretningen eller anlegget		Stor internasjonal negativ eksponering i media og mellom organisasjoner	
2	Alvorlig fraværskade/ alvorlig personskade		Alvorlig arbeidsrelatert sykdom		Enkeltutslipp med mellomlang miljøpåvirkning. Utslipp til luft > månedlig forventet utslipp av komponent		1-10 kg/s eller kortvarig > 10kg		Store deler av innretning/anlegg eksponert		Truer store deler av innretningen eller anlegget		Middels internasjonal negativ eksponering i media og mellom organisasjoner	
3	Øvrig fraværskade eller personskade med alternativt arbeid		Arbeidsrelatert sykdom som medfører kortvarig fravær eller begrenset/alternativt arbeid		Enkeltutslipp med korttids miljøpåvirkning. Utslipp til luft > ukentlig forventet utslipp av komponent		0, 1-1 kg/s eller kortvarig > 1 kg		Deler av innretning/anlegg eksponert		Truer deler av innretningen eller anlegget		Nasjonal negativ eksponering i media, fra myndigheter på nasjonalt nivå	
4	Medisinsk behandlingsskade		Arbeidsrelatert sykdom som medfører behandling fra autorisert helsepersonell		Enkeltutslipp med liten miljøpåvirkning. Utslipp til luft < ukentlig forventet utslipp av komponent		< 0,1 kg/s		Lokalt område av innretning/anlegg eksponert		Truer lokalt område		Lokal/regional negativ eksponering i media, fra myndigheter og kunder	
5	Førstehjelpskade		Øvrig arbeidsrelatert sykdom		Enkeltutslipp til omgivelsene med neglisjerbar miljøpåvirkning.		<< 0,1 kg/s (Vesentlig mindre enn 0,1 kg/s)		Neglisjerbar fare for innretning/anlegg		Neglisjerbar fare for innretning eller anlegg		Begrenset til få personer eller en kunde	

Figur 6-1 Klassifiseringsmatrise for HMS hendelser i MMP (R-26760 - Kategorisere og klassifisere)

6.1 Faktiske konsekvenser

Hendelsens omfang var en konsekvens av flere sammenfallende forhold som hver for seg har moderat til lav sannsynlighet for å inntreffe:

- Driftsforstyrrelser i H₂S-reaktoren som krevde tiltak for å sikre normal drift
- Blåsing med trykkluft utført på nedstengt reaktor
- H₂S-reaktoren var nedstengt lenge nok til at tilstrekkelig mengde sulfat/svovel ble omdannet til hydrogensulfid i en anaerob biologisk prosess
- Entring av reaktortopp umiddelbart under eller etter at blåsing var startet
- Vindstille vær som forhindret fortykning av H₂S-holdig gass
- Personell uten personlig H₂S-måler, åndedrettsvern eller fluktmasker bestemte seg for å gå opp på reaktor
- Fem personer entret reaktortopp tilnærmet samtidig

For hver aktuell konsekvenskategori har granskingsgruppen gitt sin begrunnelse for klassifiseringen.

6.1.1 Personskade

Fem personer gikk opp på toppen av H₂S-reaktoren og inn i et område med høye konsentrasjoner av H₂S.

- Utplasseringsselev2 mistet bevisstheten etter få sekunder. Granskningsgruppen mener at dette skyldes at han gikk sist opp lederen og har sannsynligvis brukt noe lenger tid på å entre toppen. Dermed kan han ha blitt mest eksponert for den tunge H₂S-gassen, som synker nedover langs lederen
- Operatør1 besvimte da han var på vei ned lederen fra toppen av reaktoren. Han falt om lag 3-4 meter og slo nakken og hodet i fallet
- Operatør2 ble igjen hos den skadde på reaktortoppen. Han var en periode bevisstløs, men utførte også livreddende førstehjelp på Utplasseringsselev2

Skadene Operatør1, Operatør2 og Utplasseringsselev2 fikk av den giftige gassen var alvorlige. Alle de fem som ble eksponert ble lagt inn på Haukeland Universitetssykehus for observasjon og behandling. Utplasseringsselev2 var innlagt på sykehus i 3 døgn. I tillegg ble en brannmann undersøkt på Haukeland på grunn av nakkesmerter. Basert på dette klassifiseres hendelsen med faktisk alvorlighetsgrad 2: **Alvorlig fraværsskade /alvorlig personskade (Rød 2)**.

6.1.2 Omdømme

Frem til i dag har hendelsen fått medieoppmerksomhet i lokale og riksdekkende aviser, i nyhetene på NRK og av myndighetene. Hendelsen ble også omtalt på internasjonale bransjenettsteder. Faktisk omdømmetap vurderes som begrenset. Basert på dette klassifiseres hendelsen med faktisk alvorlighetsgrad 3: **Nasjonal negativ eksponering i media, fra myndigheter på nasjonalt nivå (Gul 3)**.

6.1.3 Arbeidsrelatert sykdom

De skadde følges opp av bedriftshelsetjenesten på Sture. Dette gjelder også utplasseringsselevne. Arbeidsrelatert sykdom kan være langtidseffekter av H₂S-eksponeringen. Det er for tidlig å vurdere dette i løpet av granskingsperioden.

6.2 Mulige konsekvenser

Granskingsgruppen har vurdert mulige konsekvenser for hendelsen med utgangspunkt i hva som kunne ha skjedd under «ubetydelig endrede omstendigheter». Dette begrepet er i Statoil sin styrende dokumentasjon definert slik: «Det er bare tilfeldig at alternative utfall av hendelsen ikke inntraff, ikke hva som i verste fall kunne skjedd.»

6.2.1 Personskade

Det er sannsynlig at H₂S-konsentrasjonen på toppen av reaktoren var i området mellom 400 og 2000 ppm, sett i lys av beregninger og det raske bevissthetstapet til den skadde utplasseringsseleven. Denne høye konsentrasjonen kan medføre lammelse av respirasjonssenteret i hjernen, og opphør av autonom pustefunksjon. Det at utplasseringsseleven ble gitt livreddende førstehjelp, ble flyttet slik at hodet lå utenfor sparkelisten på reaktortoppen, samt ble gitt oksygen, har vært faktorer som har bidratt til at hendelsen ikke fikk et dødelig utfall.

Da røykdykkerne gikk tomme for luft måtte de forlate den skadde alene på reaktortoppen, han ble da sikret til rekkverket med et tau som lå gjenglemt på toppen av reaktoren.

Det kan ikke forventes at en operatør setter egen sikkerhet til side for å bli igjen på reaktortoppen og gi livreddende førstehjelp. Det var tilfeldig at det pågikk et koordinatormøte på samme tid som hendelsen inntraff. Koordinatormøtet var

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

flyttet fra servicebygget til beredskapsrommet for å sikre nærhet til skiftet. Uten dette møtet hadde 1.linje ikke hatt røykdykkere tilgjengelig til å kunne gå i innsats for å ivareta den skadde.

Det var tilfeldig at det lå et gjenglemt tau på reaktortoppen slik at Røykdykker1 fikk sikret den skadde. I perioden fram til utplasseringseleven ble hentet ned, var han delvis bevisst og svært urolig. Han kunne dermed ha falt ned fra reaktoren om han ikke var blitt sikret med tauet. Reaktoren er omlag 14 meter høy. Et slikt fall kunne gitt et dødelig utfall.

Beredskapspersonell kom til og fikk gitt oksygen til Operatør2 som valgte å bli igjen med Utplasseringselev2. Også han var bevisstløs en periode. Med den høye H₂S-konsentrasjonen, kunne også han ha fått alvorlige skader. For Operatør1 som fikk bevissthetstap og falt i leider, ville hodeskader/ bruddskader vært en mulig konsekvens.

Det er granskingsgruppen sin oppfatning at Utplasseringselev2 fikk så alvorlige skader at det er en tilfeldighet at ikke liv gikk tapt. Med bakgrunn i dette og krav R-24504-Alvorlig fraværsskade/alvorlig personskade gitt i ARIS, klassifiseres hendelsen med mulig alvorlighetsgrad 1: **Dødsfall (Rød 1)**.

6.2.2 Arbeidsrelatert sykdom

Det er kjent fra medisinsk litteratur at korttidseksponering for høye konsentrasjoner av H₂S kan gi senskader som luftveissykdommer og nevrologiske sykdommer. Det vurderes også som en risiko at det i etterkant av denne hendelsen kan oppstå posttraumatisk stresslidelse (PTSD) hos de involverte. Alle disse sykdommene kan ha et langtrukket forløp. Med bakgrunn i dette og krav R-24511 – Alvorlig arbeidsrelatert sykdom gitt i ARIS, klassifiseres hendelsen med mulig alvorlighetsgrad 2. **Alvorlig arbeidsrelatert sykdom (Rød 2)**.

6.2.3 Omdømme

Basert på mulig konsekvens med hensyn til personskader klassifiseres hendelsens effekt på omdømme med mulig alvorlighetsgrad 2: **Middels internasjonal negativ eksponering i media og mellom organisasjoner (Rød 2)**.

6.2.4 Vurdering av storulykkesrisiko

Storulykke er definert som konsekvensklasse 7, 8 og 9 i Statoil sin HMS risikomatrix, ref. ARIS R-24383 – SSU - Pre-defined safety and security impact categories. Sannsynligheten for at hendelsen i verste fall kunne ha utviklet seg til en storulykke er avhengig av tilstanden på de konsekvensreducerende barrierene i forhold til hendelsen.

Fem personer ble 12.10.2016 eksponert for høye konsentrasjoner av H₂S. Tre av personene mistet bevisstheten i løpet av kort tid.

Granskingsgruppen mener konsentrasjonen av H₂S på toppen av reaktoren var så høy at det er mulig at alle fem kunne ha mistet bevisstheten. Ingen i laget kunne da varslet kontrollrommet om hendelsen. Lufttilførselen i bunnen av tanken hadde ikke blitt stengt og avluffingen av H₂S på toppen av reaktoren hadde fortsatt.

Kontrollrommet var ikke kjent med at fem personer oppholdt seg i vannrenseanlegget, og det var ikke flere uteoperatører på Sture denne ettermiddagen. Granskingsgruppen mener at det er sannsynlig at det kunne gått mange minutter før laget ble savnet og funnet.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Den dimensjonerende hendelsen for medisinsk beredskap på Sture er DFU nr. 3A antent hydrokarbonlekkasje. (DFU med størst konsekvenser for personell). Det forventes at maksimum to arbeidslag vil kunne befinne seg i nærheten av ulykkesstedet og således rammes av hendelsen, dvs. 4-8 personer. Forventningen i Sture sin beredskapsanalyse for dimensjonerende hendelse er 1-2 hardt skadde og 1-2 lettere skadde (50 % av eksponert personell forventes omkommet).

1. linje beredskap på Sture var ikke dimensjonert for å håndtere en hendelse med fem bevisstløse personer i høyden. En ville i et slikt tilfelle vært avhengig av løfteredskap fra Bergen Brannvesen. Kjøretiden fra Bergen til Sture ved utrykning vil normalt være rundt 45 min.

Med bakgrunn i effekter av H₂S-påvirkning beskrevet i **Tabell 4-1** er det granskingsgruppen sin oppfatning at hendelsen på Sture kunne ført til en storulykke i kategori 7 med 5 omkomne. Storulykke er definert i ARIS fra konsekvensklasse 7 med 4-20 omkomne.

Granskingsgruppen vurderer tennsannsynligheten under hendelsen som lav. På toppen av tanken er det ikke montert utstyr som representerer en tennekilde. Før redningshelikopteret landet ble det gjort gassmålinger som viste at det var trygt å lande.

6.3 Klassifisering av hendelsen

Nedenfor er det gitt en oppsummering av alvorlighetsgrad for de ulike konsekvenskategoriene i kategoriserings- og klassifiseringsmatrisen. I tabellen betyr «Ingen» at konsekvensen ikke inntraff eller ikke kunne inntruffet.

Tabell 6-1 Klassifisering av hendelsen

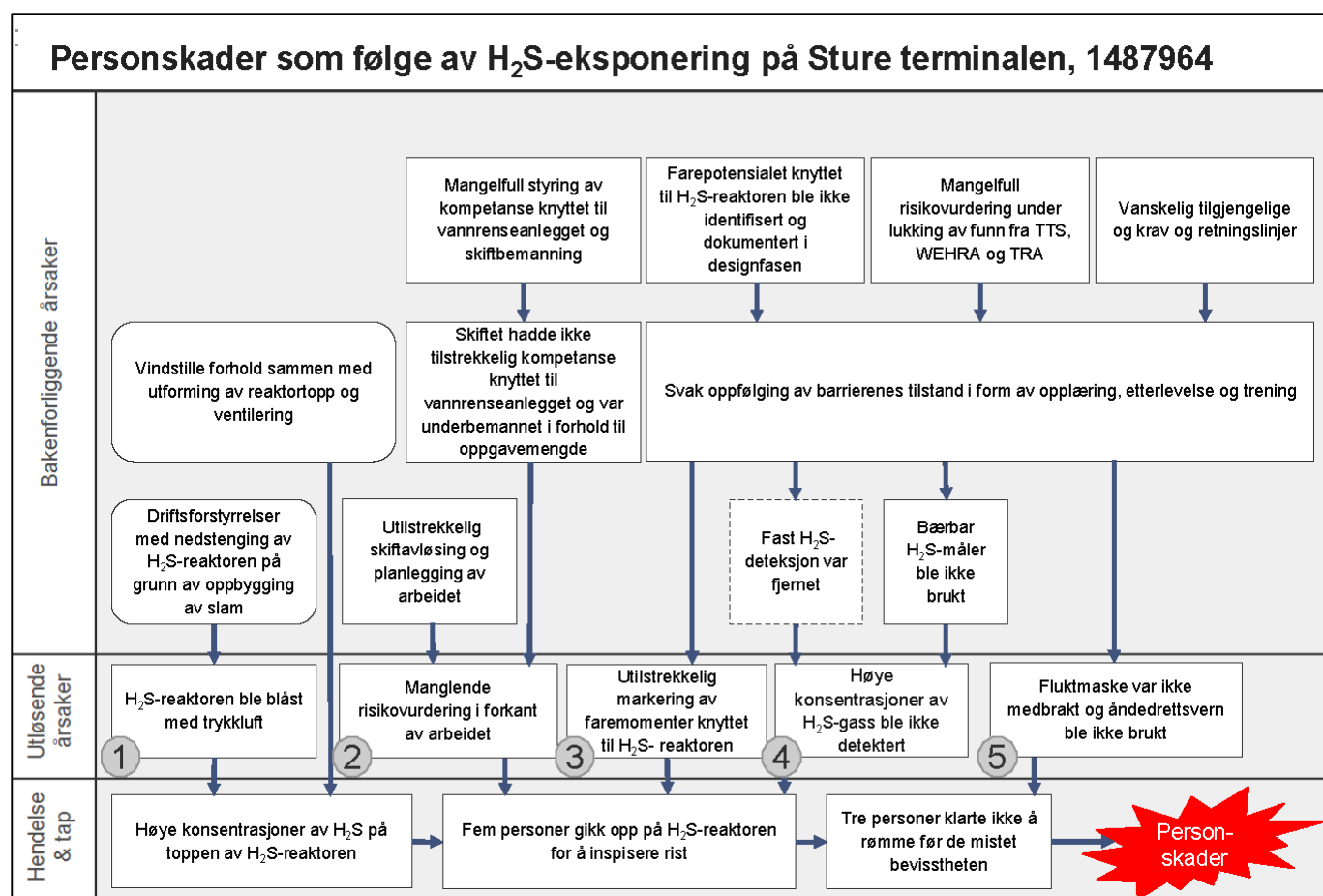
Konsekvenskategori	Faktisk alvorlighetsgrad	Mulig alvorlighetsgrad under ubetydelig endrede omstendigheter
Personskade	Alvorlighetsgrad 2	Mulig alvorlighetsgrad 1
Arbeidsrelatert sykdom (ARS)	Ikke mulig å klassifisere	Mulig alvorlighetsgrad 2
Ukontrollert utslipp	Ingen	Ingen
Lekkasje av olje/gass/brannfarlig veske	Ingen	Ingen
Brann/eksplosjon	Ingen	Ingen
Svikt i sikkerhets-/sikringsfunksjoner og barrierer	Ingen	Ingen
Omdømme	Alvorlighetsgrad 3	Mulig alvorlighetsgrad 2

Hendelsen klassifiseres med høyeste alvorlighetsgrad **Rød 1**.

7 Årsaker

Årsakskartet i **Figur 7-1** viser årsakene til hendelsen. Kartet viser utløsende årsaker, bakenforliggende årsaker og sammenhengen mellom disse. Årsakskartet er etablert med utgangspunkt i hendelsesbeskrivelsen i **kapittel 5** og MTO-diagrammet som er lagt ved i **App B**.

Granskingsgruppen har i sitt arbeid hatt en systemorientert tilnærming i arbeidet. Dette betyr at det ikke pekes på en enkeltstående feil som årsak, men til en serie av tekniske feil, beslutninger, designmessige forhold, operasjonell praksis, organisatoriske forhold med videre, som til sammen førte til at hendelsen oppsto.



Figur 7-1 Årsakskart

Årsakskartet bruker følgende symboler:

- Stiplet boks – usikkerhet knyttet til boksens innhold
- Boks med avrundede hjørner – gir leseren tilstrekkelig informasjon om hvordan hendelsen oppsto, men informasjon i disse boksene er forhold som er av «ikke praktisk betydning» for valg av tiltak, eksempelvis værforhold

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

I de påfølgende delkapitlene er det gitt en nærmere beskrivelse av årsaksforholdene for hver årsakstråd.

Hendelsen skjedde ved at det var høye konsentrasjoner av H₂S på toppen av reaktoren samtidig som fem personer gikk opp for å inspisere rist i reaktoren. Tre av personene klarte ikke å rømme før de mistet bevisstheten. Utløsende årsaker for dette var:

- H₂S-reaktoren ble blåst med trykkluft
- Manglende risikovurdering i forkant av arbeidet
- Utilstrekkelig markering av faremomenter knyttet til H₂S-reaktoren
- Manglende deteksjon av H₂S-gass
- Fluktmaske var ikke medbrakt og åndedrettsvern ble ikke brukt

Å angi eksakt hvilke konsentrasjoner av H₂S det var på reaktortoppen er vanskelig og avhenger av flere forhold.

- **Vannets surhetsgrad (pH)**
Målt pH i vannet til reaktoren er 6,6-6,7 (svakt surt). Dette er pH som gir optimale forhold for de svovelreducerende bakterier. Surt vann gjør at større andel av sulfider foreligger som H₂S
- **Reaktorens totalinnhold av svovelforbindelser**
En vet fra analyser at reaktoren ble tilført vann med et H₂S-innhold på 5-7 ppm dagene før hendelsen, noe som angir et minimumsnivå for svovelforbindelser i reaktoren. Det er sulfat som er hovedkilden til dannelsen av H₂S under anaerobe forhold i reaktoren. Eventuelle ansamlinger av svovel i reaktorlammet er vanskelig å kvantifisere
- **Lukket eller åpen atmosfære over vannspeilet**
Utformingen av reaktortoppen tilsier at det er å betrakte som et lukket gassvolum på ca. 16 m³. Ventileringens utforming gjør at en vil ha begrenset utveksling av tunge gasser til luftatmosfæren.

Erfaringstall fra vannrenseanlegg tilsier at lukkede luftlommer over H₂S-holdig vann kan ha konsentrasjoner på over 100 ganger vannets konsentrasjon. Med en H₂S-konsentrasjon i vannet på 5-7 ppm målt dagen før hendelsen, kan en som et minimum få konsentrasjoner over 500 ppm i gassen. Basert på teori, og den angitte konsentrasjonen av H₂S i reaktoren, kan en beregne at konsentrasjonen av H₂S i luftlommen kan ha vært mellom 1000 og 2000 ppm på hendelsestidspunktet.

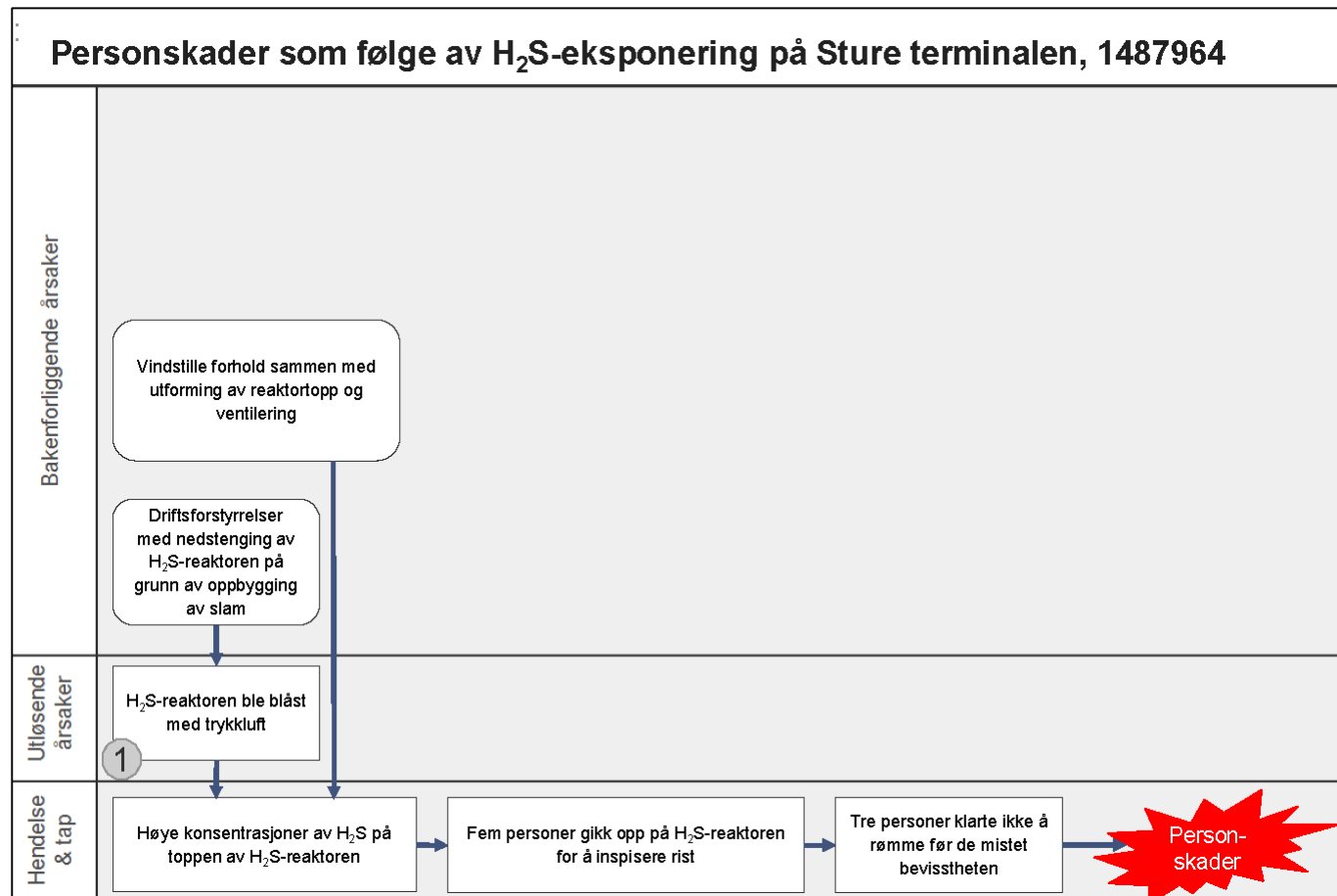
Det foreligger flere rapporter om at H₂S-konsentrasjonen på toppen av reaktoren tidligere har vært over 100 ppm. Senest var det rapportert over 100 ppm onsdag 12.10.2016, ca. kl. 13, bare timer før hendelsen.

Granskingsgruppen har også valgt å bruke de medisinske konsekvensene for å anslå H₂S-konsentrasjonen på toppen av reaktoren. I løpet av få minutter var tre av fem personer, som gikk opp på toppen av H₂S-reaktoren, bevisstløse. Den ene etter 5-10 sekunders opphold på reaktortoppen. Med referanse til **Tabell 4-1** tyder dette på at konsentrasjonen av H₂S på tanktoppen har vært rundt eller over 1000 ppm.

Basert på beregninger og medisinske konsekvenser mener granskingsgruppen at fem personer ble eksponert for H₂S-konsentrasjoner i området mellom 400 og 2000 ppm.

I de påfølgende delkapitlene **7.1** til og med **7.5** er det gitt en nærmere beskrivelse for hver av de utløsende årsakene med bakenforliggende årsaker. Ledelse og styring er beskrevet i **kapittel 10**.

7.1 Årsaker knyttet til årsakstråd 1



Figur 7-2 Årsaker knyttet til årsakstråd 1

7.1.1 Utløsende årsak

7.1.1.1 H₂S-reaktoren ble blåst med trykkluft

Da det ble åpnet for trykkluft inn i bunnen av H₂S-reaktoren skjedde følgende:

- Over vannspeilet inne i reaktoren er det alltid en gassatmosfære. I en nedstengt reaktor vil denne atmosfæren anrikes med reaksjonsprodukter fra anaerob prosess, H₂S og CO₂. Da reaktoren fikk tilført luft ble denne atmosfæren tvunget ut igjennom ventileringen og luken på toppen av reaktoren
- Tilført luft driver ut (stripper) løst H₂S i vann og slam og leder det til vannoverflaten og inn i gassatmosfæren

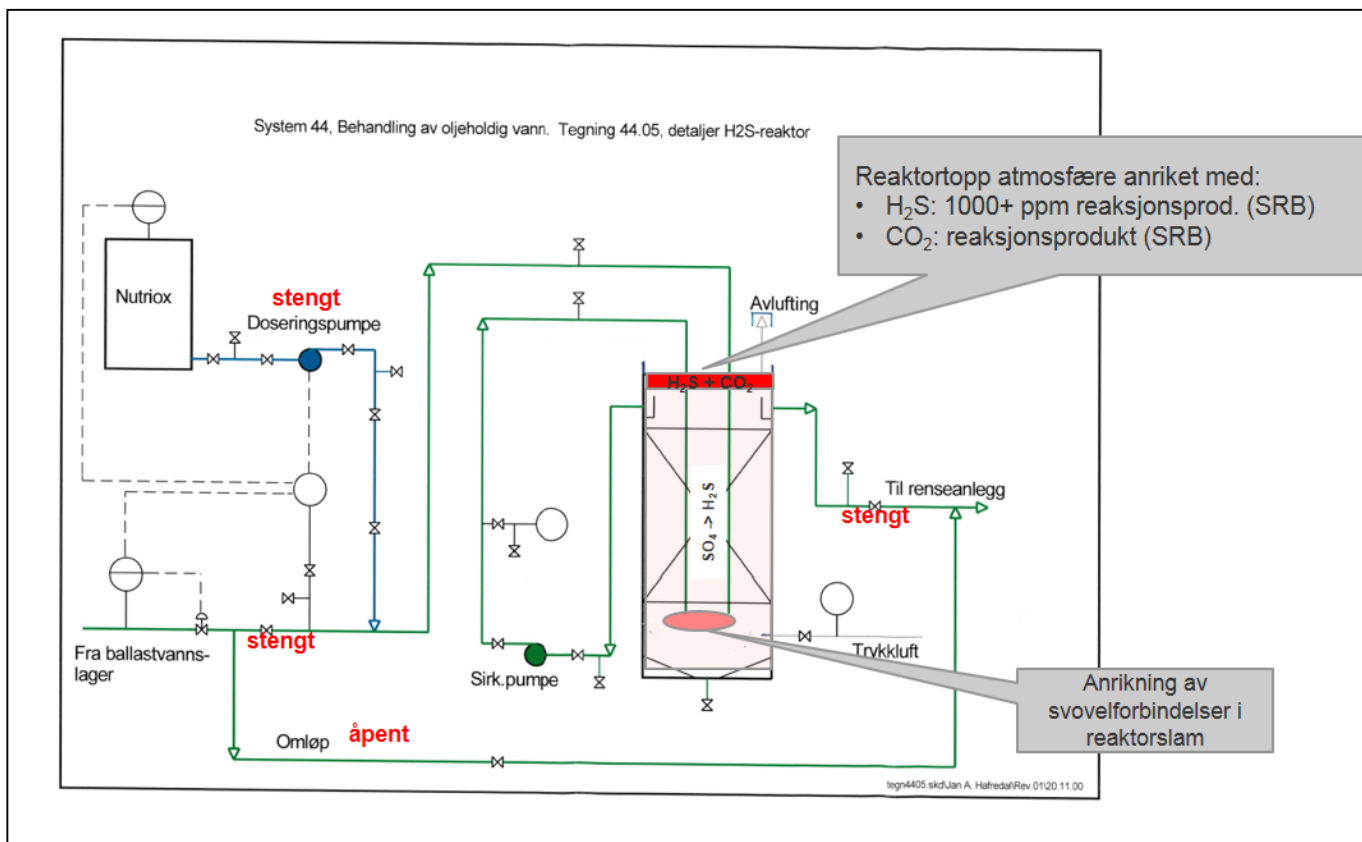
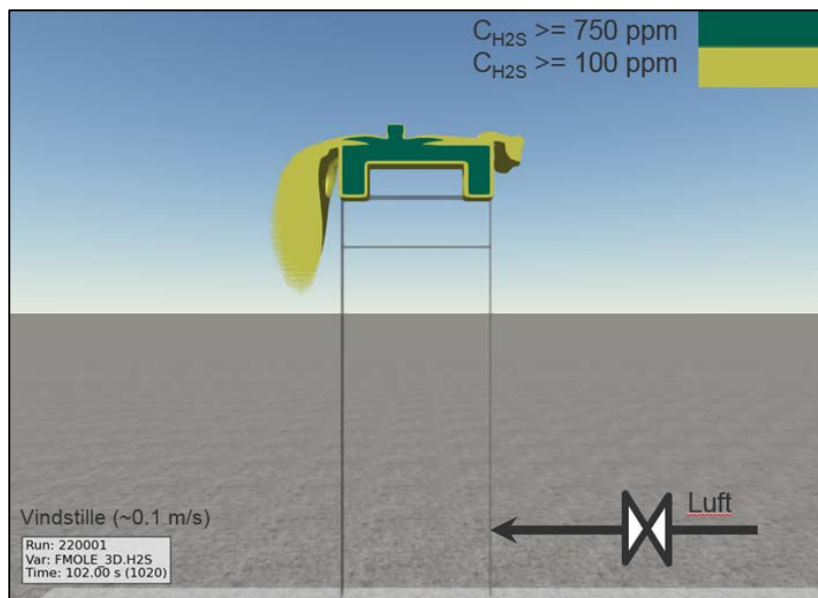
Gasspredningsanalyser lagt ved i **App D** sannsynliggjør at H₂S-gass fra reaktoren først vil legge seg som et lokk på toppen av reaktoren før gassen følger veggene av reaktoren nedover og legger seg på bakken.

Dette er illustrert i **Figur 7-3** og **Figur 7-4**.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Figur 7-3 Nedstengt H₂S reaktor

Figur 7-4 Gasspredning av H₂S

 Da H₂S-reaktoren ble blåst med trykkluft førte dette til høye konsentrasjoner av H₂S på toppen av H₂S-reaktoren.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

7.1.2 *Bakenforliggende forhold*

7.1.2.1 *Driftsforstyrrelser med nedstenging av H₂S-reaktoren på grunn av oppbygging av slam*

Over tid vil det bygge seg opp slam i reaktoren som gir opphav til redusert ytelse og funksjonalitet.

Det var forut for onsdag 12.10.2016 indikasjoner på at det var slamansamlinger i H₂S-reaktoren.

- Høyt mottrykk i tilførselen av vann fra kavernene til reaktor
- Relativt dårlig ytelse
- Planlagt vasking og rens for slam i 2016 var ikke utført
- Mandag 10.10.2016 lakk det vann fra toppen av reaktoren
- Onsdag 12.10.2016 lakk det igjen vann, samt at det ble funnet fyllegemer i inntaket til vannrenseanlegget

Reaktoren ble stoppet og isolert klokken 01:30, om natten 12.10.2016. Etter dette tidspunktet fikk ikke reaktoren lenger tilført oksygen i form av nitrat. Sulfatet (svovel) i vannet, begynte relativt raskt å omdannes til H₂S, da det alltid vil være sulfatreduserende bakterier i vannet/biokulturen.

H₂S-reaktoren ble blåst med trykkluft fordi det over tid hadde bygget seg opp slam i reaktoren.

7.1.2.2 *Vindstille forhold sammen med utforming av reaktortopp og ventilering*

Onsdag 12.10.2016 klokken 16:00 ble det på Fedje målestasjon meldt om middelvei for vind på 1,4 m/s fra sørvest. På tavlen i beredskapsrommet ble det i samme periode notert 0 m/s.

Fedje målestasjon er nærmeste offisielle målestasjon, 21,5 km nordvest for Sture.

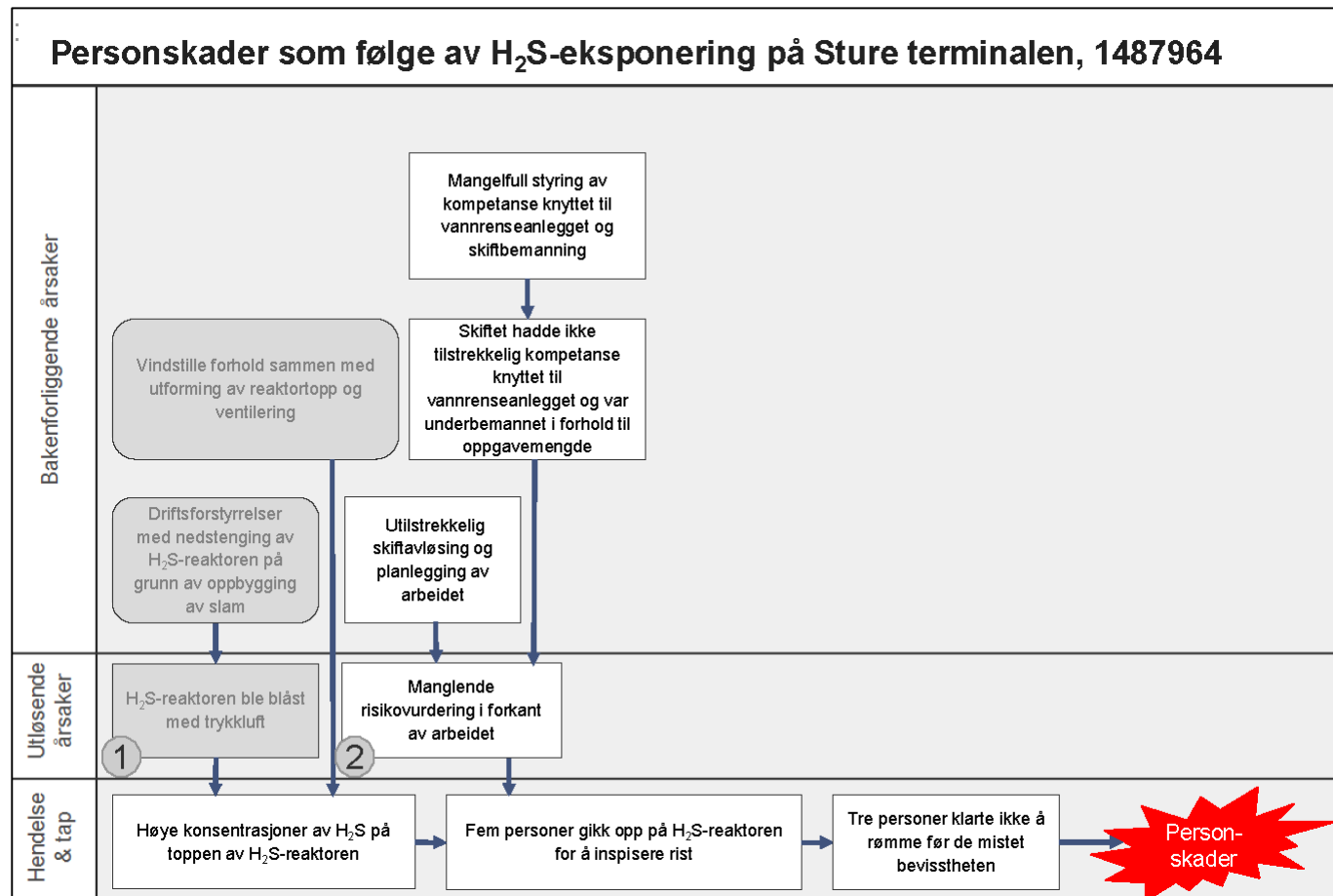
Både H₂S og CO₂ er tyngre enn luft og vil derfor søke nedover. Ventileringen på tanktoppen er utstyrt med en værbeskyttende hette. Denne hetten og en sparkelist langs kanten av reaktoren bidro til at den utstrømmende gassatmosfæren fra reaktoren la seg på toppen av reaktoren. Et bilde av reaktoren er vist under i **Figur 7-5**.



Figur 7-5 Bilde av toppen på H₂S-reaktoren

De vindstille forholdene på Sture sammen med utforming av reaktortopp og ventilering førte til at H₂S-gass samlet seg på toppen av H₂S-reaktoren.

7.2 Årsaker knyttet til årsakstråd 2



Figur 7-6 Årsaker knyttet til årsakstråd 2

7.2.1 Utløsende årsak

7.2.1.1 Manglende risikovurdering i forkant av arbeidet

Arbeidet på ettermiddagen med å blåse H₂S-reaktoren ble startet uten at operatørene hadde satt seg tilstrekkelig inn i oppgaven. Operatør1 hadde aldri gjort oppgaven før. Operatør2 var på opplæring. Operatør2 fikk en forklaring inne på kontoret av koordinator om H₂S-reaktorens virkemåte og arbeidet som skulle utføres. Koordinator hadde erfaring med å blåse trykkluft inn på reaktoren. Operatør2 oppfattet at det skulle åpnes forsiktig opp for luft inn på reaktoren, slik at risten inne i reaktoren ikke kom ut av posisjon. For å sjekke dette måtte en gå opp på reaktoren. SO-dokumentasjonen ble ikke benyttet og risiko knyttet til H₂S ble ikke diskutert.

Granskingsgruppen mener at manglende risikovurdering i forkant av arbeidet førte til at fem personer gikk opp på H₂S-reaktoren for å inspisere rist.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

7.2.2 **Bakenforliggende årsaker**

7.2.2.1 *Utilstrekkelig skiftavløsning og planlegging av arbeidet*

Det var observert vann som lakk fra toppen av reaktoren både mandag 10.10.2016 og onsdag 12.10.2016. Det ble funnet fyllegemer i inntaket til vannrenseanlegget om natten 12.10.2016. Fyllegemer på avveie var en indikasjon på at den øverste risten hadde kommet ut av posisjon på grunn av slamoppbygging. Dersom risten var kommet ut av posisjon ville det innebære en større jobb. Arbeidet med å korrigere driftsforstyrrelsen var en jobb som normalt ble håndtert av driftspersonell på skift. Kommunikasjon mellom de ulike skiftene om arbeidet på reaktoren foregikk skriftlig i skiftloggen og muntlig i skiftavløsningen. Driftsstøttefunksjonene, som driftsingeniør og teknisk systemansvarlig, ble ikke involvert.

Klokken 13:00 om formiddagen onsdag 12.10.2016 var to driftsoperatører oppe på H₂S-reaktoren for å inspisere risten inne i reaktoren. De hadde målt høye konsentrasjoner av H₂S og kledde seg derfor opp med friskluftsutstyr. Oppe på reaktoren ble det målt 15 ppm H₂S i brysthøyde og over 100 ppm H₂S nede ved luken. Denne informasjonen ble ikke gitt videre til ettermiddagsskiftet hverken i skiftloggen eller muntlig i skiftavløsningen.

Dagens system- og operasjonsdokument SO03441, **Ref. /15/** for vannrenseanlegget inneholder ingen arbeidsbeskrivelse for hvordan driftsforstyrrelser i H₂S-reaktoren skal håndteres. Her finner en informasjon om hvordan en bygger opp ny biokultur basert på ny septik/kloakk og oppstart etter nedstengning av reaktoren. Det finnes et kort avsnitt i den generelle delen av SO03441 der det står "*I bunn av reaktoren kan man tilsette luft. Luften tilsettes gjennom rør i bunn og kan brukes for fjerning av slam i reaktoren. Fjerning av slam bedrer reaktorens effekt. Ved unormalt høyt forbruk av nutriox kan dette skyldes slam i reaktoren.*"

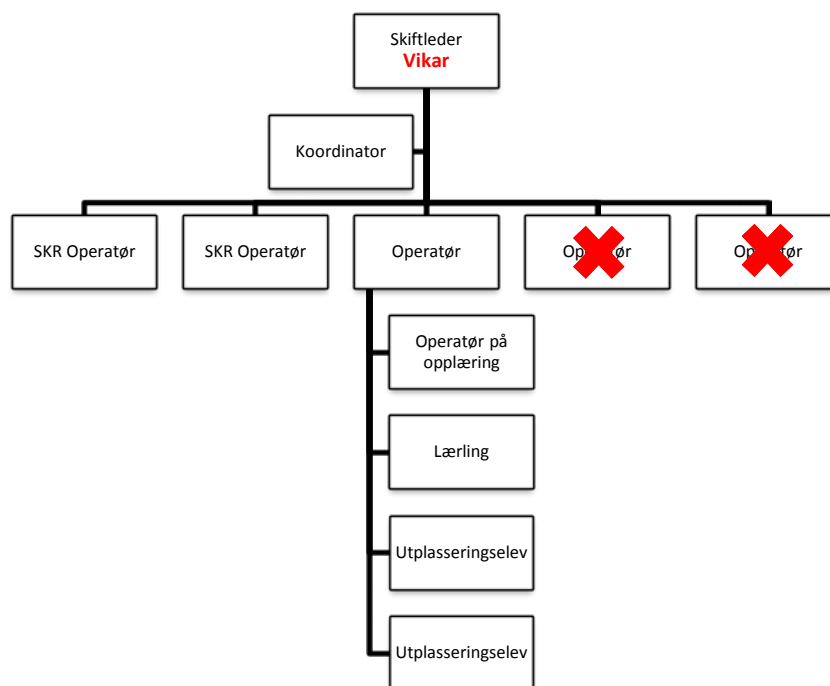
Den generelle delen av SO03441 inneholder også et avsnitt som beskriver H₂S-gassen sine egenskaper og bruk av verneutstyr og gassmålere når en skal inn i områder der det kan forekomme H₂S. SO-dokumentasjonen ble ikke brukt i forkant av arbeidet.

Granskingsgruppen mener at et eller flere av punktene under kunne ha sikret at risikoen knyttet til arbeidet ble identifisert.

- involvering av driftsstøtte
- informasjon omkring målte H₂S-konsentrasjoner, muntlig i skiftavløsning og i skiftlogg
- bruk av System- og operasjonsdokument SO03441
- gjennomgang av arbeidsoperasjonen mellom koordinator og Operatør1

7.2.2.2 *Skiftet hadde utilstrekkelig kompetanse knyttet til vannrenseanlegget og var underbemannet i forhold til oppgavemengde*

Onsdag 12.10.2016 var det vikar inne for skiftleder. To av de faste operatørene var ikke på jobb. I tillegg til den faste bemanningen var det en operatør inne på opplæring, en lærling og to utplasseringselever på besøk fra en videregående skole. Det er krav om at det skal være to operatører i kontrollrommet. Denne dagen var det derfor en operatør som skulle ivareta oppgavene beskrevet i **Ref. /4/** ute på Stureterminalen, mot normalt tre uteoperatører. I tillegg hadde den ene operatøren ansvar for å ha med seg fire personer på opplæring. Selv hadde han jobbet som operatør på Sture i om lag to år. Bemanningen på terminalen 12.10.2016 er vist i **Figur 7-7** under. Normal bemanning for skiftene er vist i **Figur 4-6**. Uteoperatøren fikk 12.10.2016 tildelt opplæringsansvaret for fire personer samtidig som han var eneste uteoperatør. Det er granskingsgruppen sin oppfatning at dette var for store oppgaver for en operatør å ivareta.



Figur 7-7 Skiftbemanning på Sture 12.10.2016

I granskingsarbeidet har det fremkommet at kompetansen knyttet til drift, feilsøking og risiko rundt H₂S-reaktoren var svært varierende. Eksempler på dette er:

- Det har vært fokus på H₂S med tanke på luktproblematikk, men ikke i samme grad i forhold til sikkerhet
- Det var ikke kjent i organisasjonen at det kan oppstå høye konsentrasjoner av H₂S i tilfeller der reaktoren stanses eller har irregulær drift
- Det var variasjoner i hvilken grad det å gå opp på H₂S reaktoren ble sett på som risikofyllt. Uttalelser i intervju viste en spredning i risikoforståelse. Det ble uttalt i intervju at «*Der oppe har man ingenting å gjøre, det vet jo alle*» og «*H₂S reaktoren brukes som utsiktspunkt*»
- Det var ulike erfaringer knyttet til hvordan jobben med å blåse reaktoren med trykkluft skulle utføres. Noen hadde gjort dette ofte og hadde blitt lært opp til at en kunne blåse med luft når en gikk forbi reaktoren. Noen hadde ikke gjort dette på mer enn ti år. Det fremkom også at det var forskjeller i hvordan operatørene utførte denne jobben. Noen operatører åpnet ventilene litt slik at det blåste forsiktig. De hadde da gjerne ventilene åpne en stund. Andre operatører åpnet fullt opp for trykkluft en eller to ganger for en kortere periode
- Det var i varierende grad kjent at H₂S-reaktoren ikke var tett på toppen

Det er granskingsgruppen sin oppfatning at ettermiddagsskiftet ikke hadde tilstrekkelig kompetanse knyttet til vannrenseanlegget og var underbemannet i forhold til oppgavemengde. Dette var medvirkende årsak til at risikovurdering i forkant av arbeidet på H₂S-reaktoren var manglende.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

7.2.2.3 Mangelfull styring av kompetanse knyttet til vannrenseanlegget og skiftbemanning

Granskingsgruppen har gått gjennom opplæringsmateriell knyttet til H₂S-reaktoren. Sjekkliste knyttet til dokumenterbar kompetanse for operatører, samt opplæringsmateriell brukt i forbindelse med kurs gjennomført frem til 2012 er gjennomgått.

Følgende relevante lærepunkt finnes i sjekklister:

- «*Datablad: Operatøren skal vite kva kjemikalier og farlege gassar vi har i vannrenseanlegget og skal kunne finne fram datablad for desse ved behov. Kjemikalier og farlege gassar vi har i vannrenseanlegget er flokkuleringsmiddel, nutriox og H₂S*»
- «*H₂S: Operatøren skal vite kva forhold som må til for å danne H₂S, kva som er farleg ved eksponering av gassen og førstehjelpstiltak ved eksponering*»
- «*H₂S-reaktor: Operatøren skal vite korleis H₂S-gassen vert nøytralisert i reaktoren*»

Opplæringsmaterialet omhandler hovedsakelig normal drift av H₂S-reaktoren. Risiko for H₂S ved ulike driftscenarier og blåsing av reaktoren er ikke omtalt.

Kompetansestyringen forutsetter i stor grad at opplæring og trening av personell utføres som en integrert del av daglige arbeidsoppgaver. Opplæring og trening oppleves som utfordrende på noen skift på Sture, blant annet som en følge av varierende erfaringsnivå på de ulike skiftene.

Kompetansen på Sture blir dokumentert og fulgt opp gjennom bruk av NAKISA. Det arbeides med å innføre kompetanseverktøyet OPUS på Sture.

Granskingsarbeidet har vist at det i stor grad var akseptert og ikke unormalt å gjennomføre skift med færre driftsoperatører enn beskrevet som normalbemanning i **Figur 4-6**.

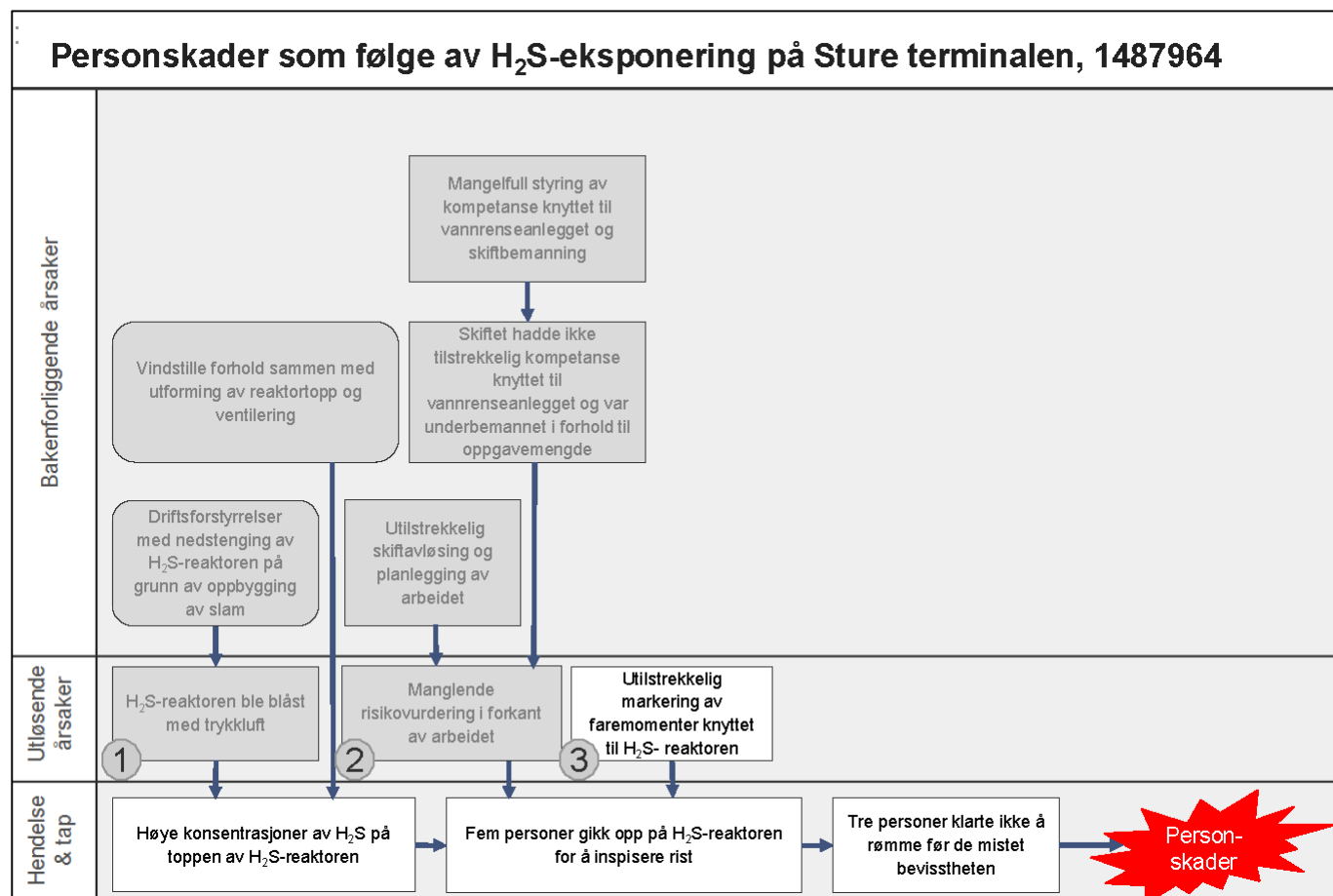
Det er skiftleder som avgjør om det skal kalles inn ekstra personell dersom noen er syke eller har fri. Det er uttalt av flere at i hvilken grad ekstra personell blir kalt inn varierer mellom skiftlederne. Granskingsgruppen har ikke klart å finne dokumentasjon på hvor ofte en ikke har full skiftbemanning. Synergisøk for 2016 har vist 6 Synergisaker registrert som omhandler mangler i beredskapsbemanningen på Stureterminalen.

Det er i intervju også uttalt at «*En kan ikke bare telle hoder*». Denne uttalelsen ble forklart med at operatører har svært ulik erfaring og bakgrunn. Når hvert skift består av syv personer vil sammensetningen av operatørene også bety mye. Operatørene som var på jobb på ettermiddag onsdag 12.10.2016 hadde alle om lag 2 års erfaring som driftsoperatør på Sture. Det var kjent at dette skiftet manglet operatører med lang driftserfaring og dette var bakgrunnen for at Operatør2 var på opplæring. Det har tidligere vært mellom 13,5 - 15% «turnover» av personell på Sture og Kollsnes. Det har i senere tid vært jobbet bevisst med å sikre stabilitet blant skiftpersonell.

Det har i intervju fremkommet at skiftledere ikke alltid er kjent med at de får med seg utplasseringselever en ettermiddag. For å kunne styre bemanningen mener granskingsgruppen at informasjon om utplasseringselever og nye operatører på opplæring er nødvendig for skiftleder da det vil kreve ekstra ressurser og planlegging.

Det er granskingsgruppen sin oppfatning at mangelfull styring av kompetanse knyttet til vannrenseanlegget og skiftbemanning førte til at ettermiddagsskiftet ikke hadde tilstrekkelig kompetanse knyttet til vannrenseanlegget og var underbemannet i forhold til oppgavemengde.

7.3 Årsaker knyttet til årsakstråd 3



Figur 7-8 Årsaker knyttet til årsakstråd 3

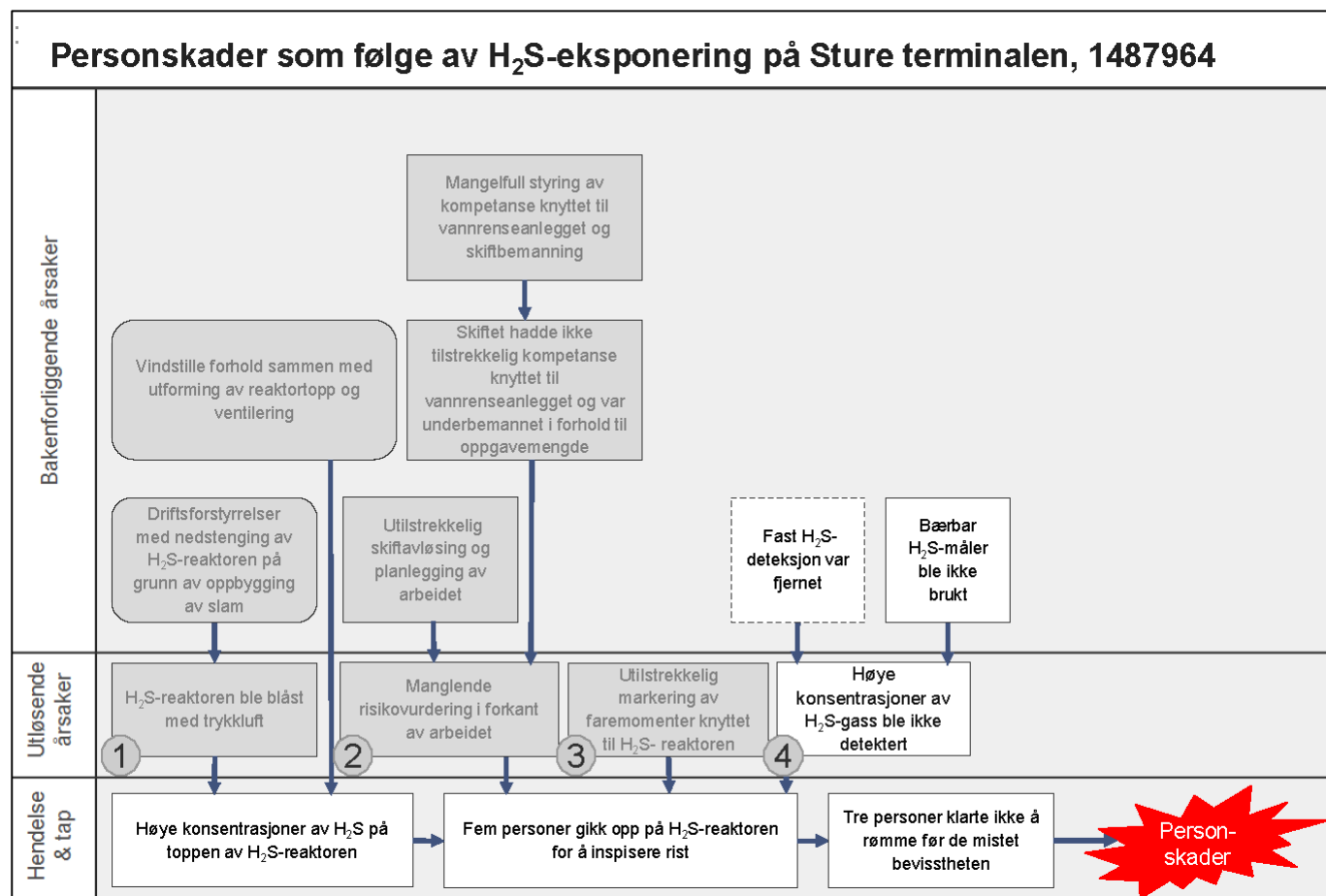
7.3.1 Utløsende årsak

7.3.1.1 Utilstrekkelig markering av faremoment knyttet til H₂S-reaktoren

H₂S-reaktoren tilhører vannrenseanlegget og er plassert i område R38. Oppgangene til de åpne bassengene i vannrenseanlegget er merket med skilt der det står «Fare for H₂S kontakt TKR». Selve reaktoren er ikke merket med TAG nummer eller annen form for informasjon om hvilken komponent dette er. Det finnes ingen form for sperring eller skilting som viser at dette er et område med begrenset ferdsel hvor spesielle vernetiltak er påkrevd. Det ble heller ikke foretatt avsperring av området i henhold til GL4100, etter at det ble målt H₂S-konsentrasjoner over 10 ppm på formiddagsskiftet 12.10.2016.

Utilstrekkelig markering av området rundt H₂S-reaktoren bidro til at fem personer gikk opp på reaktoren.

7.4 Årsaker knyttet til årsakstråd 4



Figur 7-9 Årsaker knyttet til årsakstråd 4

7.4.1 Utløsende årsak

7.4.1.1 Høye konsentrasjoner av H₂S-gass ble ikke detektert

Den høye konsentrasjonen av H₂S-gass ble ikke detektert av de fem personene som gikk opp på reaktoren. H₂S lukter sterkt av råtne egg ved lave konsentrasjoner. Ved høye konsentrasjoner over 70-100 ppm lammes luktesansen, og en vil være avhengig av annen type deteksjon for å oppdage faren. H₂S-gassen ble først oppdaget da operatørene kom opp på toppen av reaktoren og kjente at det var ubehagelig og tungt å puste.

Det at H₂S-gassen ikke ble detektert bidro til at fem personer gikk opp på reaktoren og ble eksponert for høye konsentrasjoner av H₂S.

7.4.2 Bakenforliggende årsaker

7.4.2.1 Fast H₂S-deteksjon var fjernet

Granskingsgruppen har funnet dokumentasjon i SAP på at det har vært installert fire H₂S-detektorer i vannrenseanlegget. To av detektorene (Tag ATR3801161 og ATR3801162) er plassert ved innløpet til de åpne bassengene i vannrenseanlegget. De to andre detektorene (Tag ATR3801101 og ATR3801102) er det knyttet usikkerhet til hvor var plassert.

Detektorene (Tag ATR3801161 og ATR3801162) ved innløpet til de åpne bassengene i vannrenseanlegget er fremdeles registrert som aktive i SAP. De ble installert i vannrenseanlegget i 1999. Disse detektorene ble ikke montert som sikkerhetskritisk utstyr, men etter ønske fra SFT om å kunne logge H₂S-konsentrasjoner i området. Detektorene er fremdeles installert, men har ikke vært i drift på flere år.

Granskingsgruppen har ikke klart å finne dokumentasjon på hvor de to andre detektorene (Tag ATR3801101 og ATR3801102) var plassert. Det har heller ikke vært mulig å finne dokumentasjon på hvordan disse detektorene har fungert eller hvorfor de har blitt fjernet. Da Hydro gikk over til SAP i 1999 ble taggene for disse to detektorene overført som «deaktivert» i oktober 1998. Det er derfor sannsynlig at detektorene ble fjernet før 1998.

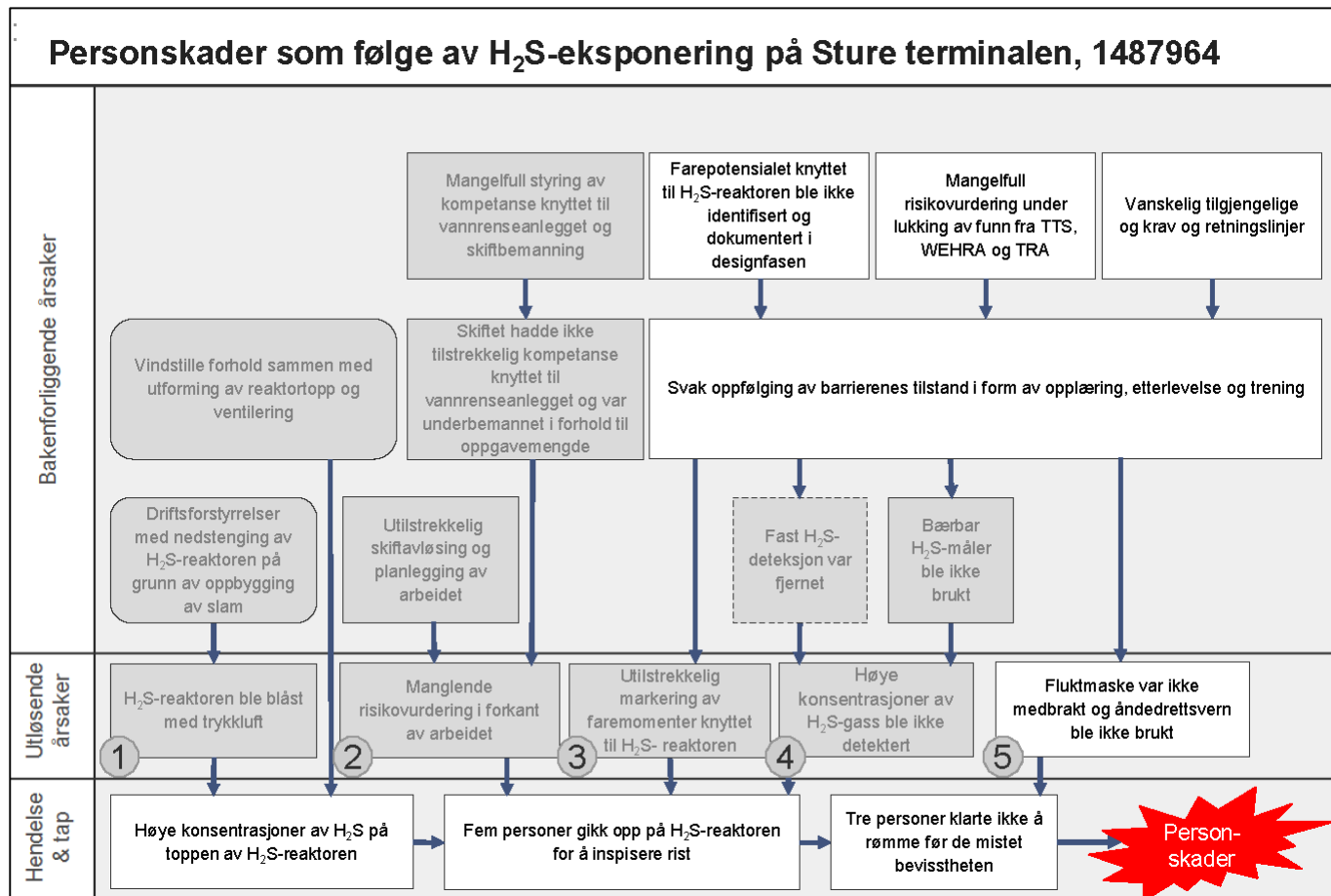
I intervju er det kommet frem ulik informasjon omkring disse detektorene. Noen synes å huske detektorer på toppen av H₂S-reaktoren som ga en lokal varsling ved høye konsentrasjoner av H₂S. Det er også blitt uttalt at detektorene ble fjernet fordi de alltid «lå i alarm». Andre kan ikke huske at det har vært detektorer installert på toppen av H₂S-reaktoren. Granskingsgruppen har vært i kontakt med personell som har arbeidet med teknisk sikkerhet på Sture på 1990-tallet. De synes å huske at det ble montert to H₂S-detektorer da H₂S-reaktoren ble bygget i 1994. En av disse detektorene var plassert mellom vannrenseanlegget og administrasjonsbygget. De kunne ikke huske hvor den andre detektoren var plassert. Hensiktene med detektorene, mener de å huske at var å varsle og beskytte personell mot H₂S-gass.

Fast H₂S-deteksjon i området rundt reaktoren var fjernet eller ikke i drift. Dette kan ha bidratt til at den høye konsentrasjonen av H₂S-gass ikke ble detektert.

7.4.2.2 Bærbar H₂S-måler ble ikke brukt

Operatørene hadde ikke med seg bærbare gassmålere da de gikk inn i vannrenseanlegget for å blåse H₂S-reaktoren med trykkluft. En bærbar gassmåler ville varslet dersom grenseverdier ble overskredet. Dette bidro til at den høye konsentrasjonen av H₂S-gass ikke ble detektert.

7.5 Årsaker knyttet til årsakstråd 5



Figur 7-10 Årsaker knyttet til årsakstråd 5

7.5.1 Utløsende årsak

7.5.1.1 Fluktmaske var ikke medbrakt og åndedrettsvern ble ikke brukt

Operatørene brukte ikke åndedrettsvern og hadde ikke med seg fluktmasker da de gikk inn i vannrenseanlegget for å blåse H₂S-reaktoren med trykkluft. Åndedrettsvern ville ha beskyttet de fem personene fra H₂S-gassen og fluktmasker ville økt sannsynligheten for at alle de fem som ble eksponert hadde klart å rømme fra området.

7.5.2 Bakenforliggende årsaker

7.5.2.1 Svak oppfølging av barrierenes tilstand i form av opplæring, etterlevelse og trening

Barrierene granskingsgruppen mener skulle vært på plass for å stoppe eller begrense hendelsen er beskrevet i **kapittel 9.2**. Barrierene er inndelt i markering, deteksjon og rømning. Alle disse barrierene vil kreve kunnskap og etterlevelse blant operatørene for at de skal fungere ved behov.

Markering i form av skilt og spørrekjetting er avhengig av vedlikehold, tydelige formuleringer og respekt fra operatørene.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Både fast og bærbar H₂S-deteksjon, som barriere, er avhengig av at personell vet hvordan de skal reagere om en alarm skulle oppstå. På formiddagsskiftet onsdag den 12.10.2016 ble det målt høye konsentrasjoner av H₂S oppe på reaktoren. Det ble ikke foretatt avsperring av området i henhold til GL4100, **Ref. /18/**.

Deteksjon ved bærbar H₂S-måler vil være avhengig av at personell har måleren med seg. Dette er igjen avhengig av kompetanse og informasjon gjennom eksempelvis markering og styrende dokumentasjon.

Effektiv rømning fra et område som er eksponert for H₂S-gass avhenger av operatørens evne til å identifisere risiko i arbeidet og etterlevelse med tanke på bruk av verneutstyr. Under hendelsen hadde ikke operatørene kunnskap om at det kunne være høye konsentrasjoner av H₂S på toppen av reaktoren. De var klar over at det kunne forekomme H₂S i området.

Granskingsgruppen mener at for at barrierene skal være robuste vil det ikke være tilstrekkelig å foreslå dem som et tiltak i eksempelvis Synergi og kvittere ut som utført når det har blitt gitt informasjon om dette på alle skift. Denne type barrierer krever kontinuerlig oppfølging i form av opplæring, trening, og rollemodeller. Det fremkom i intervjuer at bruk av personlig H₂S-måler, åndedrettsvern og fluktmasker, i områder med risiko for H₂S-gass, var varierende. Dette var kjent blant ledere og operatører.

Personlig HMS-håndbok for Statoils landanlegg, GL4100 **Ref. /18/** har en side som omhandler «Tiltak ved H₂S-lekkasje». Innholdet på denne siden var ikke kjent og retningslinjene ble ikke fulgt. Denne omhandler tiltak i områder der det er fare for akutte utslipp av H₂S. Tiltak som åndedrettsvern, fluktmasker og måling av H₂S-konsentrasjoner er dekket.

Systembeskrivelsen av vannrenseanlegget i SO03441 inneholder et avsnitt som beskriver H₂S-gassen sine egenskaper og bruk av verneutstyr og gassmålere når en skal inn i områder der det kan forekomme H₂S. SO dokumentasjonen ble ikke brukt i forkant av arbeidet.

Granskingsgruppen har søkt etter saker på Sture i Synergi på sakstype «Inspeksjoner og evalueringer - HMS-inspeksjon» med søkeord «H₂S» for perioden fra 01.01.2010 og frem til i dag. Det fremkommer tre treff. Ingen av disse sakene dokumenterer oppfølging av barrierer for å unngå at personell blir eksponert for H₂S. Totalt er det gjennomført 622 inspeksjoner og evalueringer i perioden. Risiko forbundet med høye konsentrasjoner av H₂S i vannrenseanlegget var ikke identifisert og ble derfor heller ikke fulgt opp gjennom inspeksjoner og evalueringer.

Det er søkt i SAMS etter verifikasjoner de siste 3 årene. Det er ikke funnet noen verifikasjoner som omhandler etterlevelse av verneutstyr eller risiko for kjemisk eksponering.

Granskingsgruppen har funnet 3 saker i Synergi som omhandler høye H₂S-verdier og risiko knyttet til dette. Disse er det referert til i **kapittel 11**.

Granskingsgruppen mener at mangelfull oppfølging av barrierenes tilstand førte til at barrierer som markering, installasjon av fast H₂S-deteksjon og bruk av bærbar H₂S-målere, åndedrettsvern, samt fluktmasker enten ikke ble implementert eller fulgt opp.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

7.5.2.2 *Farepotensialet knyttet til H₂S-reaktoren ble ikke identifisert og dokumentert i designfasen*

Granskingsgruppen har søkt etter dokumentasjon omkring reaktoren både fra den ble bygget første gang og da den ble revet og reist på nytt i 2012. Dokumentasjonen fra H₂S-reaktoren var ny i 1994, **Ref. /8/** identifiserer ikke farer knyttet til at personell kan bli eksponert for H₂S. Materialet er mangelfullt med tanke på drift, feilsøking og risiko knyttet til H₂S-reaktoren. Granskingsgruppen klarer ikke å finne at det har blitt utført HAZOP eller lignende for å identifisere risiko.

I Sture crude oil terminal Area classification site plan 12-1C-NL-R00-00-EP-00321, **Ref. /19/** er ikke H₂S-reaktoren tegnet inn.

TR3002 **Ref. /24/**, kap 3.3 Atmospheric vent outlet, har følgende formulering: "The atmospheric vent shall terminate at a safe location, i.e. away from personnel, equipment air intakes and sources of ignition. Dispersion analyses shall be performed for relevant hazardous streams (flammable, substance hazardous to health) from the atmospheric vent system." Internasjonale standarder gjeldene i 1994 anerkjent av norske myndigheter, eksempelvis API 521 3rd ed, stilte tilsvarende krav til utforming av atmosfærisk ventilering.

Det at farepotensialet knyttet til H₂S-reaktoren ikke ble identifisert og dokumentert i designfasen bidro til mangelfull oppfølging av barrierenes tilstand i form av opplæring, etterlevelse og trening.

7.5.2.3 *Mangelfull risikovurdering under lukking av funn fra TTS, WEHRA og TRA*

I granskingen har det fremkommet eksempler på mangelfull risikovurdering knyttet til lukking av funn relatert til fare for eksponering av H₂S:

1. WEHRA, **Ref. /20/** for vannrenseanlegget ble utført i 2013 og 2014. Et av tiltakene var: «*Merke anlegget og området med «fare for H₂S» og personlige H₂S alarmer må alltid benyttes ved arbeid / ferdsel i anlegget. Åndedrettsvern med kombinasjonsfilter ABEK1 må medbringes og benyttes ved behov. Ved langvarig opphold i anlegget må det foretas SJA med tanke på vernetiltak. Videre må alle disipliner få oppdatert kunnskap omkring helseisiko med arbeid som kan gi H₂S eksponering*». Tiltaket ble lukket i Synergi som utført 19.12.2015. Granskingen har vist at skilt med tekst «Fare for H₂S kontakt TKR» er satt opp tre steder i vannrenseanlegget. H₂S-reaktoren er ikke merket. Det varierte hvordan skiltene ble forstått. Noen mente at skiltene var informasjon til leverandører som var inne på Sture for å hindre at de gikk inn i vannrenseanlegget uten å kontakte kontrollrommet. Andre mente at skiltet var opplysning om at det i vannrenseanlegget kunne være avdamping av H₂S fra de åpne bassengene. Ingen av de som ble intervjuet i granskingen forsto skiltene som et påbud om å ta med gassmåler og åndedrettsvern. Markeringen var utført på en slik måte at det ser ut som H₂S-reaktoren ikke er inkludert.

Andre anlegg i MMP PM med risiko for H₂S har valgt å definere slike områder som «Høy risk H₂S sone». Disse anleggene er sperret fysisk for å markere grensene samt at påbud om bærbar H₂S-måler gjelder. Det er også gitt tydelige retningslinjer for bruk av åndedrettsvern og fluktmasker med tanke på beskyttelse og rømning.

Granskingen har vist at rutine for bruk av bærbar H₂S-målere og åndedrettsvern var variabel. Hvorvidt en hadde med seg dette utstyret ble sett på som noe som var opp til den enkelte operatør å avgjøre. Noen fremstod å ha et bevisst forhold til når de mente det var riktig å ha med seg bærbar H₂S-målere og åndedrettsvern, for andre var det mer tilfeldig. Det ble i intervju også meldt om at det manglet H₂S-målere og at en derfor valgte å gå uten. Under hendelsen 12.10.2016 hadde operatørene ikke med seg H₂S-målere og åndedrettsvern.

2. TRA fra 2014 identifiserte at det var mulig med høye konsentrasjoner av H₂S ved ballastkavernetoppen, **Ref. /11/**, TN-6 avsnitt 4.5 og TN-4 vedlegg A. Statoil gjennomførte i 2013 to målinger av H₂S-konsentrasjonen i kavernetoppen. Målingene konkluderte med konsentrasjoner på henholdsvis 1000 og 800 ppm. Det ble antatt i TRA at typisk konsentrasjon rundt ballastkavernetoppen var 1000 ppm H₂S. Det ble i analysen konkludert med at mulig H₂S-eksponering kunne være dødelige ved innånding og var et lokalt problem ved ballastkavernetoppen. Funnet ble sett på som et lite bidrag til personellrisikoen på Sture og neglisjert i arbeidet med TRA. Granskingsgruppen kan ikke finne at funnet er fulgt opp på andre måter.
3. Det ble i 2012 gjennomført TTS (Teknisk Tilstand Sikkerhet) på Sture. Et av funnene under PS3 Gassdeteksjon var: «*No H₂S detection provided at Sture (Yellow-2). Detection of toxic gasses shall be provided where there is a potential release. It is recommended to include H₂S in risk evaluation for toxic gases in update of TRA. Need for detection and/or personal protective equipment should be further evaluated based on TRA update*». Funnet ble lukket under forutsetning at bærbare H₂S-målere ble brukt og at en benyttet seg av friskluftverneutstyr i arbeidsoperasjoner der det var fare for skadelige konsentrasjoner av H₂S. Granskingen har ikke funnet at det ble planlagt å følge opp etterlevelsen av bærbar H₂S-måler og åndedrettsvern.

Granskingsgruppen har ikke funnet spor av at risiko knyttet til H₂S-reaktoren ble vurdert da funnet ble lukket. Det var ikke kjent at det aldri var gjennomført HAZOP for reaktoren eller at det tidligere hadde vært installert H₂S-detektorer i vannrenseanlegget. I intervju har det fremkommet at det tidligere hadde blitt målt høye konsentrasjoner av H₂S på reaktortoppen. Disse målingene ble ikke dokumentert i Synergi, og fremkom derfor ikke da det ble søkt etter Synergisaker i behandlingen av funnet. I risikovurderingen gjort sammen med drift ble det opplyst følgende: «*Når renseanlegget kjøres tas det målinger og området blir sperret av. Det er etablert prosedyre på hvordan man skal kjøre i gang renseanlegget. Operatørene har H₂S-målere på seg. Det er begrenset ferdsel i området, det er soneklassifisert område. Vurderer å ha god kontroll på H₂S på Sture.*» Det ble derfor konkludert at det ikke var nødvendig å installere H₂S-deteksjon rundt H₂S-reaktoren eller på andre steder i vannrenseanlegget.

På Sture finnes det to sloppoljetanker i vannrenseanlegget (Tag TA21900 og TA21901). TR0926, kap 4.3.2 «Slopptanker skal være utstyrt med H₂S-overvåkning og alarmsystemer», **Ref. /14/** setter krav til at slopptanker skal være utstyrt med H₂S-deteksjon. TRA synliggjør H₂S-konsentrasjonene som kan oppstå ved ballastkavernene. Granskingen har vist at det også kan oppstå høye konsentrasjoner av H₂S i vannrenseanlegget når H₂S reaktoren stoppes.

I TTS sammenheng ble det søkt om unntak fra unntaksprosessen i DISP 129677. Det var ikke kjent da en behandlet funnet at det tidligere hadde vært H₂S-detektorer i renseanlegget. TTS funnet ble derfor ikke behandlet og registrert i DISP. Granskingsgruppen mener funnet representerer et avvik fra opprinnelig designintensjon og forholdet burde enten ha blitt utbedret eller blitt håndtert som et permanent unntak i DISP.

Granskingsgruppen mener at mangelfull risikovurdering under lukking av funn fra TTS, WEHRA og TRA bidro til svak oppfølging av barrierenes tilstand.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

7.5.2.4 Vanskelig tilgjengelige krav og retningslinjer

Gjennomgang av styrende dokumentasjon og annen tilgjengelig informasjon i granskningsarbeidet, har vist at Statoil har tydelige prosesser i forhold til å ivareta oppfølging av kjemikalier til bruk på anleggene. Det er imidlertid granskningsgruppen oppfatning at Statoil ikke er tydelig i forhold til hvor en kan finne krav til risikovurdering og ansvar forbundet med identifikasjon og oppfølging av giftige gasser og kjemiske komponenter i prosesstrømmer (mellomprodukter) i den løpende driften av anleggene. Typiske giftige gasser og gassblandinger kan være H₂S, karbondioksyd (CO₂), svoveldioksyd (SO₂), karbonmonoksyd (CO), ammoniakk (NH₃) og blandinger av disse gassene med hydrokarboner. Tradisjonelt har hovedfokuset vært brennbare gasser og væsker.

Det er granskningsgruppens oppfatning at informasjon og beskrivelse av forholdsregler knyttet til H₂S på Sture er begrenset og tvetydig i forhold til Statoils krav. Flere anlegg (Mongstad og Kalundborg) har etablert retningslinjer i form av GL-dokumenter **Ref. /2/** og **/16/** som beskriver farer og forholdsregler knyttet til H₂S. Det kunne med fordel vært etablert en overordnet felles retningslinje og informasjon om eksponeringsfare og forholdsregler knyttet til H₂S i Statoil.

Vanskelig tilgjengelige krav og retningslinjer bidro til svak oppfølging av barrierenes tilstand.

8 Varsling og beredskapsmessige forhold

Det framkom av intervju med involverte at hendelsen var svært dramatisk og det å håndtere beredskapen var krevende. Beredskapsorganisasjonen gjennomførte beredskapsjobben, ut i fra de rådende rammebetingelser og tilgjengelig informasjon, etter beste evne under hendelsen. Innsatsen til personellet på Stureterminalen denne ettermiddagen bidro sterkt til å begrense konsekvensene av hendelsen. Det overordnede kravet i Statoil-boken «Å redde liv er det vi prioriterer høyest» ble innfridd.

Hendelsen som skjedde på Sture den 12.10.2016 gikk utover dimensjonerende DFU i beredskapsplanverket til Stureterminalen. Organisasjonen måtte dermed håndtere en krise, en situasjon som var mer omfattende enn beredskapen var dimensjonert for. Hendelsen innebar redning fra omlag 14 meters høyde og improvisasjon for å få brakt den hardest skadde til sikker lokasjon. Ved hendelsestidspunktet var beredskapsorganisasjonen i utgangspunktet ikke dimensjonert for å ivareta fem direkte involverte personer. I tillegg var de involverte i hendelsen en del av beredskapen denne dagen. Den forventede innebygde organisatoriske redundansen manglet på hendelsestidspunktet. Det ble tilfeldigvis avholdt et koordinatormøte. Koordinatorene var alle kvalifiserte røykdykkere, og dermed var det på hendelsestidspunktet seks ekstra beredskapsressurser tilgjengelig. Det forelå, ved innledende varsling, ikke nøyaktig informasjon om omfanget av hendelsen. Omfanget av hendelsen var i lang tid uklar, og hendelsen eskalerte gjennom kriseforløpet. Dette medførte problemer med å koordinere innsatsmannskapene.

8.1 Varsling og mobilisering

Varsel om beredskapssituasjonen ble mottatt av kontrollrom via radio klokken 16:05. Det ble varslet om at hendelsen involverte personell på toppen av H₂S-reaktoren. Det framkom av beredskapsloggen fra Stureterminalen at AMK ble varslet klokken 16:06. 2.linje beredskap ble varslet klokken 16:07. AMK mottok varsling klokken 16:07. Trippelvarsling ble iverksatt. Øygarden brannvesen ble varslet klokken 16:13. Det ble ikke vurdert som hensiktsmessig å gi melding over PA, aktivisere alarmer, evakuere eller stanse aktivitet i anlegget. Ved skiftets oppstart manglet oversikt over hvilke beredskapsressurser som ivaretok de enkelte rollene i beredskapsorganisasjonens 1.linje. Det har fremkommet at ikke alt involvert personell var klar over at de hadde beredskapsoppgaver denne dagen.

To ressurser fra koordinatormøtet mobiliserte som røykdykkere og kjørte sammen med innsatsleder i redningsbilen bort til skadestedet. Fire koordinatører ble igjen i beredskapsrommet og avventet nærmere beskjed. Det var på dette tidspunktet tilgjengelig overkapasitet på røykdykkere på Stureterminalen som ikke ble mobilisert.

Varsling av pårørende ble under hendelsen koordinert mellom virksomheten og det offentlige operasjonelle nivå. Skadde, som var i stand til dette, fikk anledning til å ringe pårørende fra Haukeland Universitetssykehus. Varsling av pårørende måtte utføres så tidlig som mulig, samtidig som feilvarsling måtte unngås. Det framkom at enkelte ble varslet via sosiale media, nettaviser eller jungeltelegrafene før en rakk å varsle dem formelt. Det ble opprettet en pårørendetelefon i forbindelse med hendelsen.

8.2 Bekjempelse og redning

Operatør1 og Operatør2 iverksatte øyeblikkelig livreddende tiltak under hendelsen. Innsatsleder ankom skadestedet med to røykdykkere om lag 5 minutter etter varsling. Røykdykker1 og Røykdykker2 to gikk øyeblikkelig i innsats og klatret opp på H₂S-reaktoren. Røykdykkerne jobbet med å sikre frie luftveier og gi oksygen til den skadde.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Det ble, både fra kontrollrommet og på skadestedet, vurdert ulike løsninger for å få den skadde ned fra H₂S-reaktoren. Det ble besluttet å skaffe løfteredskap for å løfte Utplasseringselev2 ned fra H₂S-reaktoren. Innsatsleder og Operatør1 gikk til mekanisk verksted og hentet lastebil med kran.

Innsatsleder, Operatør1 og Operatør2 fikk festet båren, og Operatør1 heiste denne opp med kranen på lastebilen. Røykdykker2 gikk på samme tid tom for pusteluft. Han gikk ned fra reaktoren og kjørte til brannstasjonen med beredskapsbilen.

Røykdykker2 ankom vannrenseanlegget igjen i brannbilen sammen med Røykdykker3 og Røykdykker4. Røykdykker1 var tom for pusteluft og gikk ned fra H₂S-reaktoren. Den skadde ble da sikret med et tau til rekkverket oppe på reaktoren.

Klokken 16:26 ankom Øygarden Brannvesen vannrenseanlegget. Samtidig gikk Operatør2 opp igjen på H₂S-reaktoren med medisinsk oksygen. Noen minutter etter gikk Røykdykker3 opp på H₂S-reaktoren alene og på eget initiativ. Røykdykker3 delte luft med Operatør2 (buddy maske) på toppen av reaktoren. På samme tid ble båren heist opp til nivå med toppen av reaktoren med lastebilkranen.

Røykdykker4 ble av Innsatsleder bedt om å ta hånd om Lærling og Utplasseringselev1.

Klokken 16:34 ankom to ambulanser til renseanlegget. Omlag 16:35 gikk tre røykdykkere fra brannvesenet opp på reaktoren. Operatør2 gikk da ned fra reaktoren og ble tatt hånd om av sykepleier. På samme tid landet luftambulansen på anvist sted ved vannrenseanlegget. Om lag fem minutter etterpå gikk Røykdykker3 tom for luft, og gikk ned fra H₂S-reaktoren.

8.3 Evakuering

Klokken 16:46 var den skadde sikret på båren og ble heist ned fra reaktoren. Mobilkranbilen var ikke sertifisert for en slik løfteoperasjon. To minutter etterpå var båren på bakken og den skadde ble tatt hånd om av helsepersonell. Klokken 16:53 rapporterte innsatsleder om god kontroll.

Evakuering av anlegg var ikke en del av hendelsen.

8.4 Normalisering

Skadde ble ivaretatt av offentlig helsepersonell, bedriftshelsetjeneste og personal. Involvert beredskapspersonell ble debriefet og demobilisert i henhold til prosedyre.

8.5 Vurdering

Det er granskingsgruppen sin vurdering at varsling av 1. linje, 2. linje og AMK fungerte som forutsatt. En kunne med fordel ha mobilisert alle tilgjengelige røykdykkere tidlig i hendelsesforløpet, for så å nedskalere innsatsen etter hvert. Flere har i intervju gitt uttrykk for at de er overrasket over at Statoil ikke varslet pårørende om hendelsen. Varsling av pårørende ble utført som beskrevet og i henhold til krav gitt i beredskapsplanen App J, **Ref. /12/**. Granskingsgruppen ser også at det er registrert en Synergisak nummer 1488581. Her etterlyses varsling av personell inne på anlegget i forbindelse med hendelsen.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Dette og noen andre skift på Sture har organisert beredskapen slik at koordinator skal ivareta både rollen som innsatsleder og røykdykkerleder på skadestedet. Det er granskingsgruppen sin mening at disse to rollene vanskelig lar seg kombinere. Under bekjempelse av hendelsen 12.10.2016 førte dette til:

- Det manglet røykdykkerleder ved skadested under hendelsen. Røykdykkerleder skal oppholde seg ved basepunktet og holdt kontakt med røykdykkerlaget, samt holde innsatsleder oppdatert. Under hendelsen gikk røykdykkere i innsats på eget initiativ. De gikk tomme for luft uten at det kom inn erstatte, og var i innsats på reaktortoppen alene. Det manglet avløsning for røykdykkere på tross av at kompetansen var tilgjengelig på anlegget under hendelsen.
- Skadested ble ikke sperret av
- Det ble ikke opprettet en samleplass for skadde. Dette førte til at en ikke hadde kontroll over skadd personell slik at også de tok del i bekjempelsen av hendelsen. Operatør 1 kjørte lastebilkranen som fraktet båren med den skadde ned fra reaktortoppen. Operatør 2 utsatte seg for livsfare for å sikre livreddende førstehjelp til Utplasseringselev2. Først da de fem personene, som ble eksponert for H₂S-gass, ble behandlet av ambulanspersonell ble det fulle omfanget av hendelsen forstått.
- Brannbilen ble ikke kjørt ut umiddelbart. I bilen hadde en ekstra pusteluftsutstyr tilgjengelig. Båren som er tenkt brukt for å frakte personell ned fra høyden var i brannstasjonen. Denne ble ikke brukt.
- Innsatsleder manglet vest og var dermed vanskelig å identifisere for eksterne. I en periode forlot innsatsleder skadestedet for å hente lastebilen med kran. Det var på samme tid røykdykkere i innsats.

For å sikre god kommunikasjon og forståelse av roller er det viktig med felles begrepsbruk. Det har blitt introdusert engelsk terminologi for roller som ser ut til å ha skapt forvirring i beredskapsorganisasjonen. Rollen som On scene commander/innsatsleder har mer tåkelagt enn avklart roller og ansvar i beredskapssituasjonen.

I dag er det kun krav til egenevaluering av beredskapsøvelser. Dette har ført til at skiftene på Sture har innarbeidet ulike måter å utøve beredskapsrollene på.

Granskingsgruppens inntrykk er at svakheter i organisering og evaluering av beredskap forårsaket at beredskapen ikke fungerte optimalt under hendelsen.

9 Arbeidsprosesser, krav og barrierer

9.1 Arbeidsprosesser, krav og retningslinjer

Kritiske oppgaver som bidro til hendelsen relateres i dette kapittelet til arbeidsprosesser i styringssystemet og andre relevante krav. Både avvik fra kravene og utilstrekkelige krav/ prosesser adresseres. Aktuelle krav er beskrevet i **Tabell 9-1**. Avvik er definert i henhold til ARIS som mangel på oppfyllelse av spesifiserte krav.

Tabell 9-1 Status arbeidsprosesser og krav

Nr	Arbeidsprosess/ krav	Referanse til krav/ informasjonselement	Status	Årsaker
	GL0387 WEHRA – Working Environment Health Risk Assessment, Ref. /21/	<p>GL0387 beskriver oppfølging av tiltak på følgende måte:</p> <p>6.1 Implement actions The Risk owner is responsible for implementation of the measures.</p> <p>6.2 Verification The risk owner should verify that the mitigating measures have been implemented within the agreed time limit.</p> <p>The risk owner should verify that the measures have reduced the risks to acceptable levels. HWE personnel should assist the risk owner in assessing the effects if necessary</p>	<p>Avvik WEHRA Område 38 Vannrenseanlegget, datert 03.09.2015 har identifisert flere tiltak relatert til fare for eksponering mot H₂S og arbeidsoperasjoner relatert til H₂S-reaktor.</p> <p>Granskningsgruppen konstaterer at tiltak 1 ble lukket etter at skilt ble montert i oppganger til de åpne bassengene i renseanlegget. Etterlevelse med tanke på bruk av personlig H₂S-måler, åndedrettsvern og fluktmasker var varierende</p>	Årsaker til dette er beskrevet i kapittel 7.5
	OM201.05.01 - Overvåking av anlegg i drift - Mid & downstream	<p><u>R-107452 - Overvåking i henhold til driftskrav og instruksjer - Mid & downstream</u></p> <p>Det er påkrevd at overvåking utføres i henhold til driftskrav som beskrevet i anleggets system- og driftsdokumentasjon (SO) og i driftsinstruksene.</p> <p>Overvåking skal dokumenteres i relevant logg(er), og signeres. Loggen(e) skal skrives på en slik måte at loggen(e) er selvforklarende og kan brukes til rekonstruksjon av hendelser.</p>	<p>Avvik Det er etablert SO-dokumentasjon for System 44 Behandling av oljeholdig vann: SO03441-Opr System 44 - Behandling av oljeholdig vann (Final Ver 4, gyldig fra 2016-09-28): Operasjonsdokumentet beskriver ikke arbeidsoperasjon for blåsing med luft i H₂S-reaktor</p>	Årsaker til dette er beskrevet i kapittel 7.4

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Nr	Arbeidsprosess/ krav	Referanse til krav/ informasjonselement	Status	Årsaker
	OM204.04.02 - Gjennomføre skiftavløsning - Mid & downstream	<u>R-109940 - Skrive skiftlogg - Mid & downstream</u> Det skal skrives skiftlogg som inneholder aktiviteter og hendelser som har skjedd i løpet av skiftet. Dette skal gjenspeiles i følgende punkt: <ul style="list-style-type: none"> • HMS • Operasjonelle endringer, hendelser og aktiviteter • Produksjonsoptimalisering (avvik, årsak og tiltak) • Utstyr ute av drift • 	<u>Avvik</u> Granskningsgruppen mener at det har vært mangelfull rapportering av aktivitet. Det ble målt høye H ₂ S-konsentrasjoner på toppen av H ₂ S-reaktor på formiddagsskiftet. Dette ble ikke kommunisert til ettermiddagsskiftet muntlig eller i skiftloggen	Årsaker til dette er beskrevet i kapittel 7.4
	TR 3002 Flare, vent and drain, Ref. /22/	<u>Kap. 3.3 Atmospheric vent outlet:</u> The atmospheric vent shall terminate at a safe location, i.e. away from personnel, equipment air intakes and sources of ignition. Dispersion analyses shall be performed for relevant hazardous streams (flammable, substance hazardous to health) from the atmospheric vent system. Flammable concentration shall be kept	<u>Kommentar:</u> TR'er har ikke tilbakevirkende kraft. TR gjaldt ikke for Hydro når H ₂ S-reaktor ble bygd. I denne perioden var API 520/521 den mest anerkjente og benyttede spesifikasjonen innen prosessikkerhet. Norske myndigheter (DBE i 1994) refererte til disse dokumentenesom har tilsvarende krav	Årsaker til dette er beskrevet i kapittel 7.5
	OM204.06.07 – Etabler og utfør korrigerende tiltak - Mid & downstream	<u>R-107980 – Lukke funn og tilhørende tiltak – Mid & Downstream</u> Når tiltaket er gjennomført, lukkes dette i de systemer som er relevante. Funn fra TTS-verifikasjoner kan lukkes når: <ul style="list-style-type: none"> • Alle tilhørende tiltak er faktisk utført, dokumentert og verifisert • ALARP-vurdering gjennomført, ref. R-107571 - Behandling av karaktersatte TTS-funn - Mid & downstream • Permanent unntak er godkjent Det skal alltid dokumenteres hva som er gjort for å lukke funnet.....	<u>Avvik</u> Granskingsgruppen mener at mangelfull risikovurdering under lukking av funn fra TTS, WEHRA og TRA bidro til svak oppfølging av barrierenes tilstand	Årsaker til dette er beskrevet i kapittel 7.5

9.2 Barrierer

En barriere er definert som en teknisk eller organisatorisk foranstaltning som kunne ha stanset hendelsesforløpet eller begrenset omfanget av hendelsen. Styringsforskriften § 5 stiller krav til at det skal etableres barrierer som reduserer sannsynligheten for at feil og ulykkessituasjoner utvikler seg, samt begrenser mulige skader og ulemper. Det skal være etablert krav til ytelse for de tekniske, operasjonelle og organisatoriske elementene som er nødvendige for at den enkelte barrieren skal være effektiv. Ytelseskravene skal være etterprøvbare. Barrieresvikt kan skyldes enten brutte, svake eller manglende barrierer.

I barriereanalysen inkluderes relevante risikoreduserende foranstaltninger, som er eller burde vært planlagt med ytelseskrav og oppfølging.

Brutte/Svake barrierer er barrierer som skulle/kunne ha stanset eller begrenset hendelsen dersom barrieren hadde fungert fullt ut. Det vil si at dersom svikt i barrieren ikke hadde inntruffet, så ville sannsynligvis heller ikke hendelsen eller konsekvensene ha skjedd.

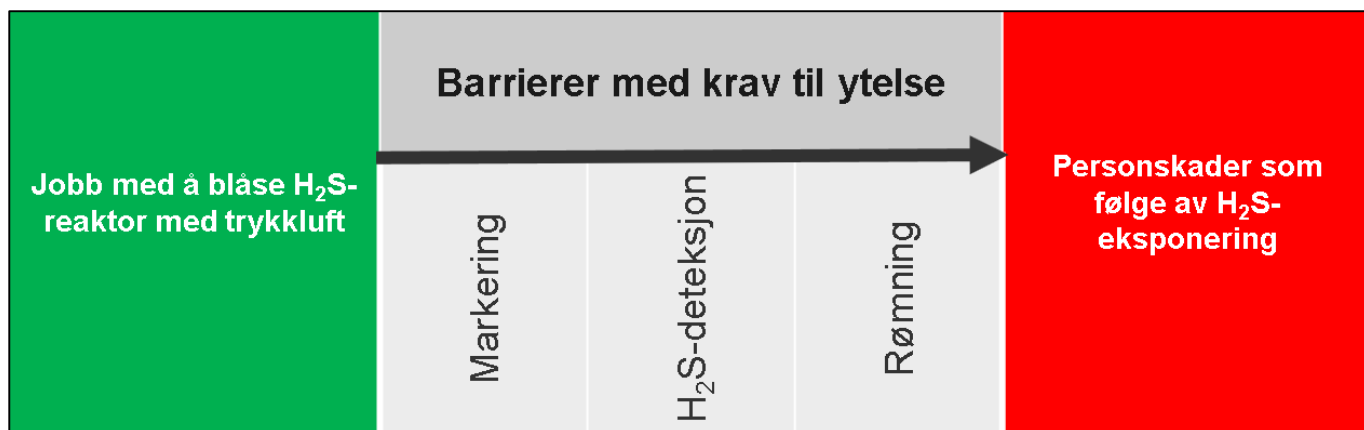
Manglende barrierer er barrierer som ikke var etablert, men som kunne ha stanset eller begrenset hendelsen om de hadde vært tilstede.

Intakte barrierer er barrierer som virket som forutsatt og som dermed stoppet eller begrenset omfanget av hendelsen.

I barriereanalysen har granskingsgruppen valgt å skille mellom barrierer som det er knyttet ytelseskrav til og andre risikoreduserende aktiviteter.

I vurderingen av barrierene har granskingsgruppen tatt utgangspunkt i ståstedet til operatørene som gikk ut for å blåse H₂S-reaktoren med trykkluft. Granskingsgruppen har sett på hvilke barrierer som kunne ha stanset eller begrenset hendelsen. Det er gjort en vurdering av barrierene som skal beskytte personell fra å bli eksponert for H₂S i tilfeller der driften av H₂S-reaktoren ikke er stabil. Da vannrenseanlegget i stor grad er et manuelt anlegg vil det ikke alltid være mulig å identifisere driftsforstyrrelser før en er inne i anlegget.

Figur 8-1 viser de barrierene granskingsgruppen mener burde vært etablert for å hindre at oppgaven med å blåse H₂S-reaktoren med trykkluft utviklet seg slik at personell ble eksponert for høye konsentrasjoner av H₂S. Årsaksanalysen i **kapittel 7.5** viser årsaker til at det var barrierer som manglet.



Figur 9-1 Oversikt over identifiserte barrierer med ytelseskrav

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Markering av område som krever aktsomhet

I tilfeller der H₂S-reaktoren har irregulær drift eller stanses på grunn av driftsforstyrrelser vil det kunne oppstå konsentrasjoner av H₂S over administrativ norm på og rundt reaktoren. I arbeidsprosessen «OM205.11.03.01 - Markere område som krever aktsomhet - Mid & downstream, R-109101-Markering» er det satt krav til at slike områder skal markeres for å unngå at personer eller materiell skades fordi en ikke er klar over faremomenter. H₂S-reaktoren var ikke markert som beskrevet i «R-108772-Kode for markering». På Mongstad og Kalundborg har en i tillegg valgt å merke områdene med skilt som opplyser om at du er på vei inn i et område med fare for H₂S, samt opplyser om krav til bruk av personbåren H₂S-måler, åndedrettsvern og fluktmaske.

Manglende barriere: H₂S-reaktoren var ikke markert på en slik måte at operatørene ble gjort oppmerksom på faren for H₂S-gass. Årsaker til dette er beskrevet i **kapittel 7.5**.

Deteksjon av H₂S

Det har historisk vært fire H₂S-detektorer i drift i vannrenseanlegget. Granskingsgruppen har funnet informasjon som tyder på at to av disse detektorene var sikkerhetskritiske.

Funn fra TTS og WEHRA ble lukket i 2015 med bruk av bærbar H₂S-måler som kompenserende tiltak. Granskingen har vist at det ikke ble brukt bærbar H₂S-måler, samt at rutinene for bruk av H₂S-måler var varierende.

Manglende barriere: Det var ikke installert fast H₂S-deteksjon og bærbare H₂S-målere ble ikke brukt. Høye konsentrasjoner av H₂S-gass ble derfor ikke detektert. Årsaker til dette er beskrevet i **kapittel 7.5**.

Rømning

Det er beskrevet i «Sture og Kollsnes Personlig HMS-håndbok for Statoils landanlegg, GL4100» samt i lokale retningslinjer for Mongstad og Kalundborg at fluktmaske alltid skal tas med i høyden og ved trang og vanskelig tilkomst i områder hvor høye konsentrasjoner av H₂S kan forekomme. Fluktmasker gjør det mulig å rømme dersom personell går inn i et område med H₂S-gass, eller det oppstår en lekkasje under arbeidet.

Manglende barriere: Det var ikke vanlig å ha med seg fluktmaske ved opphold på reaktoren og fluktmaske ble heller ikke benyttet onsdag 12.10.2016. Dette kunne ha gjort det lettere for laget å evakuere fra H₂S-gassen på reaktortoppen. Årsaker til dette er beskrevet i **kapittel 7.5**.

10 Ledelse og styring

I vurderingen av ledelse og styring har granskingsgruppen valgt å ta utgangspunkt i relevante grunnleggende krav gitt i FR10 «Sikkerhet og sikring», **Ref. /24/**:

Relevante grunnleggende krav:

- 1. Risiko knyttet til sikkerhet, helse, arbeidsmiljø og sikring skal identifiseres, og kostnadseffektive tiltak skal gjennomføres for å redusere risiko til akseptabelt nivå**

Granskingsgruppen har inntrykk av at det i Statoil har blitt jobbet reaktivt når det gjelder operasjonell håndtering av kjemikalier og giftige gasser som foreligger eller oppstår i prosesstrømmer i anleggene. Eksempler på dette er retningslinjer på Mongstad og Kalundborg, som ble etablert med bakgrunn i erfaringer og hendelser. På Sture ble ikke risiko knyttet til H₂S-reaktoren identifisert i designfasen. Anbefalinger gitt i verifikasjoner (TTS, WEHRA, TRA) knyttet til kompetanse og barrierestyring, ble ikke fulgt opp på en slik måte at risikoen ble redusert.

- 4. Aktiv kompetansestyring skal gjennomføres for å etablere riktig kompetanse innen sikkerhet og sikring**

Kompetansestyring handler om istandsetting gjennom informasjon og opplysning, opplæring, trening, samt nødvendig tid og ressurser til å utføre oppgaver.

- Renseanlegget var utilstrekkelig markert og ga ingen informasjon om faremomentene knyttet til H₂S
- Informasjon og beskrivelse av forholdsregler knyttet til H₂S på Sture er begrenset og tvetydig i forhold til Statoils krav
- Granskingen har vist varierende bruk av C&L i forkant av arbeidsoperasjoner for å håndtere risikoen. Det har i intervju blitt uttalt: «Synes alle operasjoner bør diskuteres på forhånd. I plenum selv om det kan ta litt tid. Dele erfaringer. Det er veldig mange nye mennesker på Sture».
- Granskingsarbeidet har vist mangelfull informasjonsutveksling i skiftoverlevering og bruk av skiftlogg
- Det er granskingsgruppen sitt inntrykk at en på Sture i stor grad er avhengig av kompetansen og erfaringen til personell som har vært på terminalen lenge for å drive sikkert og effektivt. Historiske mangler i teknisk dokumentasjon, systembeskrivelser og opplæringsmateriell gjør det vanskelig for nytt personell å tilegne seg kunnskap selvstendig. Dette krever gode rollemodeller i skiftorganisasjonen.

- 8. Tekniske- og ikke-tekniske barrierer skal identifiseres og barrierestyring skal være på plass**

Barrierene, markering, deteksjon og rømning, beskrevet i **kapittel 9.2** vil i stor grad kreve kompetanse og etterlevelse blant operatørene for at de skal fungere ved behov. Hendelsen har vist at markering av området ikke var på plass. Anbefalinger om fast H₂S-deteksjon ble lukket med bruk av personlig H₂S-måler og åndedrettsvern som kompensierende tiltak.

Granskingsgruppen mener at mangelfull oppfølging av barrierenes tilstand førte til at barrierer som markering, installasjon av fast H₂S-deteksjon og bruk av bærbare H₂S-målere, samt bruk av åndedrettsvern og fluktmasker enten ikke ble implementert eller fulgt opp.

9. Alle usikre operasjoner og aktiviteter skal stoppes

Hendelsen har vist at skiftet ikke var tilstrekkelig bemannet for å drive anlegget sikkert, ivareta opplæringsansvaret, samt ivareta beredskapsoppgaver.

10. Beredskapsplaner, utstyr og personell skal være på plass og forberedt. Redning av liv skal ha høyeste prioritet

Onsdag 12.10.2016 var ikke grunnbemanningen for å dekke alle beredskapsrollene på Sture på plass, da alt involvert personell ikke var klar over at de hadde beredskapsoppgaver denne dagen. Granskingen har vist ulik praksis mellom skiftene i måten beredskapen organiseres i øvelser. På dette og noen andre skift ivaretar koordinator både rollen som innsatsleder og røykdykkerleder på skadestedet. Den 12.10.2016 førte dette til at en først fikk oversikt over antall skadde et stykke ut i hendelsesforløpet og at røykdykkere gikk i innsats på eget initiativ og alene. Mangelen på uniformitet knyttet til beredskapsroller og struktur representerer en betydelig risiko ved akutt behov for bruk av personell på tvers av skiftene.

GL0282, Guidelines for risk and emergency preparedness analysis, **Ref. /10/** setter krav til at det skal utarbeides en beredskapsplan dersom det kan oppstå hendelser knyttet til ulykker, skader eller nødssituasjoner på grunn av farlige kjemikalier. Det skal i tillegg foretas jevnlig øvelser i henhold til beredskapsplanen. Beredskapsplanen på Sture **Ref. /12/** dekker ikke ulykker, skader eller nødssituasjoner på grunn av farlige kjemikalier i vannrenseanlegget.

Det er granskingsgruppen sin oppfatning at en på Sture og Kollsnes ikke har klart å styre risiko knyttet til H₂S-eksponering av personell i henhold til forventningene og intensjonene gitt i kravene over. Mangler i styringen av beredskap bekrefter dette inntrykket. Flere av årsakene til hendelsen og svakheter knyttet til beredskap er forhold som har vært kjent i organisasjonen over tid. Granskingsarbeidet har vist manglende styring av risiko innen flere områder og på ulike nivå i organisasjonen.

Noen av intervjuobjektene viste til mulige sammenhenger mellom organisasjonsendringer og effektiviseringsarbeid, og årsaker til hendelsen. Det ble her vist til at det aktuelle skiftet var underbemannet i forhold til oppgavemengden samt til mangelfull risikovurdering under lukking av funn fra verifikasjoner. Granskingsarbeidet kan ikke bekrefte eller påvise at det finnes slike sammenhenger, da det vil kreve en grundigere og bredere gjennomgang.

Granskingsgruppen ønsker å minne om at det ligger i granskingsarbeidets natur at man undersøker dypt, men smalt. Innenfor tiden granskingsgruppen har fått tildelt har det ikke vært mulig å undersøke hvordan kjemisk helserisiko er behandlet på andre anlegg enn vannrenseanlegget på Sture.

11 Tilsvarende hendelser

Granskingsgruppen har gjennomført søk i selskapets hendelsesdatabase Synergi for å identifisere tilsvarende hendelser og årsaksforhold i Statoil. I tillegg til mulig manglende registrering kan det være registreringer som ikke ble fanget opp med de søkekriteriene som ble benyttet.

Følgende søkekriterier er benyttet:

- «H₂S» i perioden 2006 – 2016 (Røde og gule hendelser)
- «H₂S reaktor» i perioden 2006 - 2016
- «Gasseksponering» i perioden 2006 - 2016
- «Renseanlegg/ R38» i perioden 2006 - 2016
- «Giftig gass» i perioden 2006 - 2016
- Sture hendelser i perioden 2010 - 2016

I Statoil er det fra 2006 – 2016 registrert 87 røde og gule (stor/middels risiko) hendelser som omhandler H₂S.

Det er registrert 5 uønskede hendelser som omhandler ulike giftige gasser på Stureterminalen de siste 10 årene, inkludert hendelsen som granskes. Hendelsene omhandler H₂S, ammoniakkhåndtering, kloroform og sjenerende lukt. De utvalgte hendelsene belyser at det har vært kunnskap om tilstedeværelse av H₂S, risiko forbundet med dette og barrierer for å hindre H₂S-forgiftning på Stureanlegget.

Tabell 11-1 Tilsvarende hendelser

Synergi nr. / Dato	Driftssted	Tittel	Sak/ Likhetsstrekk med aktuell hendelse
1479470/ 11.7.2016	Sture/H ₂ S reaktor rense- anlegg	Sløsing med Nutriox	<p>Vi oppdaget at nutrioxpumpen gikk når H₂S reaktoren var utestengt. Sjekket opp i det og ser at pumpen har gått siden 1.juli i modus 3 (15 min drift og 20 min stopp). Nivået var da 99,9% på tanken. Ser i dag at det er gått ned til 86,6%. Kan ikke se at H₂S reaktoren har vært satt i drift i denne perioden. Ser da ut som at vi har sløst vekk 13,3 % av tanken ...</p> <p>1 tiltak: Stoppet pumpe. Sendt ut mail til Skiftledere for gjennomgang på skift.</p> <p>Likhetsstrekk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manglende kompetanse på drift av renseanlegg

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Synergi nr. / Dato	Driftssted	Tittel	Sak/ Likhetsstrekk med aktuell hendelse
1437117/ 10.4.2015	Sture/R38	Lav bemanning på laboratoriet medfører ulempe for drift	<p>På grunn av kritisk lav bemanning grunnet sykefravær er det ikke mulig å kjøre vannrenseanlegget da kjøring forårsaker ekstra belastning med prøvetaking. Det er høyt nivå i ballastlageret og vi har i lang tid hatt utfordrende bemanningssituasjon på laboratoriet som gjør at vannrenseanlegget ikke kan startes. Per nå er det ca. 114 000 m³ i nivå på kavernen, deriblant i underkant av 10 000 m³ med olje. Denne oljen burde vært tatt ut av kavernen for å forhindre ytterligere utvikling av giftig H₂S gass. Det er kun mulig å ta ut oljen når man har kjørt ballastkavernen tom for vann. Vi går nå inn i sommermånedene med mindre vind som gjør det utfordrende å kjøre vannrenseanlegget uten sjenanse for omkringliggende naboer.</p> <p>1 tiltak: Robustgjøre bemanning på laboratoriet.</p> <p>Likhetsstrekk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utvikling av H₂S gass - Lav bemanning
1355316 / 17.04.2013	Sture/ R38	H ₂ S problematikk rundt renseanlegg.	<p>Området rundt vannrenseanlegget ble sperret. Ytre del med gul/svart sperring og oppganger blant annet rundt H₂S reaktor med rød/hvit sperring og krav til arbeidstillatelse. Ved gul svart sperring var det krav til personlig gassmåler og maske.</p> <p>6 tiltak: Sperre av renseanlegg, informere skift, laboratorium og kontraktører om bruk av pusteluft dersom en er i tvil om tilstedeværelse av H₂S.</p> <p>Hendelsen viser at det finnes kunnskap i organisasjonen som tilsier bedre barrierestyring og strengere sikkerhetstiltak for vannrenseanlegget.</p> <p>Adresserte områder:</p> <ul style="list-style-type: none"> - H₂S problematikk - Bruk av PVU påpekes - Bruk av AT system for å sikre planlegging og trygg utførelse av arbeidsoperasjoner - Risiko ved å jobbe i vannrenseanlegget er identifisert og barrierer iverksatt (senere fjernet)

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Synergi nr. / Dato	Driftssted	Tittel	Sak/ Likhetsstrekk med aktuell hendelse
1325039/ 14.10.2012	Sture/ R32 Fakkel- header	H ₂ S konsentrasjon i ustabil gassfase.	<p>Vi har målt H₂S verdier på over 100 ppm i ustabil gassfase (Målt på fakkelheader). Det er usikkert hvor mye H₂S det er siden gassmåler går i peak på 100 ppm.</p> <p>Dette ble oppdaget ifm drenering av fakkelheader.</p> <p>Vi har mottatt H₂S vann til ballastlager fra Gullfaks og dette kan være årsaken til denne konsentrasjonen av H₂S.</p> <p>10 tiltak: Gjennomgå/videreformidle HMS melding til ulike enheter.</p> <p>Likhetsstrekk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kompetanse - H₂S problematikk - Produktet ikke tilfredsstillende testet/inspisert - Risikovurdering - Planlegging av arbeid
1174763/ 25.8.2010	Sture	Manglende gassmåling?	<p>Mekanisk assisterte Drift med montering av gasslås i kum, OAK 600. De som monterte gasslåsen måtte stikke hodet ned i kummen for å montere gasslåsen. Det ble ikke utført gassmåling før arbeidet begynte. Det var mye væske i kummen, og utførende kjente gasslukkt. Spørsmålet er, skal det utføres gassmåling før man "stikker hodet ned i kummen». Derfor blir denne hendelsen skrevet.</p> <p>1 tiltak: Gjennomgang med involverte parter, ledere, sykepleier, sikkerhetsleder.</p> <p>1 kommentar: «01.09.2010: Det er helt klart at det skal utføres gassmåling/oksygeninnhold i en kum før en stikker hodet ned. Nesen er et godt detektorsystem, men den kan lammes av f.eks. H₂S. I tillegg tar nesen ikke manglende oksygen. Det er ytterst viktig at utførende forlanger gassmåling og drift pålegger gassmåling i et slikt tilfelle.»</p> <p>Likhetsstrekk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kompetanse - Planlegging av arbeid - Svak løpende risikovurdering - Måler ikke for gass før oppstart av arbeid i felt - Manglende bruk av PVU

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Synergi nr. / Dato	Driftssted	Tittel	Sak/ Likhetsstrekk med aktuell hendelse
1101606/ 7.8.2009	Sture/R38	Nabo klager på sjenerende lukt.	Telefon fra nabo på Sture gard om at det kom sjenerende / kvalmende lukt fra terminalen. Spørsmål om det var giftig gass ble også reist. Likhetsstrekk: <ul style="list-style-type: none">- Luktproblemer fra vannrenseanlegget for oljeholdig vann. Spesielt i stille vær.- Renseanlegg ble stoppet, luktproblem forsvant- H₂S-reaktor ble blåst før oppstart

12 anbefalinger for læring

Anbefalingene som er beskrevet i dette kapittelet er gitt med den hensikt å forebygge at tilsvarende hendelser skjer i fremtiden og bidra til generell forbedring av HMS-nivået. Anbefalingene tar derfor utgangspunkt i årsaksforholdene som har forårsaket hendelsen. Det gjøres oppmerksom på at det kan være andre relevante tiltak enn dem som er anbefalt i denne rapporten.

12.1 Umiddelbare tiltak utført etter hendelsen

Synergi 1487964 ble opprettet dagen etter hendelsen. Her er det ved utgivelse av granskingsrapporten registrert 13 tiltak. Tiltak 1-4, 8-9 og 12 omhandler umiddelbare tiltak knyttet til varsling og håndtering av beredskap, egen organisasjon, pårørende, media og offentligheten.

Før granskingsrapporten ble ferdigstilt ble det formidlet tre forebyggende tiltak fra granskingsgruppen. Organisasjonen på Sture har selv tatt initiativ til tre andre forebyggende tiltak.

Disse tiltakene er oppsummert i **Tabell 12-1**.

Tabell 12-1 Umiddelbare tiltak utført etter hendelsen

Tiltaksbeskrivelse	Kommentar	Status
Umiddelbare anbefalte tiltak formidlet til oppdragsgiver fra granskingsgruppen		
Tiltak 5 i Synergi 1487964: Sørge for at personlige H ₂ S alarmer alltid benyttes ved arbeid / ferdsel i vannrenseanlegget, system 44. Åndedrettsvern med kombinasjonsfilter ABEK1 må medbringes og benyttes ved behov. Se forøvrig WEHRA rapport gjennomført i 2013/14 for område 38, system 44.	Det er bestilt inn 8 ekstra bærbare H ₂ S målere. Det er besluttet at alle områdeoperatører og lærlinger på både Sture og Kollsnes skal ha personlig gassmåler med i felt. Alle skiftledere har bekreftet at skift er informert om at man skal benytte personlig H ₂ S-måler og ha med filtermaske når man arbeider og oppholder seg i vannrenseanlegget.	Utført
Tiltak 6 i Synergi 1487964: Så langt har granskingsgruppen ikke klart å finne at det foreligger en operasjonsbeskrivelse av operasjonen med å sjokke H ₂ S reaktoren med trykkluft. Som et kompenserende tiltak anbefaler granskingsgruppen at det utarbeides SJA for operasjonene: <ul style="list-style-type: none"> • Blåse H₂S reaktor med sjokkluft • Inspisere rist på toppen av reaktor gjennom luke 	SO-dokumentasjon	Under utførelse
Tiltak 7 i Synergi 1487964: Leideren opp til H ₂ S reaktoren bør plomberes og merkes på tilsvarende måte som «absorbere».	Skilt er montert på leder tilsvarende som for absorbere. Skiltet er låst med hengelås.	Utført

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Tiltaksbeskrivelse	Kommentar	Status
Andre tiltak hentet fra Synergi 1487964		
Tiltak 10 i Synergi 1487964: Operativ sikkerhet, kartlegg områder med giftige stoffer på Sture og Kollsnes. Forsterke personsikkerhet ved å kartlegge tilsvarende forhold for både Sture og Kollsnesanlegget for å unngå at en havner i tilsvarende forhold. Herunder benytte informasjon fra TRA, WERA, gjennomgang av stoffkartotek for giftige stoffer og andre relevante analyser. Etter denne kartleggingen settes det egne korrigerende tiltak.	Arbeidsgruppe opprettet. Startet kartlegging	Under utførelse
Tiltak 11 i Synergi 1487964: Synliggjøre eksisterende ARIS prosesser, krav og informasjonselementer	Improvement proposal 9174: Add prosess til fanen OM201-Drift Regarding: OM205.17 - Access to restricted area - Mid & downstream / 1.1 Request RITM0711100 <i>«Prosess er i dag lite synlig for D&V utover som bevege seg rundt på anlegg da det er plassert under 'entring', de fleste betrakter 'entring' som entring av tanker, beholder osv. Når de bevege seg i en område som har 'begrenset tilgang i friluft' tenker de ikke automatisk at det er 'entring'. Ved å inkludere denne prosess under drift ønsker jeg å øker kunnskap til våre medarbeider ang. gjeldende krav.»</i>	Utført
Tiltak 13 i Synergi 1487964: Utarbeid mandat for 'Forsterket personsikkerhet' ved hjelp av MTO barrierer	Mandat er utarbeidet, rapport levert til oppdragsgiver.	Utført

12.2 Læring og anbefalinger

I forbindelse med tiltaksutviklingen har granskingsgruppen tatt utgangspunkt i årsaksanalysen, barrierer og avvik. Læring og forbedringsbehov peker på hva granskingen har vist at bør forbedres eller forsterkes mens tiltakene er granskingsgruppens konkrete forslag til hvordan dette kan realiseres.

For å sikre ledelsesforankring, helhetlig styring og oppfølging av hendelser med høy risiko finner en følgende krav i ARIS SF103-Håndtering av sikkerhet- og sikringshendelse, R-106006 - Styringsgruppe for oppfølging og læring av granskede hendelser. Granskingsgruppen anbefaler at hendelsen følges opp av en egen styringsgruppe.

Tiltakene i **Tabell 12-2** til **Tabell 12-5** er omforent med gransket enhet. Tiltakene ble diskutert på tiltaksmøtet 09.12.2016 på Kollsnes. Her deltok ledergruppen på Sture og Kollsnes, samt granskingsgruppen.

Tabell 12-2 Tiltak knyttet til risikoforståelse og barrierer

Grunnlag for anbefalte tiltak knyttet til risikoforståelse og barrierer			
<p>Granskingen har vist at farepotensialet knyttet til H₂S-reaktoren ikke ble identifisert og dokumentert da reaktoren ble installert i 1994. Risiko er identifisert gjennom WEHRA, TTS og TRA i ettertid, men har ikke blitt fulgt opp på en slik måte at risikoen ble redusert</p> <p>Dette har ført til:</p> <ul style="list-style-type: none"> • manglende barrierer for å beskytte personell mot å bli eksponert for H₂S • mangelfull dokumentasjon på hvordan driftsforstyrrelser skal håndteres • usikkerhet knyttet til drift av H₂S-reaktoren 			
Nr	Læring og forbedringsbehov	Anbefalte tiltak	Målgrupper
1.1	Identifisere risiko knyttet til H ₂ S-reaktoren	<p>Gjennomføre en konstruksjonsgjennomgang av H₂S-reaktoren etterfulgt av en HAZOP. Konstruksjonsgjennomgangen bør som minimum ha fokus på følgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tekniske løsninger for å unngå slamoppbygging under drift (spyling, drenering og vasking) • Dimensjonering, plassering av tankventilering i lys av kapasitet i lufttilførsel og spredningsanalyser • Markering, deteksjon av farlig atmosfære og rømning (vernetiltak, barrierer) • Håndtering av driftsforstyrrelser • Opplæringsmateriell <p>Det må sikres at gjennomgangen utføres med kvalifisert personell</p>	MMP PM S&K
1.2	Sikre at teknisk informasjon knyttet til H ₂ S-reaktoren holder et akseptabelt nivå	Vurdere hvilke tekniske dokumenter knyttet til H ₂ S-reaktoren som må etableres eller oppdateres. Gjennomgangen må gjøres med utgangspunkt i krav gitt i LCI Requirements, TR2381, Ref. /23/ . Som et minimum må Area classification og P&ID oppdateres	MMP PM S&K
1.3	Etablere arbeidsbeskrivelser for håndtering av driftsforstyrrelser knyttet til H ₂ S-reaktoren i SO03441-Opr, Ref. /15/	Oppdatere SO-dokumentasjon SO03441-Opr, kap. 3.4 med arbeidsbeskrivelser for håndtering av driftsforstyrrelser etter gjennomført konstruksjonsgjennomgang og HAZOP	MMP PM S&K
1.4	Etablere robuste barrierer for å unngå at personell blir eksponert for H ₂ S fra reaktoren	Etablere barrierer som markering, deteksjon av H ₂ S og plan for rømning. Det skal også vurderes hvordan barrierene skal følges opp	MMP PM S&K

Tabell 12-3 Tiltak knyttet til styrende dokumentasjon

Grunnlag for anbefalte tiltak knyttet til styrende dokumentasjon			
<p>Gjennomgang av styrende dokumentasjon og annen tilgjengelig informasjon i granskningsarbeidet, har vist at Statoil har tydelige prosesser i forhold til å ivareta oppfølging av kjemikalier til bruk på anleggene. Det er imidlertid granskningsgruppen oppfatning at Statoil ikke er tydelig i forhold til hvor en kan finne krav til risikovurdering og ansvar forbundet med identifikasjon og oppfølging av giftige gasser og kjemiske komponenter i prosesstrømmer (mellomprodukter) i den løpende driften av anleggene. Typiske giftige gasser og gassblandinger kan være H₂S, karbondioksyd (CO₂), svoveldioksyd (SO₂), karbonmonoksyd (CO), ammoniakk (NH₃) og blandinger av disse gassene med hydrokarboner. Tradisjonelt har hovedfokuset vært brennbare gasser og væsker.</p> <p>Det er granskningsgruppens oppfatning at informasjon og beskrivelse av forholdsregler knyttet til H₂S på Sture er begrenset og tvetydig i forhold til Statoils krav. Flere anlegg (Mongstad og Kalundborg) har etablert retningslinjer i form av GL-dokumenter Ref. /2/ og /16/ som beskriver farer og forholdsregler knyttet til H₂S. Det kunne med fordel vært etablert en overordnet felles retningslinje og informasjon om eksponeringsfare og forholdsregler knyttet til H₂S i Statoil.</p>			
Nr	Læring og forbedringsbehov	Anbefalte tiltak	Målgrupper
2.1	Sikre tydelighet i forhold til hvor en finner krav til risikovurdering og ansvar forbundet med identifikasjon og oppfølging av giftige gasser og kjemiske komponenter i prosesstrømmer (mellomprodukter) i den løpende driften av anleggene	Vurdere behov for styringselementer knyttet opp i OM-styringen (Operation and Maintenance) som ivaretar ansvar for systematisk risikovurdering og oppfølging av giftige gasser og komponenter som kan forefinnes i prosesstrømmer i anleggene. Gjøre informasjon og aktuelle retningslinjer for håndtering av giftige gasser og kjemiske komponenter tilgjengelig	MMP, DPN og GBS
2.2	Sikre at det etableres entydig retningslinjer om risiko og forholdsregler knyttet til H ₂ S	Etablere entydig overordnet retningslinjer om H ₂ S samt andre giftige gasser og kjemiske komponenter som kan forefinnes i prosesstrømmer i anleggene	MMP, DPN og GBS

Tabell 12-4 Tiltak knyttet til ledelse og styring

Grunnlag for anbefalte tiltak knyttet til ledelse og styring			
<p>Det er granskingsgruppen sin oppfatning at en på Sture ikke har klart å styre risiko knyttet til H₂S-eksponering av personell i henhold til forventningene og intensjonene gitt i FR10, Ref. /24/. Mangler i styringen av beredskap bekrefter dette inntrykket. Granskingen har vist at flere av årsakene til hendelsen og svakheter knyttet til beredskap er forhold som har vært kjent i organisasjonen over tid. Granskingsarbeidet har vist manglende styring av risiko innen flere områder og på ulike nivå i organisasjonen.</p> <p>Eksempler på dette er:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mangelfull styring av bemanning og kompetanse med tanke på drift og beredskap • Utilstrekkelig informasjonsutveksling ved skiftavløsning og planlegging av arbeid • Svak oppfølging av barrierer for å unngå at personell ble eksponert fra H₂S • Mangelfull risikovurdering under lukking av funn fra TTS, WEHRA og TRA 			
Nr	Læring og forbedringsbehov	Anbefalte tiltak	Målgrupper
3.1	Klargjøre og styrke stedlig ledelse på Sture for å få innarbeidet C&L	Sørge for at organisasjonsstrukturen på Sture og Kollsnes er hensiktsmessig og har kapasitet til å få innarbeidet C&L i organisasjonen	MMP PM S&K / andre anlegg i PM
3.2	Sikre presisjon og kvalitet ved å sørge for at C&L blir godt innarbeidet i hele organisasjonen	Sikre at C&L benyttes for arbeidsoppgaver på alle nivå i organisasjonen: <ul style="list-style-type: none"> • Gjennomføre C&L treninger i samarbeid med Statoil Akademi (påbyggingsdel) • Sørge for å ha gode rollemodeller som etterspør og demonstrerer C&L • Etablere mål for innføring av C&L som kan følges opp og evalueres 	MMP PM S&K / andre anlegg i PM

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Tabell 12-5 Tiltak knyttet til beredskap

Grunnlag for anbefalte tiltak knyttet til beredskap			
<p>I dag er det kun krav til egenevaluering av beredskapsøvelser. Dette har gjort at skiftene har innarbeidet ulike måter å utøve beredskapsrollene på. Beredskapsorganisasjonen 12.10.2016 organiserte seg slik at noen måtte dekke flere roller. Dette førte til at:</p> <ul style="list-style-type: none"> • skadestedet ikke ble sperret av • de skadde ikke ble tatt hånd om før langt ut i forløpet • røykdykkere gikk i innsats på eget initiativ og alene <p>For å sikre god kommunikasjon og forståelse av roller er det viktig med felles begrepsbruk. Det har blitt introdusert engelsk terminologi for roller som ser ut til å ha skapt forvirring i beredskapsorganisasjonen.</p> <p>For å kunne frakte den skadde ned fra toppen av reaktoren måtte beredskapsorganisasjonen improvisere.</p>			
Nr	Læring og forbedringsbehov	Anbefalte tiltak	Målgrupper
4.1	Skiftene må til enhver tid være bemannet for å dekke alle beredskapsroller som er beskrevet i beredskapsplanen. Det må være kjent for alle hvem som innehar de ulike rollene	Avklare og synliggjøre hvilket personell som innehar de ulike beredskapsrollene ved oppstart av hvert skift	MMP PM S&K
4.2	Sørge for at beredskapsplanen er organisert og beskrevet slik at personell er satt i stand til å utøve rollene de innehar. Eksempelvis lar rollene som innsatsleder og røykdykkerleder seg vanskelig kombinere	Beredskapsplanen bør gjennomgås for å sikre: <ul style="list-style-type: none"> • Entydige roller • Røykdykkerleder rollen må beskrives i henhold til «<i>Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver</i>», Ref. /14/ 	MMP PM S&K
4.3	Sikre at skiftene utøver beredskapsroller likt i beredskapsøvelser	For å sikre at rollene utøves likt må en ha større uavhengighet i evaluering av beredskapsfunksjonen. Verifikasjoner bør tas i bruk for å sikre bærekraftig læring på et område med høy risiko	MMP PM S&K
4.4	Vurdere engelsk terminologi for roller, som har skapt forvirring i beredskapsorganisasjonen	Sikre entydig betegnelse på roller både i krav og retningslinjer (unngå å blande norske og engelske begreper, ulike betegnelser på samme funksjon) Sikre at rollene er forstått	MMP PM S&K
4.5	Redning fra høyden er ikke beskrevet i beredskapsanalysen eller inkludert i beredskapsplanen. I løpet av det siste året har en på Stureterminalen ved to anledninger improvisert redning fra høyden	Vurder om det er behov for å inkludere redning fra høyden i beredskapsplanen. Beslutningen må risikovurderes og dokumenteres	MMP PM S&K

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Nr	Læring og forbedringsbehov	Anbefalte tiltak	Målgrupper
4.6	Utslipp av H ₂ S-gass med påfølgende bekjempelse og redning er ikke beskrevet i beredskapsplanen	Vurder om det er behov for å inkludere utslipp av H ₂ S-gass i beredskapsplanen. Beslutningen må risikovurderes og dokumenteres	MMP PM S&K

13 Forkortelser og begreper

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AMK	Akuttmedisinsk kommunikasjonsentral
ARIS	Arbeidsprosessorientert styring I statoil
AT	Arbeidstillatelse
Autonom	Noe som bestemmer over seg selv
C&L	Compliance & Leadership
CAS	Chemical Abstracts Service
DFU	Definerte Fare- og Ulykkessituasjoner
FT	Facilities Technology
FV	Forebyggende vedlikehold
H ₂ S	Hydrogensulfid
HAZOP	Hazard and operability study
HMS	Helse Miljø og Sikkerhet
IDLH	Immediate Dangerous to Life and Health
LEL	Lower explosive limit, nedre eksplosjonsnivå
LPG	Flytende petroleumsgass, på engelsk Liquefied Petroleum Gases
Markering	En fysisk markering som synliggjør objekt eller område. Fargene gult og svart skal brukes som merkekoder
MMP	Marketing Midstream and Processing
MTO	Menneske, teknologi og organisasjon
NAKISA	Datasystem for kompetansestyring
Nutriox [®]	Et produkt fra Yara som bli tilsatt i H ₂ S-reaktoren for å forebygge dannelsen av hydrogensulfid
OEL	Occupational Exposure Limit
OM	Operation and Maintenance
OPS	Oil Production and Process Safety
OPUS	Operatørutsekk
OTS	Operasjonell Tilstand Sikkerhet
PA	Public Address, et lydanlegg til formidling av tale til en større forsamling
PFSO	Port Facility Security Officer
PM	Processing and Manufacturing
ppm	Parts per million (engelsk for deler per million) er en enhet for angivelse av konsentrasjon
PS	Performance Standard
PT	Process Technology
PTSD	Posttraumatisk stresslidelse
QRA	Quantitativ Risk Assesment
R&T	Research and Technology
Røykdykker	Med røykdykking menes: Innsats i tett brannrøyk, vanligvis inne i objekter, for å redde liv, miljø eller materielle verdier Med kjemikaliedykking menes: Innsats i forurenset/giftig område eller område med oksygenmangel, for å redde liv og/eller bekjempe lekkasje. I rapporten er betegnelsen røykdykker valgt, da dette er mest gjenkjennbart for de involverte

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

S&K	Sture og Kollsnes
SAP	Systems Applications and Products
Septik	Kloakk, et begrep på avløpsvann
SFT	Miljødirektoratet (Mdir), tidligere Statens forurensningstilsyn (SFT), var et norsk direktorat underlagt Miljøverndepartementet.
SKR	Sentralt kontrollrom
SST	Safety and Sustainability Technology
TPD	Technology, Projects and Drilling
TRA	Total Risk Assessment
TRK	Teknisk kontrollrom
TSA	Technical Service Agreement
TSP	Technical service provider
TTS	Teknisk Tilstand Sikkerhet
WEHRA	Working Environment Health Risk Assessment

14 Referanser

- /1/ Operasjonell Tilstand Sikkerhet (OTS) Sture Kollsnes April 2015, datert 23.06.2015
- /2/ GL0279 Informasjon om H₂S på Mongstad, versjon. 3.01, gyldig fra 07.11.2016.
- /3/ OMC04 Processing and Manufacturing (MMP PM) - Organisation, management and control versjon. 1.0, gyldig fra 2016-01-05
- /4/ OMC04 Sture og Kollsnes (MMP PM S&K) - Organisasjon, ledelse og styring, versjon 1.0, gyldig fra 2016-01-05
- /5/ OMC04 Marketing, Midstream and processing (MMP) - Organisation, management and control, versjon 1.05, gyldig fra 2016-10-28
- /6/ WR1552, Adgang til og ferdsel på fabrikkområdet, versjon. 2.1, gyldig fra 25.08.2016
- /7/ WR2602, Interaktivt Sikkerhetskurs, HMS24 og LSR (Livreddende Sikkerhetsregler) versjon. 2.4, gyldig fra 05.01.2016
- /8/ Drifts-/vedlikeholdsmanual Renseanlegg for reduksjon av H₂S. Kværner Engineering a.s, miljø Sandefjord rev.0 20.04.94
- /9/ Vedlikeholdsplan for bioreaktor. Notat fra Gunnar Kristiansen 23.02-2012
- /10/ GL0282, Guidelines for risk and emergency preparedness analysis, versjon 2, gyldig fra 17.08.2014
- /11/ QRA TOTAL RISIKOANALYSE STURETERMINALEN, 12-10-DUN-F15-00001
- /12/ WR2668 Beredskapsplan 1.linje MMP PM S&K Stureterminalen og Beredskapsplan 2.linje MMP PM S&K, versjon1.2, gyldig fra 2015-09-09
- /13/ Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven) LOV-2015-06-19-65 fra 01.10.2015
- /14/ TR0926 Working environment, versjon 5, gyldig fra 15.04.2014
- /15/ System 44 – Behandling av oljeholdig vann, SO03441, versjon 2, gyldig fra 29.12.2015
- /16/ GL4171 Håndbog om Svovelbrinte (H₂S), Ammoniak (NH₃) og Svoveldioxid (SO₂) (Gyldig for Kalundborg), versjon 2, gyldig fra 22.01.2014
- /17/ WR9099 Hydrogen Sulfide Contingencies (Gyldig for DPUSA Onshore), versjon 1, gyldig fra 02.11.2016
- /18/ GL4100 Personlig HMS – håndbok for Statoils landanlegg, versjon 6, gyldig fra 22.10.2014
- /19/ Sture crude oil terminal Area classification site plan 12-1C-NL-R00-00-EP-00321 19L, datert 21.12.2015
- /20/ Stureterminalen WEHRA Område R38 Renseanlegget, Synergi 1426219
- /21/ GL0387 WEHRA – Working Environment Health Risk Assessment, versjon 2, gyldig fra 02.02.2016
- /22/ TR3002 Flare, vent and drain, versjon 3, gyldig fra 15.04.2014
- /23/ TR2381 LCI Requirements, versjon 2, gyldig fra 01.06.2012
- /24/ FR10, Sikkerhet og Sikring, versjon 3, gyldig fra 05.01.2016
- /25/ TR3002 Flare, vent and drain, versjon 3, gyldig fra 15.04.2014
- /26/ TR3508 H₂S Contingencies for drilling and well activities, versjon 2.01, gyldig fra 11.06.2015
- /27/ WR2506 Styring av helse og arbeidsmiljørisiko, versjon 1.01, gyldig fra 14.03.2016
- /28/ GL0470 Tetthetstesting av åndedrettsvern, versjon 1, gyldig fra 05.07.2012

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

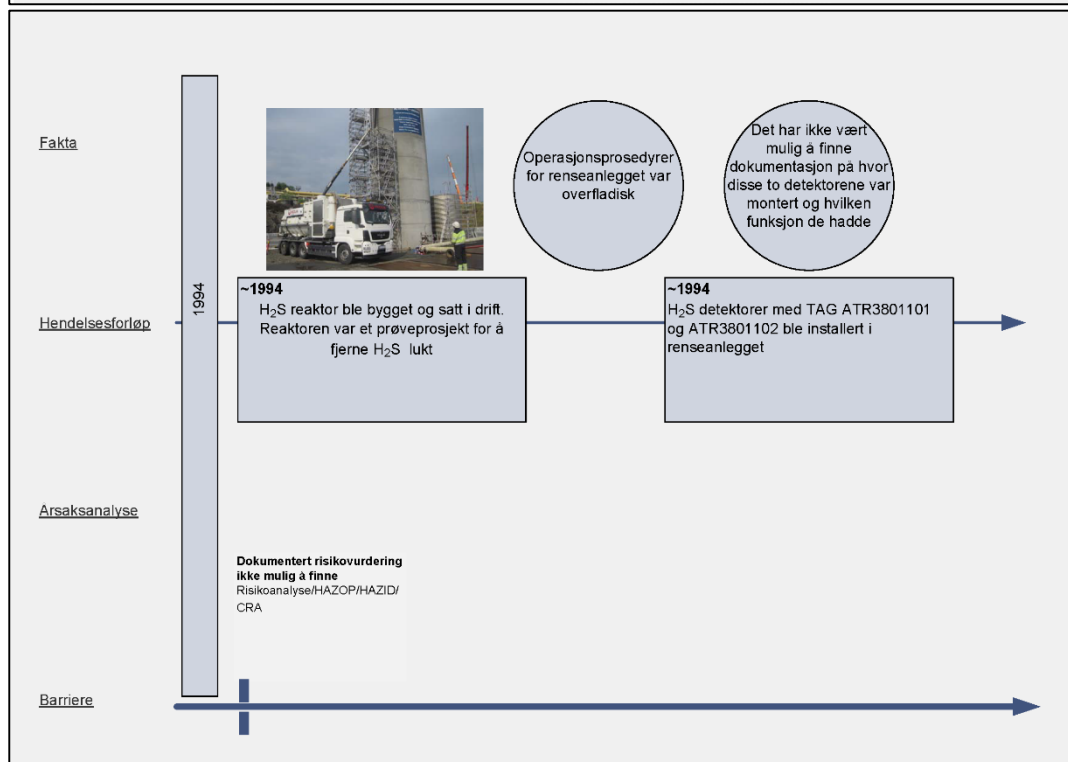
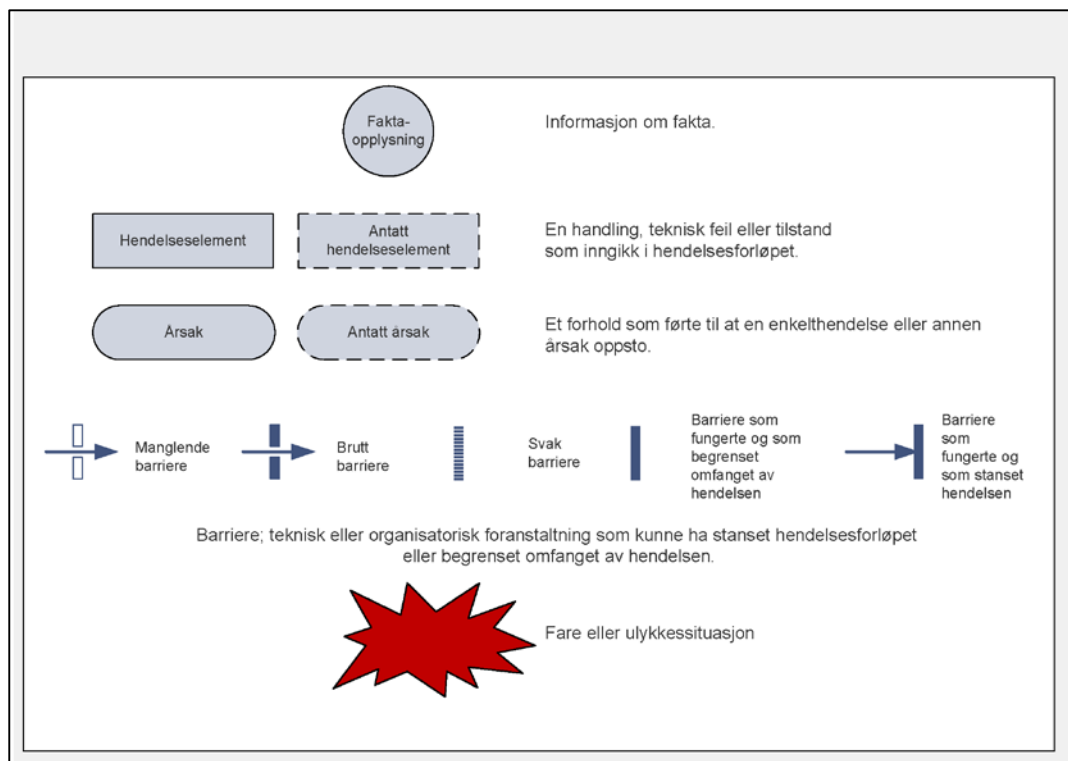
Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

App A Intervjuliste

1	Operatør
2	Operatør
3	Lærling
4	Utplasseringselev
5	Utplasseringselev
6	SKR operatør
7	SKR operatør
8	Koordinator
9	Koordinator
10	Koordinator
11	Koordinator
12	Koordinator
13	Koordinator
14	Koordinator
15	Skiftleder
16	Skiftleder
17	Anleggsingeniør
18	Driftssjef
19	Teknisk systemansvarlig
20	Driftsingeniør
21	Beredskapsleder
22	Beredskapsingeniør
23	Industrivernleder
24	Personal leder
25	Plassjef
26	SSU leder
27	Bedriftslege
28	Tidligere plassjef
29	Teknisk system ansvarlig teknisk sikkerhet
30	Teknisk system ansvarlig teknisk sikkerhet
31	Teknisk system ansvarlig automasjon
32	Rådgiver helse – og arbeidsmiljø

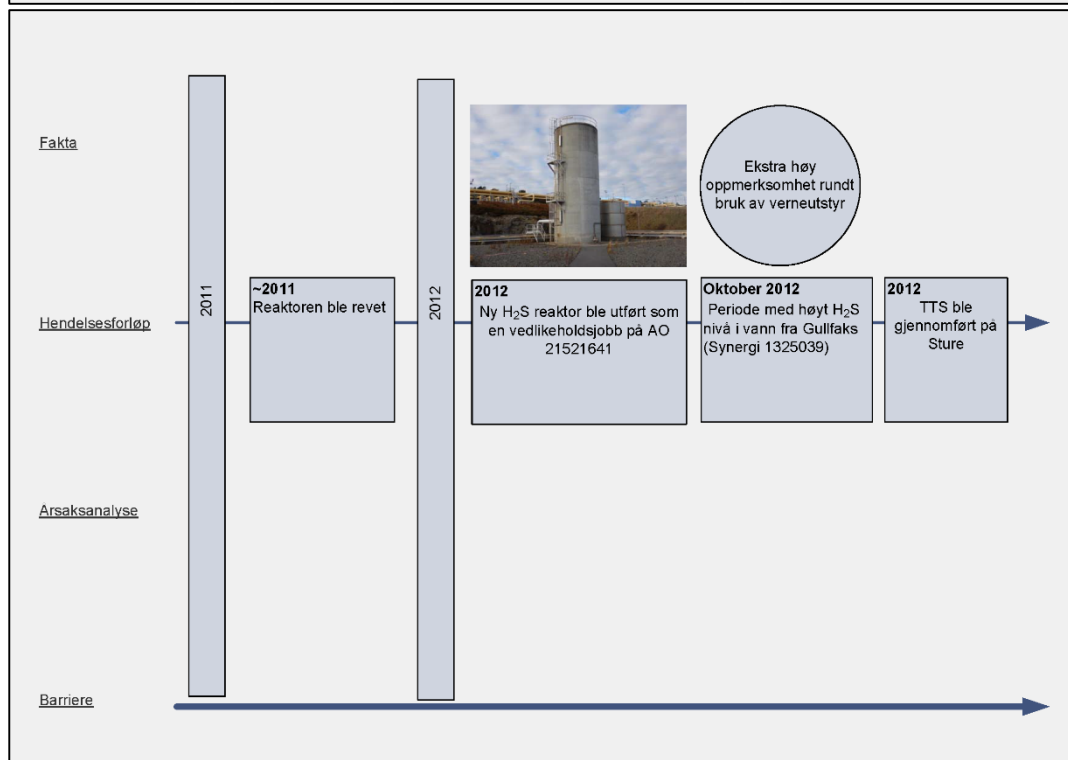
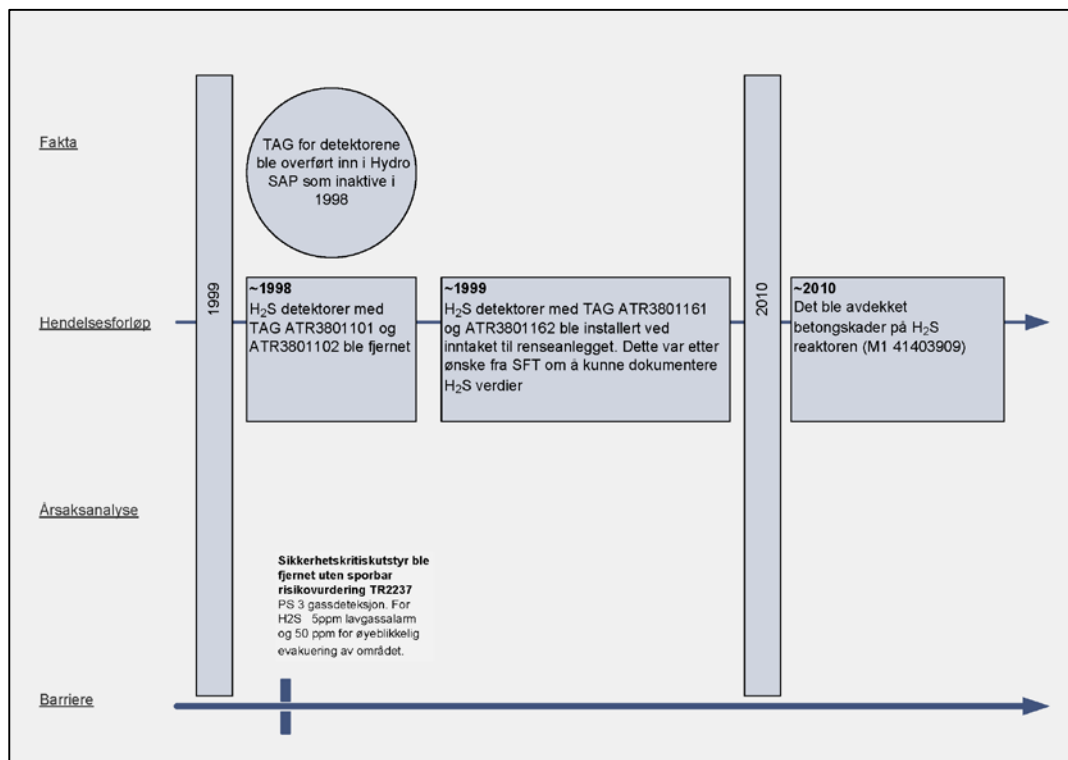
App B MTO



Klassifisering: Intern

Status: Endelig

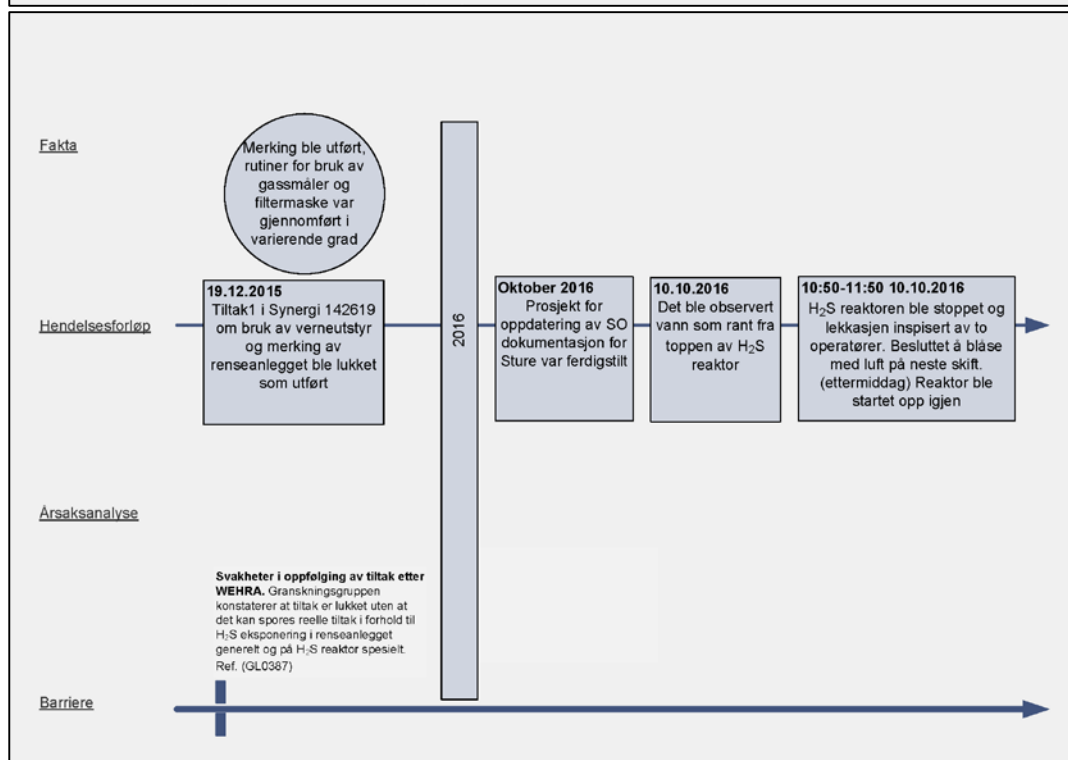
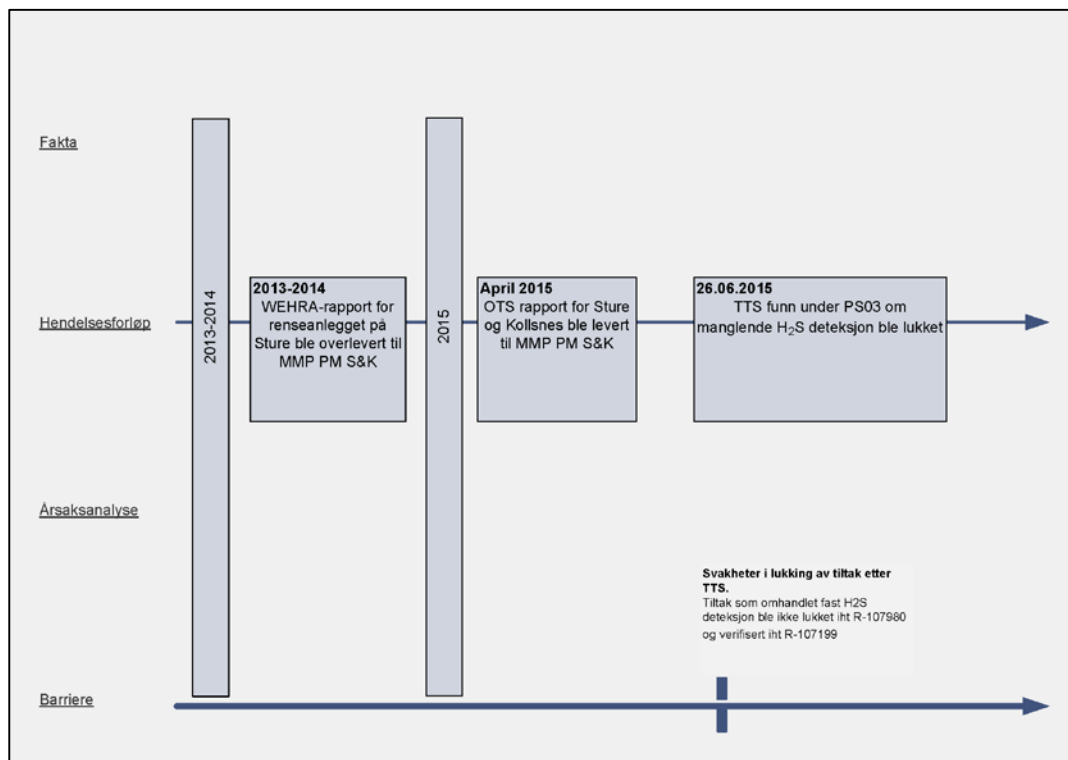
Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


Klassifisering: Intern

Status: Endelig

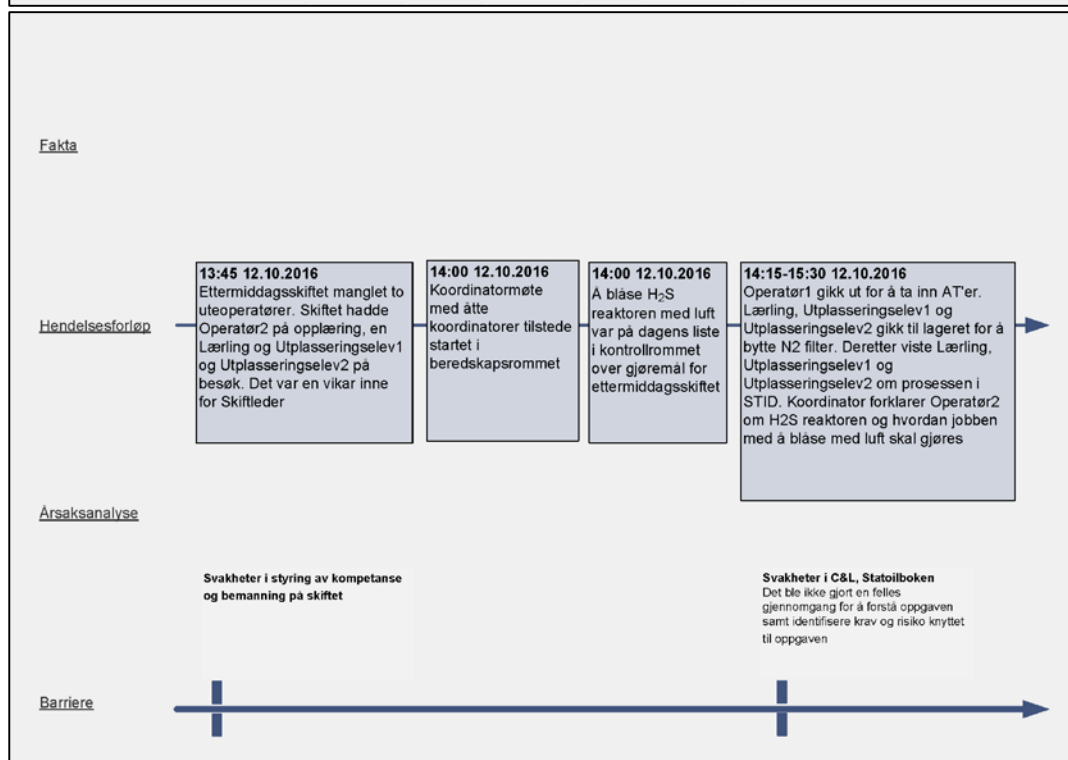
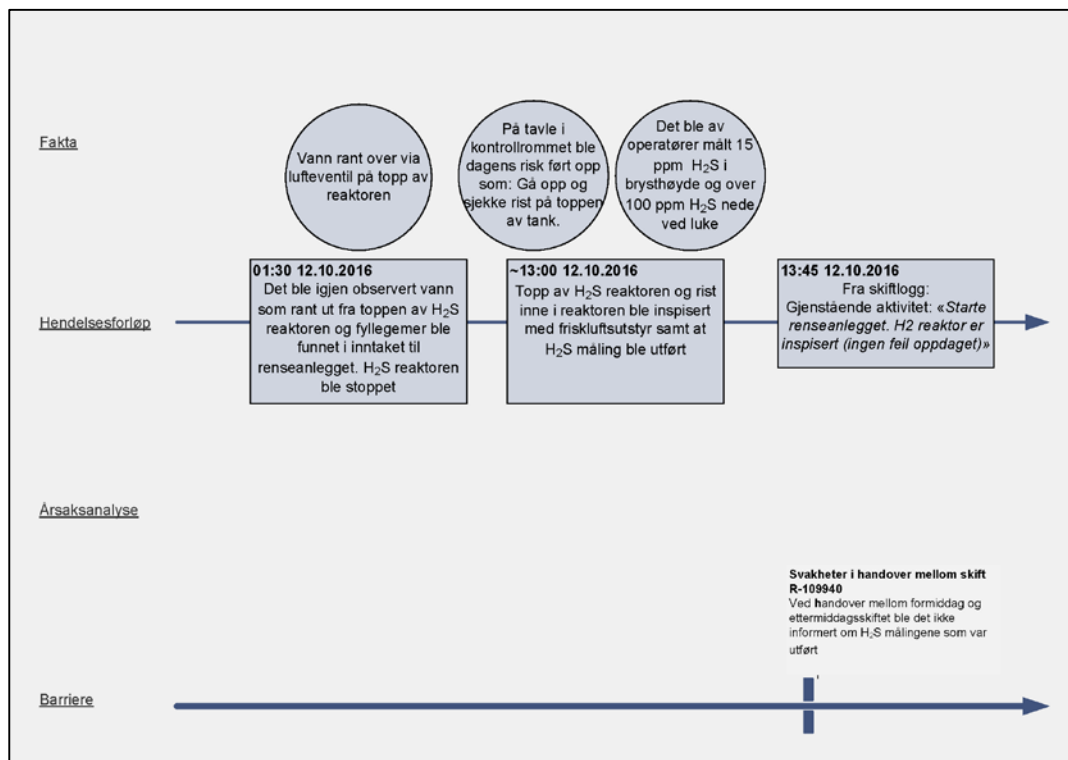
Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


Klassifisering: Intern

Status: Endelig

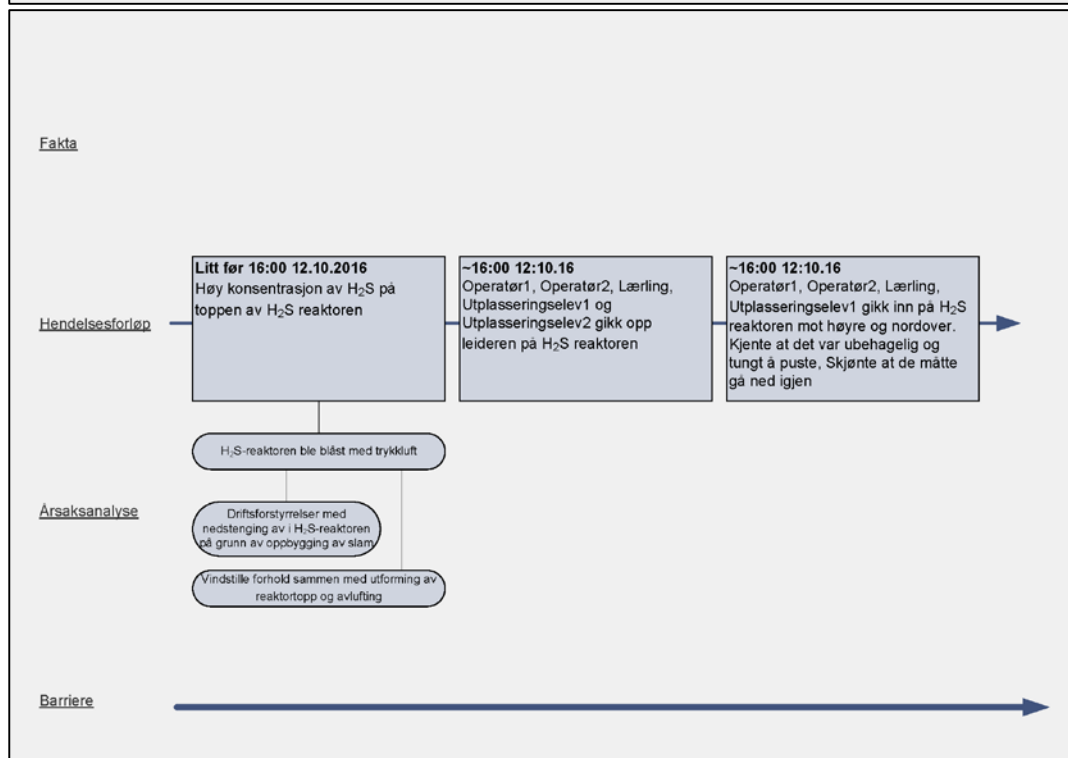
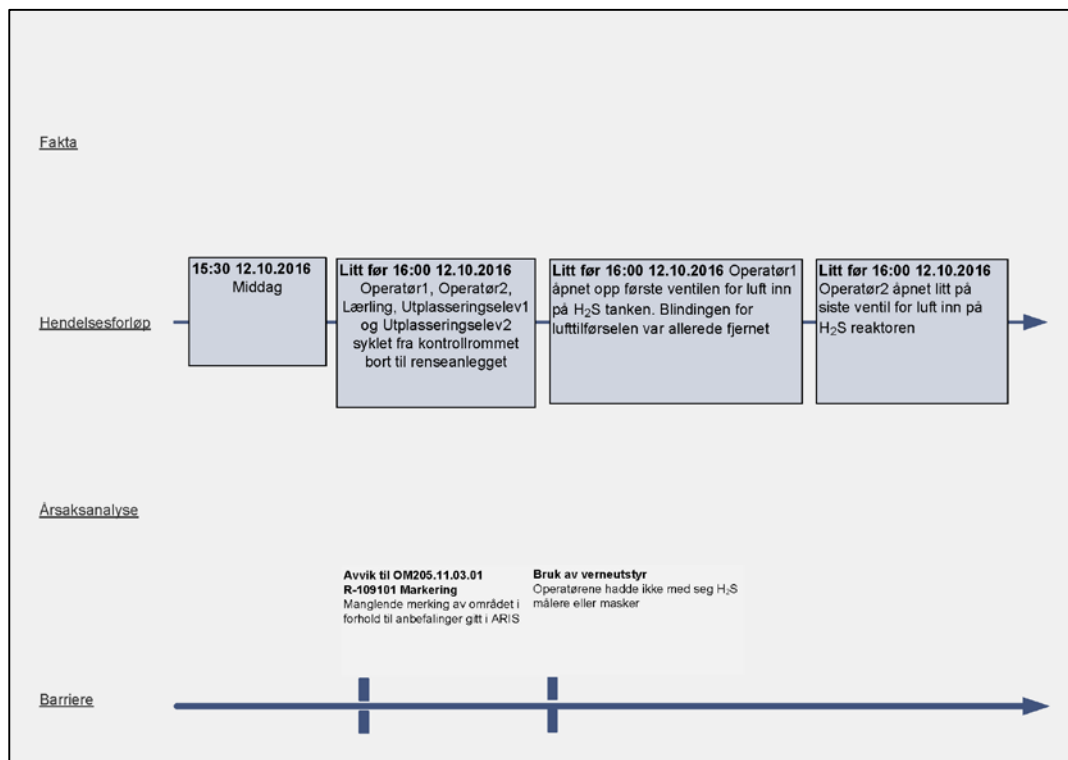
Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


Klassifisering: Intern

Status: Endelig

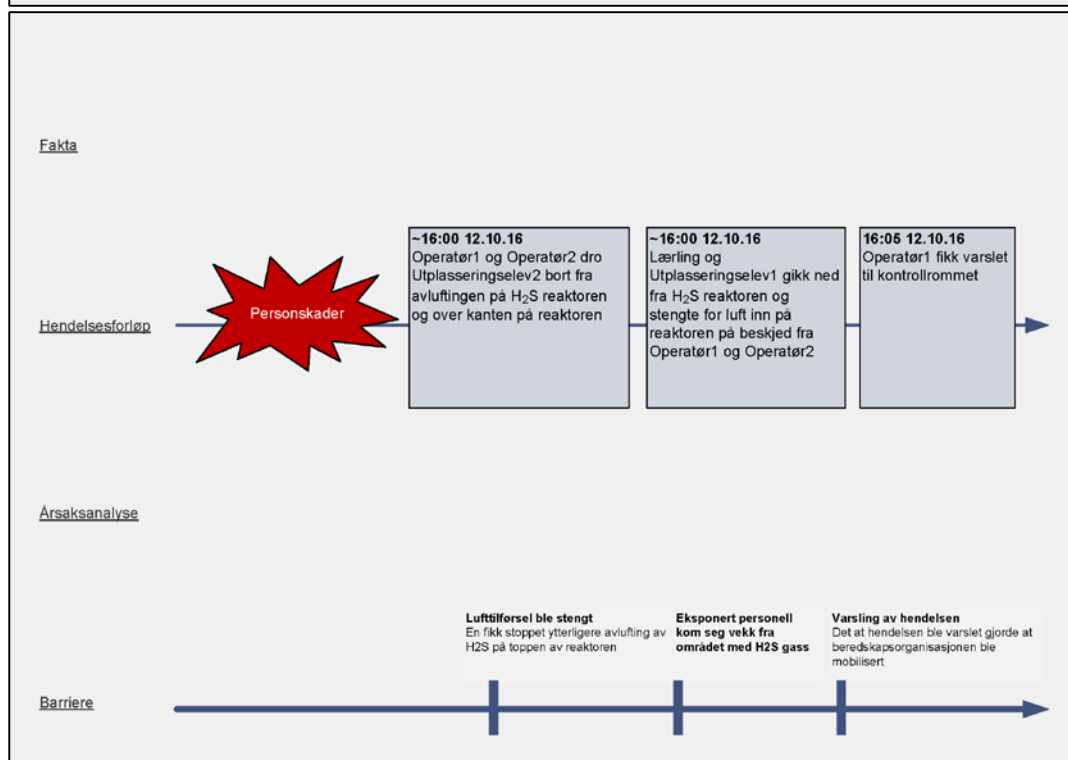
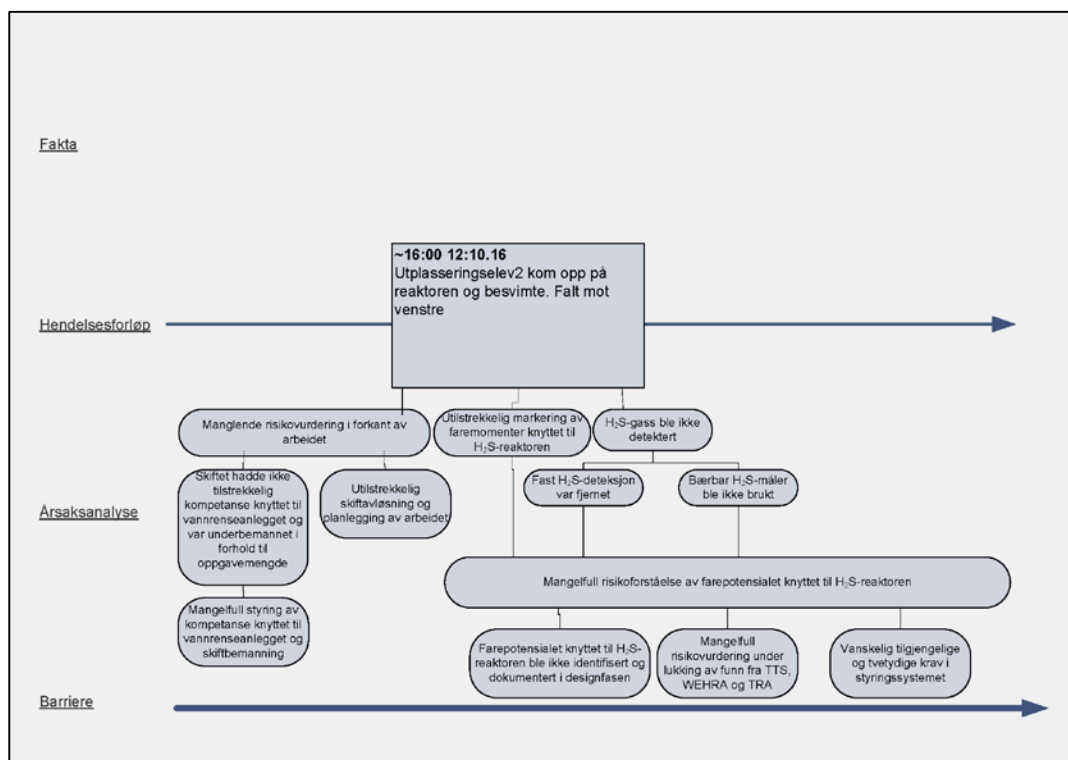
Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


Klassifisering: Intern

Status: Endelig

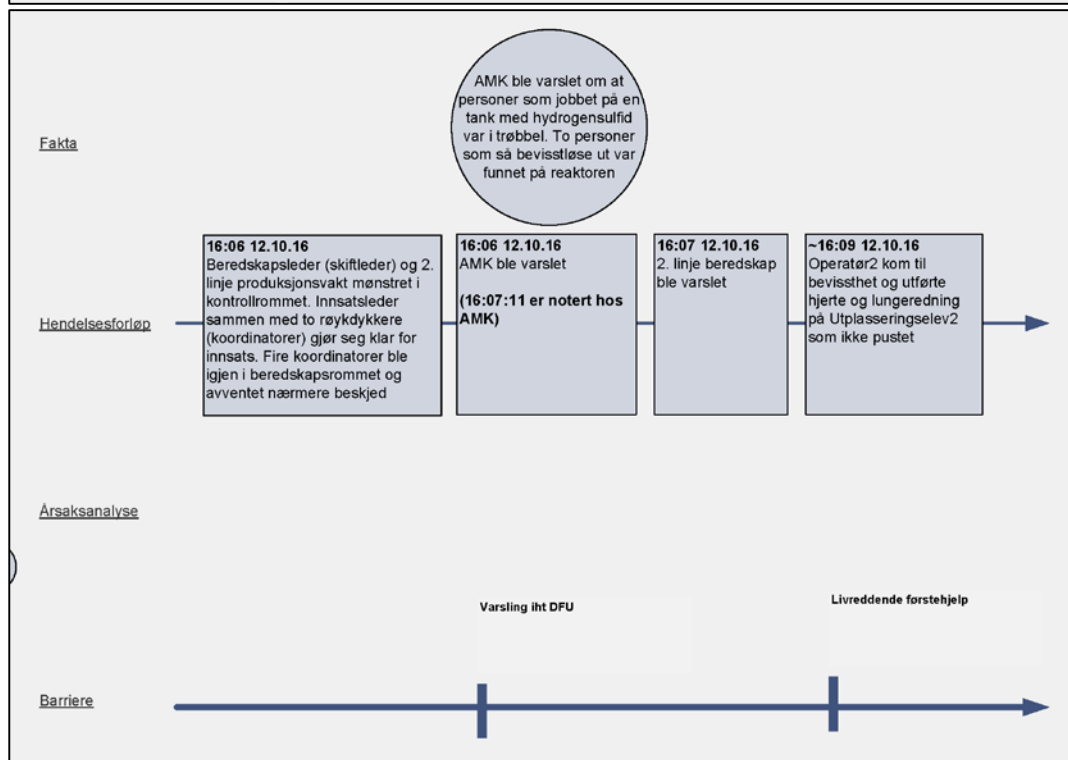
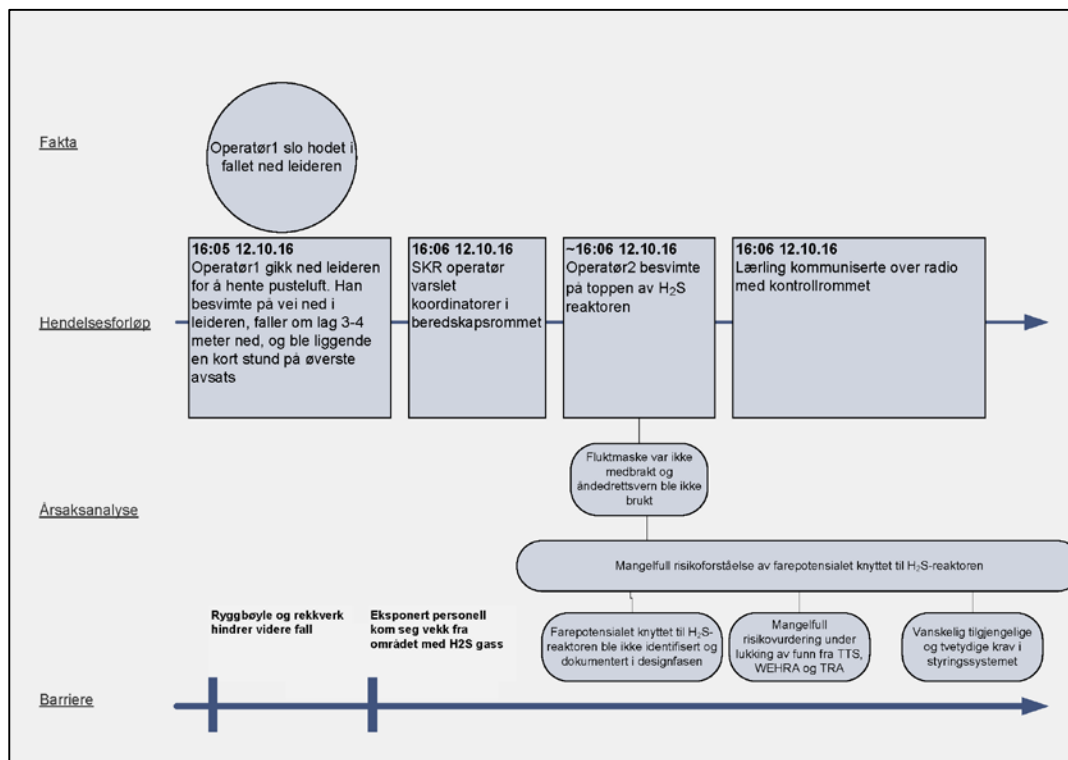
Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


Klassifisering: Intern

Status: Endelig

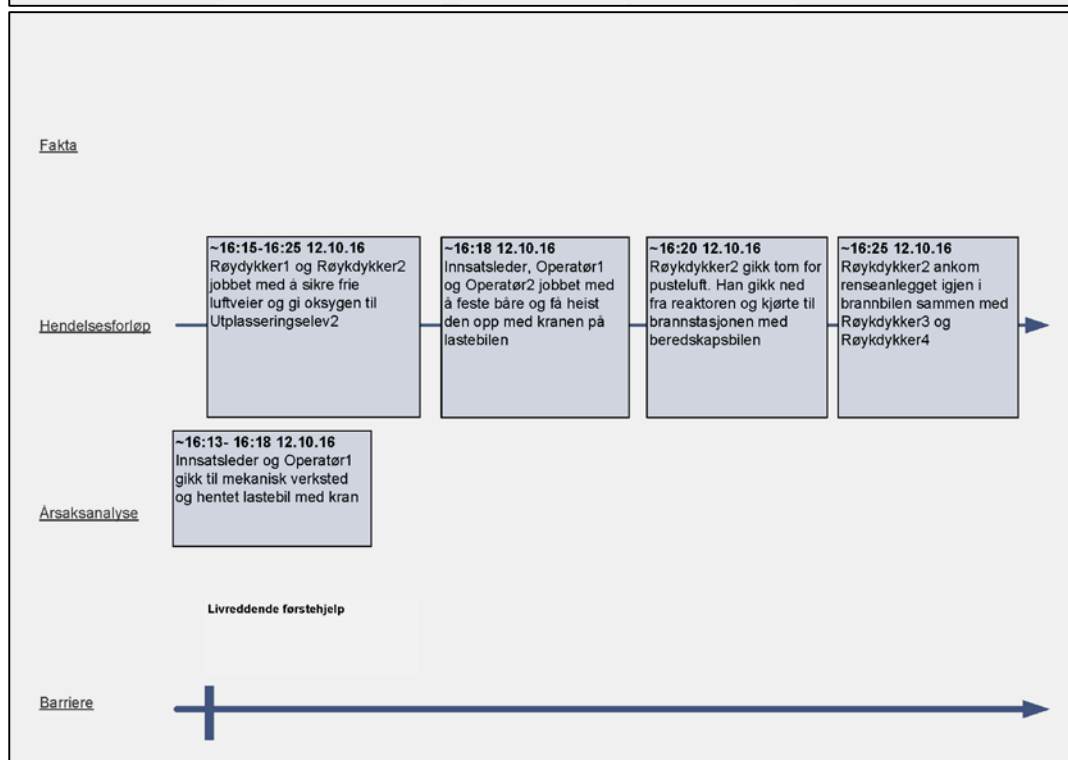
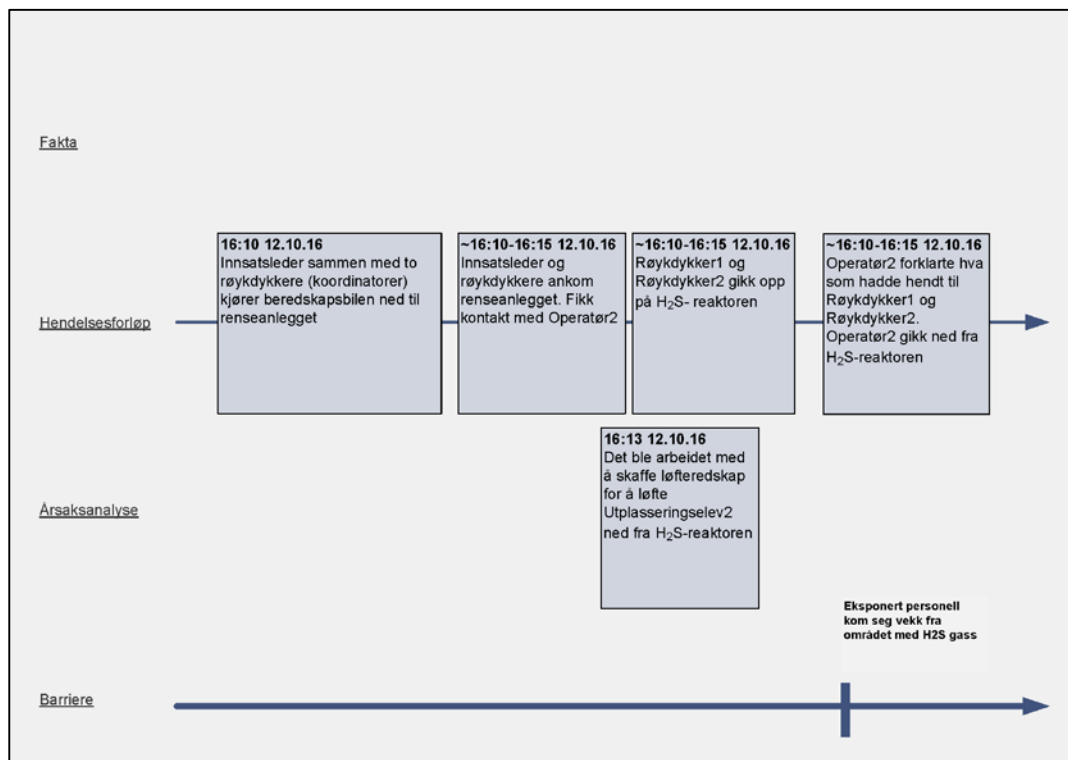
Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


Klassifisering: Intern

Status: Endelig

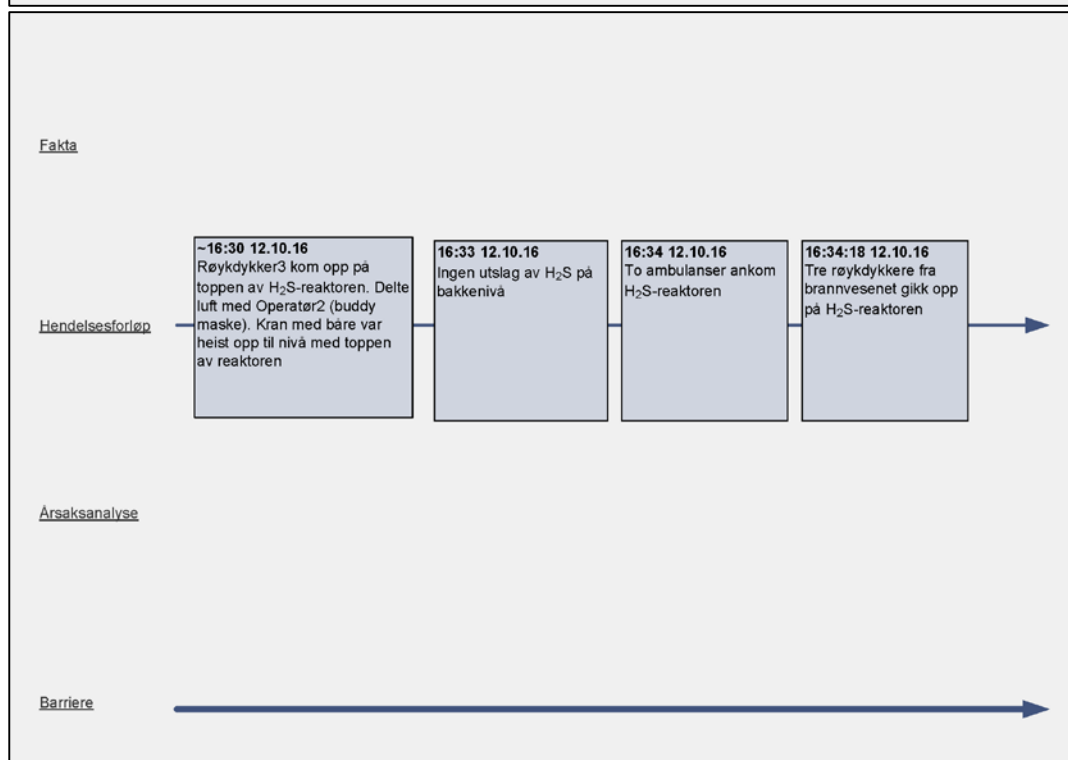
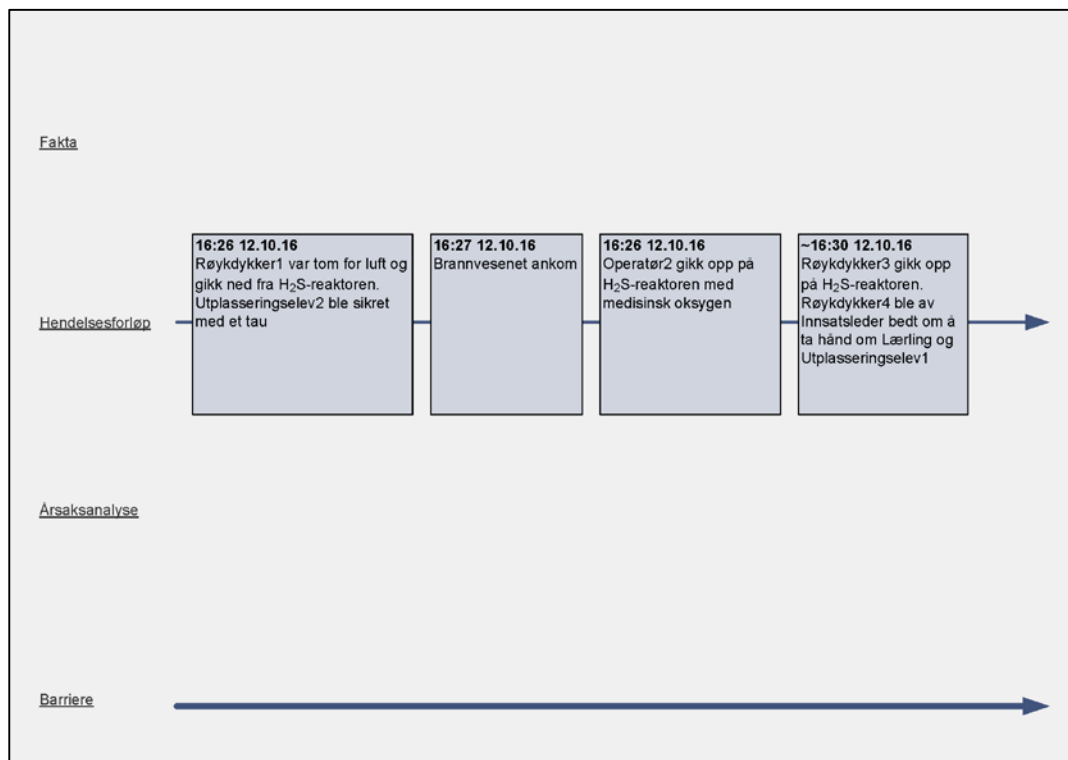
Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


Klassifisering: Intern

Status: Endelig

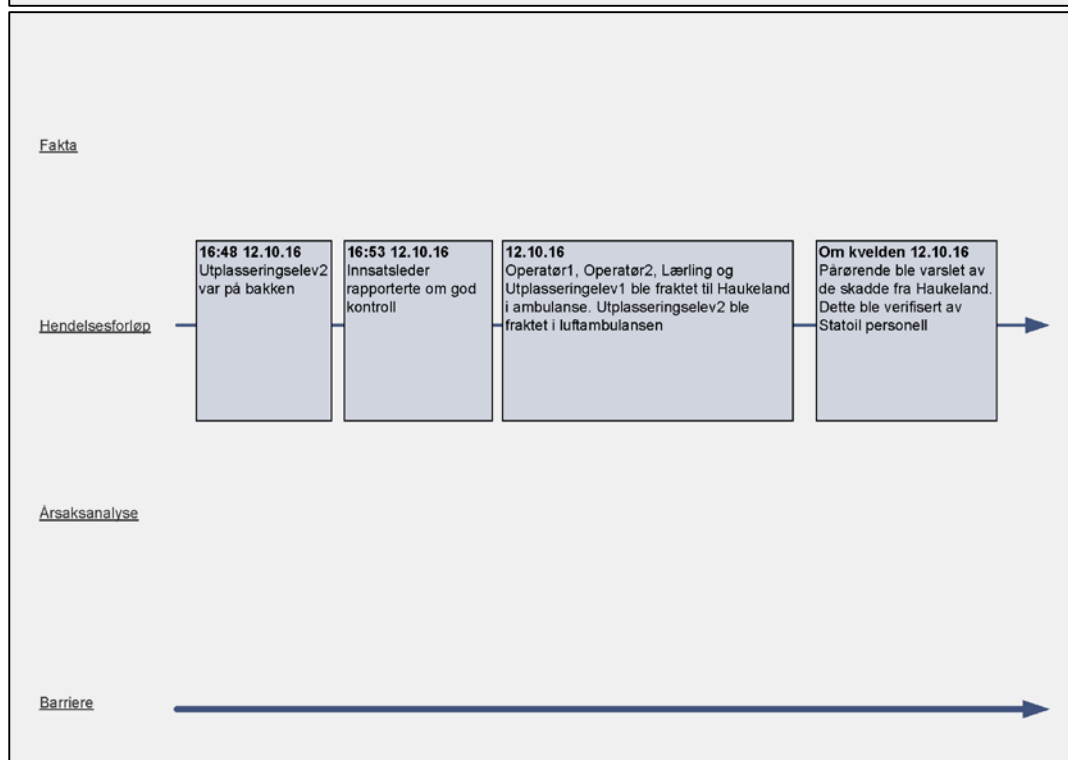
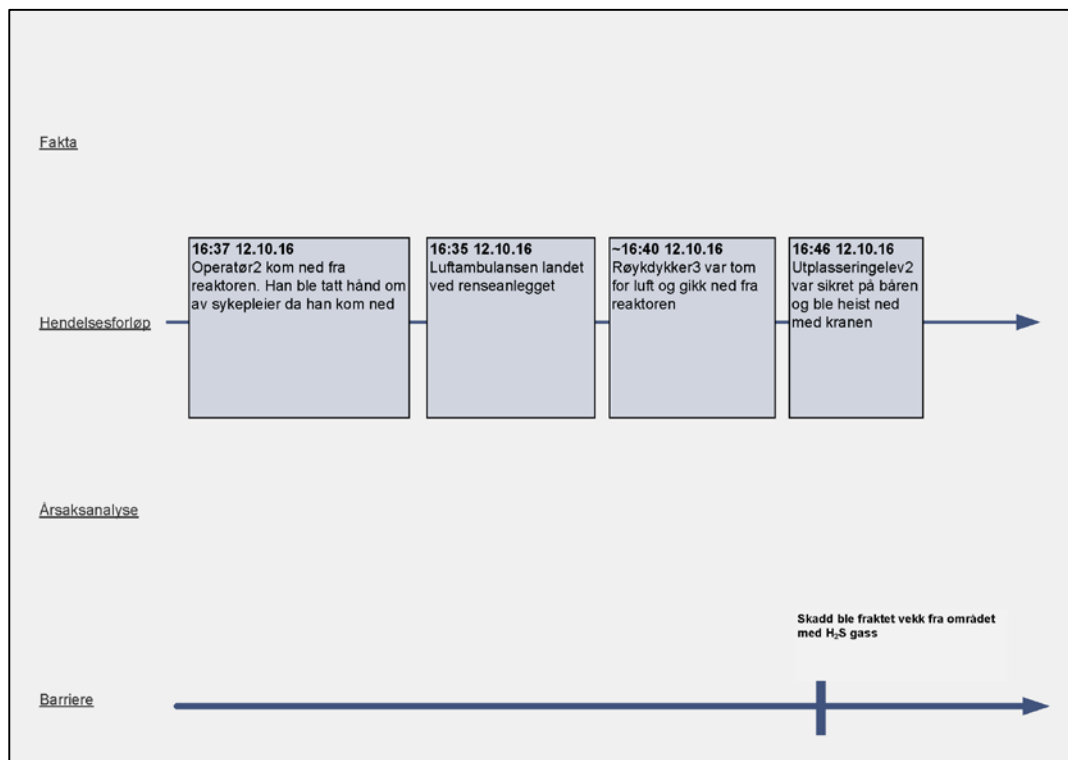
Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016


App C Beskrivelse av H₂S reaktors virkemåter og utløsende årsaker til høy H₂S-eksponering på reaktortopp

Kort beskrivelse av H₂S-reaktoren i vannrenseanlegget på Sture

Vann som kommer fra kavernene inneholder løst hydrogensulfid (H₂S). Vannet består primært av produsert vann fra felt og forurenset lekkvann og regnvann fra produksjonen på land.

Når H₂S frigjøres til luft gir det opphav til ubehag og vond lukt i lave konsentrasjoner. I høye konsentrasjoner er H₂S en meget giftig gass. H₂S-reaktoren som ble prosjektert som en atmosfærisk bireaktor, bygget og satt i drift på Sture i perioden 1994-1996 har til oppgave å redusere innholdet av H₂S i vannet fra kavernene før det går til de åpne bassengene i vannrenseanlegget (system 44). Reaktoren er bygget som en tett beholder i betong med et kort 300 mm ventileringsrør på reaktortoppen. Ventileringsrøret er utstyrt med en værbeskyttelse "hatt" og har sitt utløp til like over reaktortoppen. Ventileringsrøret skal sikre at det ikke oppstår vakuum eller overtrykk i reaktoren. En oversikt over vannrenseanlegget på Sture er vist i figur C-1

H₂S- reaktoren er for øvrig utstyrt med en sparkelist og rekkverk på reaktortoppen. Reaktoren har en sirkulasjonspumpe med tilhørende rørføring. Denne pumpen har til hensikt å holde en jevnt høy væskehastighet og homogenisering av vannet opp igjennom biokulturen i reaktoren.

Tilførselsrørene fra kavernepumpene og sirkulasjonspumpen går inn via reaktortoppen og ned til bunnen av reaktoren. Inne i reaktoren er det to rister. En nedre rist og en øvre rist. Ristenes oppgave er å holde fyll-legemene Etapak 210 (ofte kalt blomsterpottene) på plass inne i reaktoren. Disse fyll-legemenes oppgave er å lage en stor overflate som bakteriekulturen kan vokse på. Bakteriekulturen etableres ved tilkjørt septik.

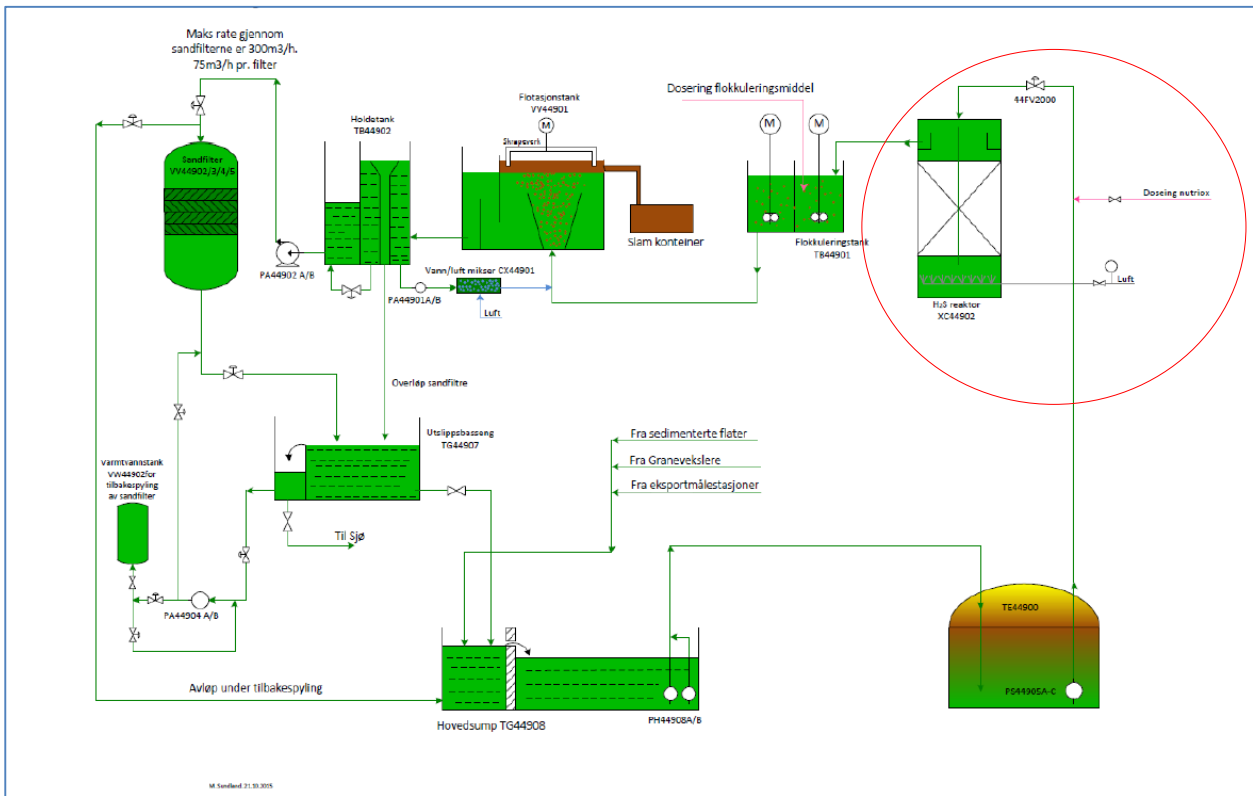
Fra et ringformet overløpskammer inne i reaktoren strømmer behandlet vann videre til flokuleringsbassenget.

Strømningen er drevet av gravitasjon til det lavereliggende flokuleringsbassenget. Rørutformingen er slik at det er en vannlås i utgående rørføring fra H₂S-reaktor. Over vannlinja inne i reaktoren er det et ca 16 m³ gassvolum.

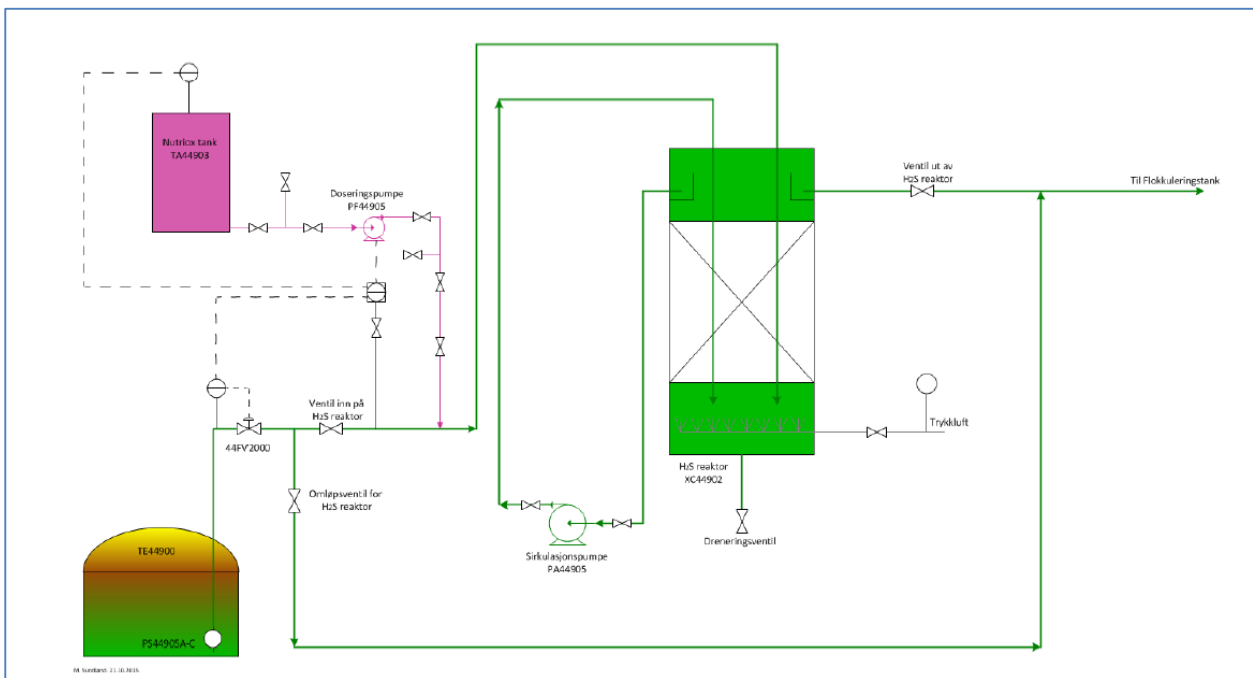
I bunnen av reaktoren er det montert en rørføring inn i reaktoren som er koblet til anleggets arbeidsluft via to ventiler og en blinding. Hensikten med denne rørføringen og tilhørende ventiler (2"), er å løse opp i slamansamlinger som over tid danner seg i reaktoren. Denne operasjonen kalles å blåse reaktoren. Fra bunnen av reaktoren er det et dreneringsrør og ventil (4"), som brukes for å drenere ut slam. Figur C-2 viser H₂S-reaktoren

Klassifisering: Intern
 Status: Endelig
 Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016



Figur C-1 Oversikt over vannrenseanlegget inkludert H₂S-reaktor på Sture



Figur C-2. H₂S-reaktor og doseringsanlegg for nitrat (NUTRIOX®)

Klassifisering: Intern
 Status: Endelig
 Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

H₂S-reaktor – reaktortopp

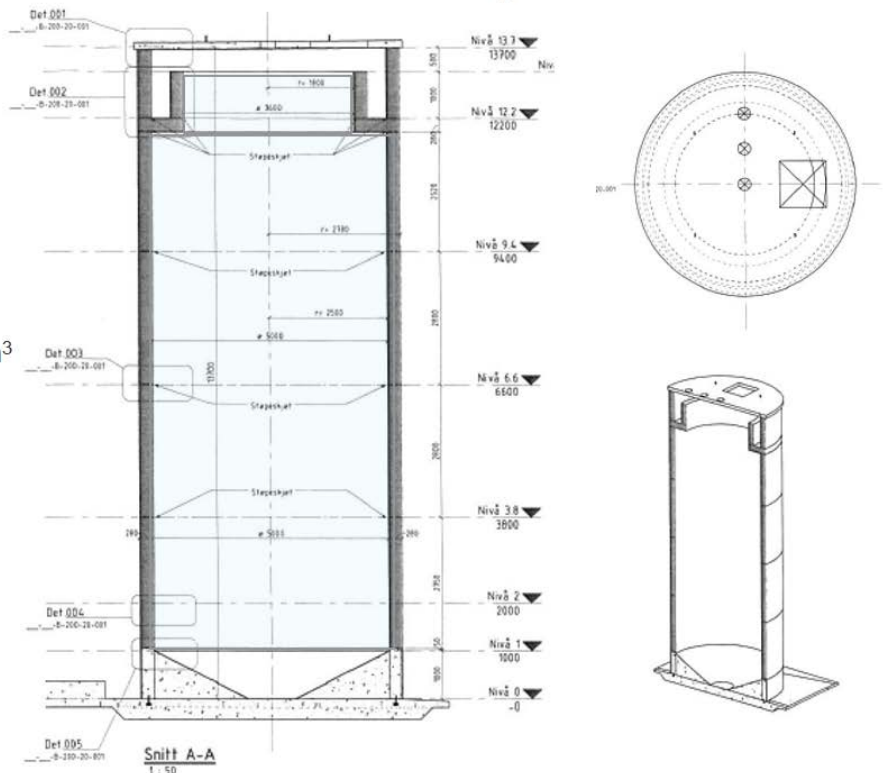


H₂S-reaktor - tankdimensjoner

Dimensjoner:
 ID x H: 5,0 m x 13,7 m

Totalt væskevolum: ca 235 m³

Gassvolum over vannlinje: ca 16 m³



Klassifisering: Intern

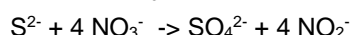
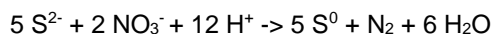
Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

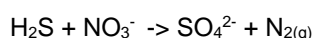
Normal drift av H₂S-reaktor

Under normal drift av reaktoren tilsettes vannet Nutriox fra et doseringsanlegg i forkant av reaktoren. Nutriox består av ca 50% kalsiumnitrat Ca(NO₃)₂ og tilsettes for å oksidere hydrogensulfid (H₂S) til sulfat (SO₄) i en biooksydasjonprosess gjødslet av nitrat. Nitrat reduseres til vannløst nitritt og nitrogengass (N₂) via flere reaksjonsmekanismer beskrevet av blant andre An et al 2010.



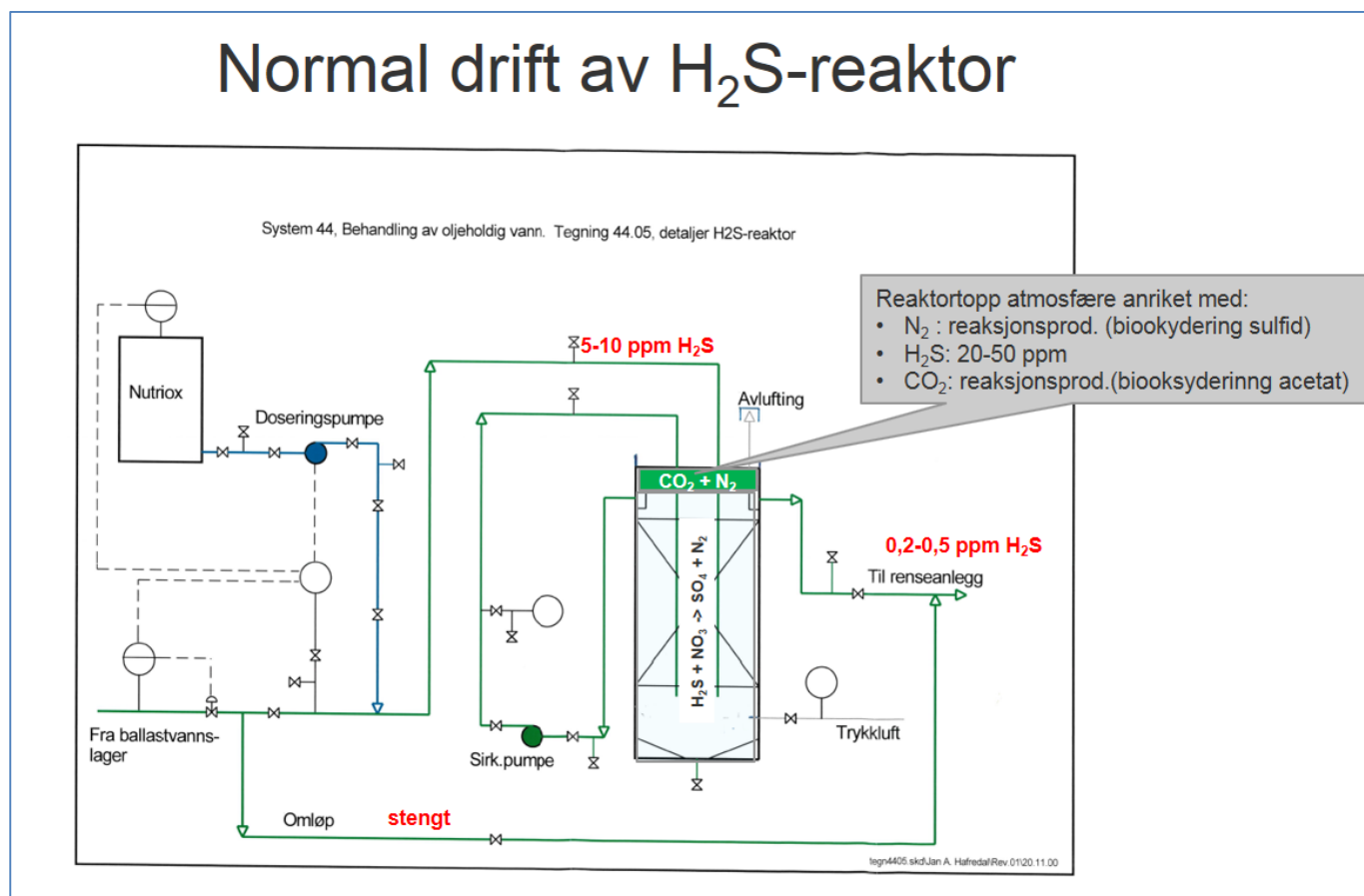
Kort gjengitt så er den ønskede reaksjon som følger:

hydrogensulfid + nitrat → sulfat + nitrogen



Reaksjonene danner også elementært svovel (S), som mellomprodukt og sluttprodukt dersom overskudd av nitrat er lavt. Nitrat bio-oksyderer også eddiksyre (acetat) til CO₂ og N₂. Eddiksyre foreligger i produsertvannet fra Oseberg i konsentrasjoner rundt 400-500 ppm

Normalt er konsentrasjonen av H₂S i vannet til reaktoren mellom 5-10 ppm(wt) og rundt 0,2-0,5 ppm(wt) ut av reaktoren. I dagene før hendelsen, 9. og 10 oktober var konsentrasjonen rundt 5 -7 ppm (se tabell C-1). For at reaksjonen skal gå som ønsket, må nitrat (Nutriox) være tilstede i homogent overskudd i vannet. For å sikre dette, tas prøver av vannet før og etter reaktoren som analyseres for H₂S, nitrat og nitritt. Dersom injeksjonspumpene kjøres kontinuerlig vil en få et overforbruk av Nutriox, følgelig kjøres de i intervaller i kombinasjon med sirkuleringspumpen på reaktor går for å gi homogenisering. Nitrat (Nutriox) doseringen styres til å gi et overskudd av nitrat ut av reaktor på 10 -20 mg/l



Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

 Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

Analyse	9. oktober kl 08:03	10.oktober kl 08:16	11.oktober kl 08:01
H ₂ S inn (mg/l = vektppm)	6,9	4,7	4,7
H ₂ S ut (mg/l = vektppm)	0,5	0,5	4,7
Nitrat ut (mg/l)	25	50	25
Nitritt ut (mg/l)	2	2	2

 Tabell C-1: Vannanalyser inn og ut av H₂S-reaktoren i dagene 9. til 11. oktober ca kl 08

Irregulær drift av H₂S-reaktoren

Over tid bygger det seg opp slam i reaktoren. En slik slamoppbygging kan gjøre at en ikke lenger har homogen strømning av vann gjennom reaktorens biokultur, men kanalstrømning. Derfor er det mulig at en i perioder har deler av reaktoren med stagnante strømningsforhold som ikke blir tilstrekkelig gjødslet med nitrat. I disse seksjonene vil en kunne oppleve akkumulering av svovelkomponenter og en reversering av den ønskede omdanning av H₂S til sulfater. Vannet fra kavernene inneholder sulfatreduserende bakterier (SRB) som evner å omdanne sulfater tilbake til H₂S. Det er flere mekanismer som beskriver hvordan dette skjer, men i vann som inneholder eddiksyre benytter noen sulfatreduserende bakterier **acetat** (eddiksyre) som elektronkilde til reduksjonen. Produsertvann fra Oseberg inneholder rundt 400-500 ppm eddiksyre i følge Oseberg årsrapport 2015 til Miljødirektoratet.. Acetat oksideres til karbondioksid i acetyl-CoA metabolismen.

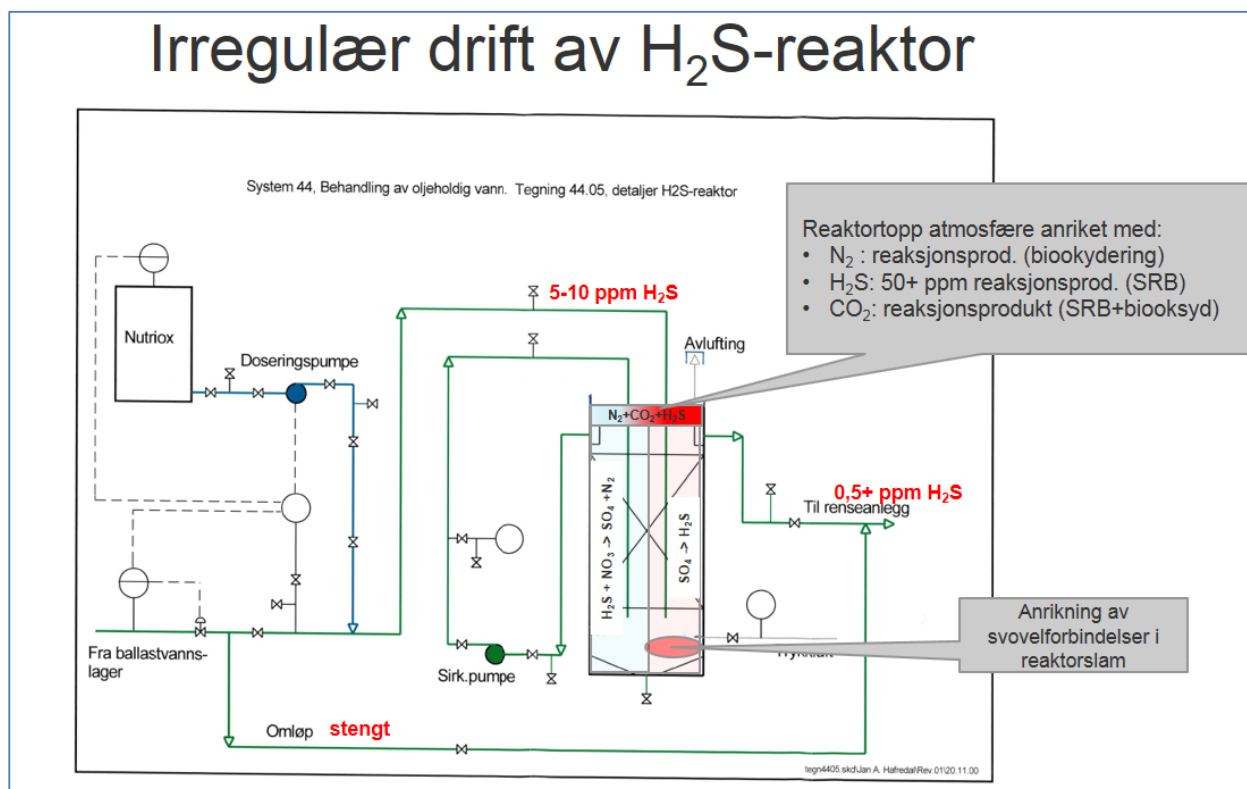
Kort gjengitt blir reaksjonen:



Andre svovelforbindelser enn sulfat kan også omdannes til H₂S. En annen type sulfatreduserende bakterier benytter seg av **disproporsjonering** av svovelforbindelser. Disproporsjonering innebærer en spalting av et stoff til to nye forbindelser hvor det ene er mer oksidert og det andre er mer redusert enn den opprinnelige forbindelsen. F.eks. kan elementært svovel disproporsjoneres til sulfid og sulfat. I disproporsjoneringen brukes mangan som elektrontransportør.

Samtidig som den ønskede omdanning av H₂S til sulfat skjer i reaktoren, kan det være soner eller deler hvor en uønsket reversering foregår i parallell. Dette kan gi opphav til at det kan være "lommer" med høye konsentrasjoner av H₂S og svovel inne i slamrike soner av reaktoren.

Det er sterke indikasjoner på at reaktoren hadde irregulær drift med slamansamling i perioden før hendelsen. Det var også lenge siden reaktoren hadde blitt vasket med vann for å fjerne slam. I dagene før hendelsen strømmet det vann ut av lufterventilen på toppen av reaktor. Dette ble observert på formiddagen mandag 10 oktober, og indikerer økt trykkfall i tilførselen pga slamansamling i bunnen av reaktor. Vannanalysen som ble tatt på morgenen onsdag 11 oktober viser høye H₂S-verdier ut av reaktor på et tidspunkt som ifølge skiftloggen reaktoren var i drift. Dette styrker mistanken om slamansamlinger. Irregulær drift av H₂S-reaktoren er illustrert i figuren nedenfor



H₂S-reaktor nedstengt

Når H₂S-reaktoren er nedstengt vil den ikke lenger bli tilført nytt nitrat (gjødning), og den ønskede omdanning av H₂S til sulfat opphører samtidig som den uønskede reversering av sulfater til H₂S som beskrevet over, starter ganske raskt. Dette gir opphav til at H₂S og CO₂ dannes. Begge er gasser som er tyngre enn luft, (relativ tetthet til luft 1,2 og 1,5 for H₂S og CO₂ respektive). Disse gassene vil akkumulere seg i toppen av reaktoren over vannspeilet under tankklokken. Det er vanskelig å anslå eksakt hvilken konsentrasjon av H₂S en hadde i perioden rett før hendelsen, da dette er avhengig av flere forhold

- Vannets surhetsgrad:**
 Målt pH inn på reaktor er ganske stabilt rundt 6,6 -6,7 (svakt surt) noe som tilsier at det er en ca. 50/50 fordeling av sulfider mellom H₂S og HS⁻ ion. Med H₂S-konsentrasjon menes total sulfid-konsentrasjon (H₂S + HS⁻ + HS²⁻)
- Totalt svovelinnhold**
 Analyser av vann fra kavernene viser at det er et lavt sulfatinnhold (1,4 mg/l) og følgelig er tilsvarende størstedelen av sulfat omdannet til sulfid og nær samsvarende med H₂S konsentrasjonen i vannet (5-7 ppm i dagene før hendelse)
- Lukket eller åpen atmosfære over vannfasen:**
 Reaktoren er utstyrt med en 300 mm ventilering til friluft. Men gasser som er tyngre enn luft vil ikke ventileres ut naturlig med mindre det er krefter (vind eller oppdrift) som sørger for utskifting av atmosfæren. Vannrørene ut og inn er stengt, så for alle praktiske formål er gassvolumet over vannfasen å anse som et lukket volum.
- Erfaringer**
 Erfaringstall fra vannrenseindustrien tilsier at en i et lukket system får ca 100 ganger høyere konsentrasjon av H₂S i gassen over vannfasen enn hva som er konsentrasjonen i vannet.

Klassifisering: Intern

Status: Endelig

Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

- **Beregnet konsentrasjon**

Løselighet av H₂S i vann med pH=7 og 10 °C er fra litteraturen
 0,0050 mg/l = 5000 ppm(wt) = 0,0026 mol/mol = 2600 ppm(mol).

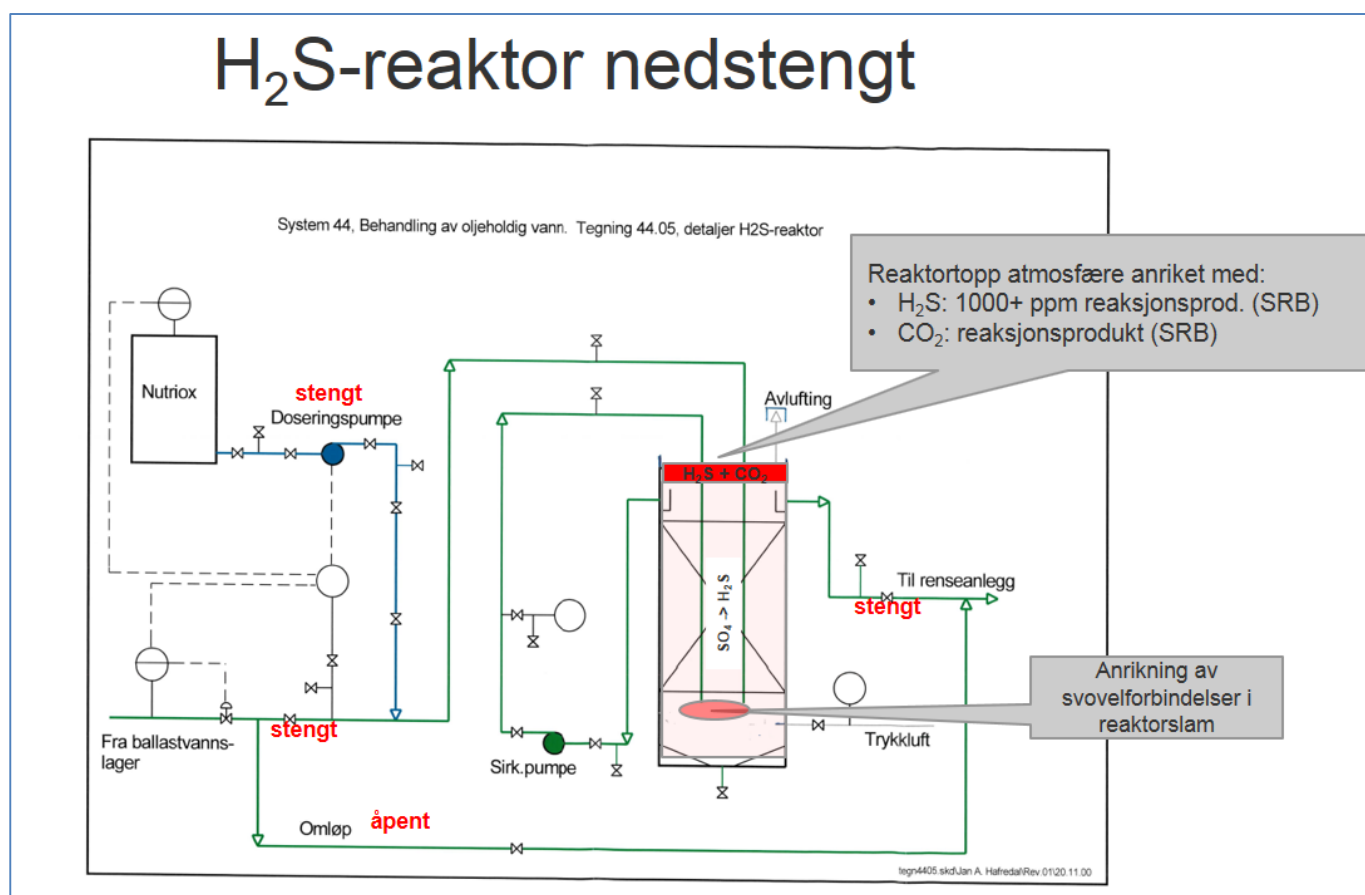
Ved å kombinere Raoult's og Henry's lover får en følgende sammenheng: $y_{H_2S} = X_{H_2S} / X_{H_2S\ sat}$

hvor y_{H_2S} er molfraksjon H₂S i gass og X_{H_2S} , $X_{H_2S\ sat}$, er henholdsvis aktuell og metning vektfraksjon av H₂S i vann.

Med et H₂S-innhold i reaktorvannet på mellom 5 -10 ppm(vekt) beregnes en gasskonsentrasjon tilsvarende 1000-2000 ppm(vol) H₂S.

Da det ikke foreligger analyser av gasskomposisjonen i reaktortopp i forkant av hendelsen, må en sannsynliggjøre en mest mulig sannsynlig komposisjon. Denne er satt til 1000+ ppm(vol) H₂S

H₂S-reaktoren ble nedstengt og isolert i felt natt til onsdag 12.oktober kl 01:30. Når hendelsen inntraff hadde reaktoren vært nedstengt i ca 14 timer. I figuren nedenfor er det forsøkt vist hva som foregår når reaktoren står isolert/nedstengt.



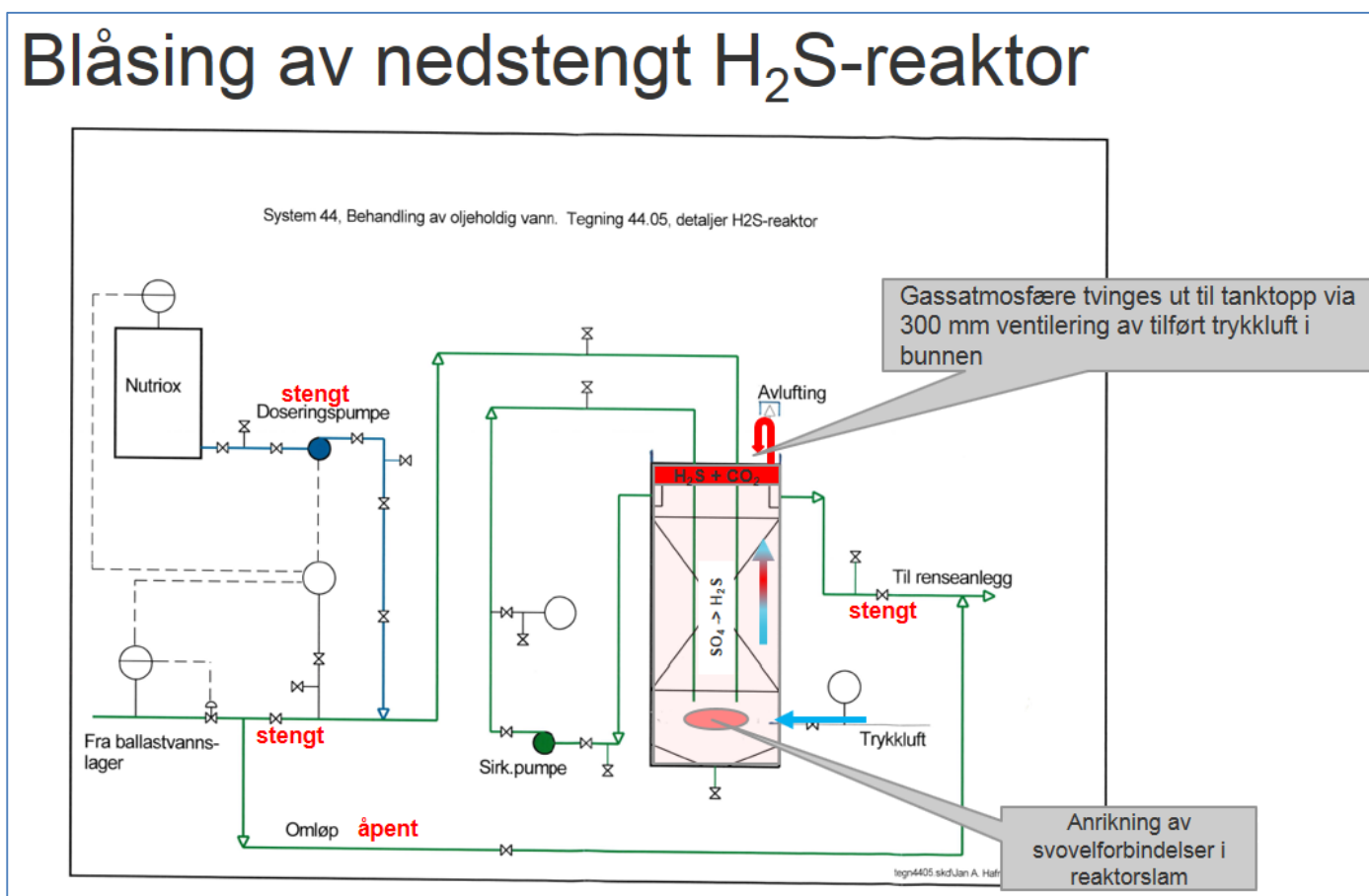
Blåsing av nedstengt reaktor

Blåsing av reaktor ble utført ved at 2" ventil i bunnen av reaktor ble åpnet et par omdreininger for å slippe trykkluft inn på reaktor. Formålet med denne operasjonen var å løse opp i slamdannelsen i reaktoren. Den tilførte trykkluft medførte følgende konsekvenser:

- Gassatmosfæren i toppen av reaktor tvinges ut igjennom ventileringsrøret på reaktortoppen. Andre utløpsmuligheter for den tilført luftmengden var stengt
- Tilført trykkluft fungerte som «strippegass» og driver løst H₂S ut av vannet og opp til overflaten
- Eventuelle labile lommer med høye konsentrasjoner av H₂S-gass i reaktorslammet blir aktivert av tilført luft og drives opp mot reaktortoppen. Dette er imidlertid svært vanskelig å kvantifisere.

Gassatmosfæren i under reaktorlokket som tvinges ut igjennom ventileringsrøret (300 mm) får en nedadgående retning pga værbeskyttelses-hetten og strømmer ut og legger seg som et «teppe» på reaktortoppen.

På grunn av den påmonterte sparkelist langs kanten av reaktoren (unntatt der lederen kommer opp) dannes det et lite basseng hvor tung gass inneholdende H₂S og CO₂ kan samle seg. Dette er spesielt favorisert av vindstille vær. Under hendelsen var det 0 m/s på lokal målestasjon. Som nevnt i overforstående tekst, er det vanskelig å være eksakt hva angår konsentrasjonen av H₂S, men det er rimelig grunn til å anta at konsentrasjonen har vært høyere enn 1000 ppm



Klassifisering: Intern
Status: Endelig
Dato: 16.12.2016

Gransking av: Personskader som følge av H₂S-eksponering på Stureterminalen 12.10.2016

App D Gasspredningsanalyser

Notat

2016-12-14

Til Kristin Budal Ellingsen (COA INV)

Kopi Knut Håvard Nordstad (R&T PTC EC)

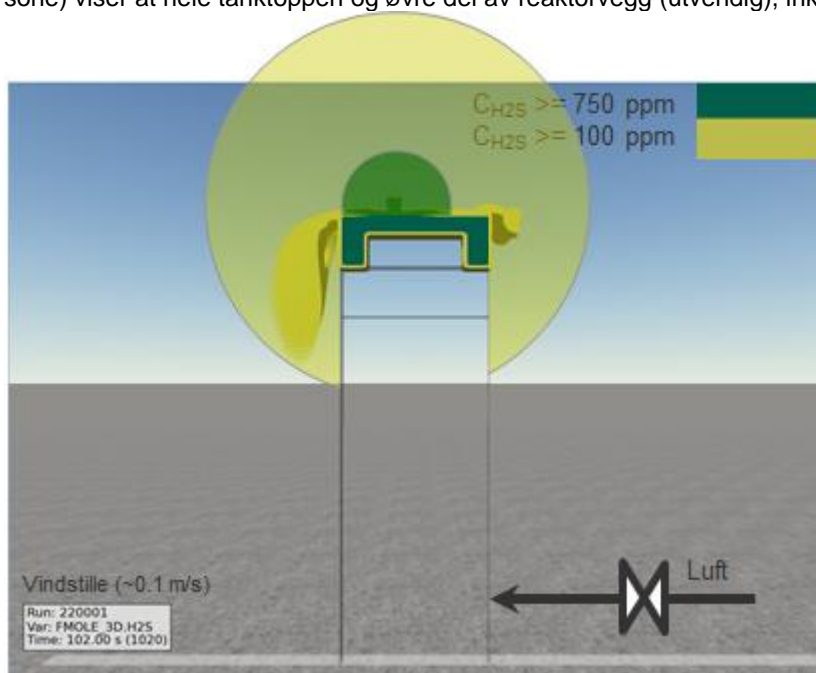
Fra Olav Sæter (OLSATE) (R&T FT SST)

Sak **Gasspredningsanalyse - Synergi 1487964**

1 Sammendrag

Det er gjennomført en gasspredningsanalyse for hendelsen på Sture 12.10.2016.

Resultater fra simuleringene for hendelsesforløpet viser at det kan oppstå soner på reaktor tanktopp, i nærhet av vent, som kan gi eksponering tett opp mot 1000 ppm H₂S, se grønn sone figur 0. Utstrekningen av sonen til 100 ppm H₂S (gul sone) viser at hele tanktoppen og øvre del av reaktorvegg (utvendig), inkludert leder, vil kunne bli eksponert.



Figur 0 Spredningsplott for hhv. 100 og 750 ppm H₂S. Inntegnet er også soner for de samme konsentrasjonene som ivaretar usikkerheter rundt molekylvekten for gassen og dermed spredningsbanen.

Sonen til 10 ppm H₂S vil kunne eksponere hele reaktoren utvendig samt områder på bakkenivå, estimert potensiell avstand opp til 25-30 meter fra reaktoren (nøyaktig avstand kan eventuelt etterregnes).

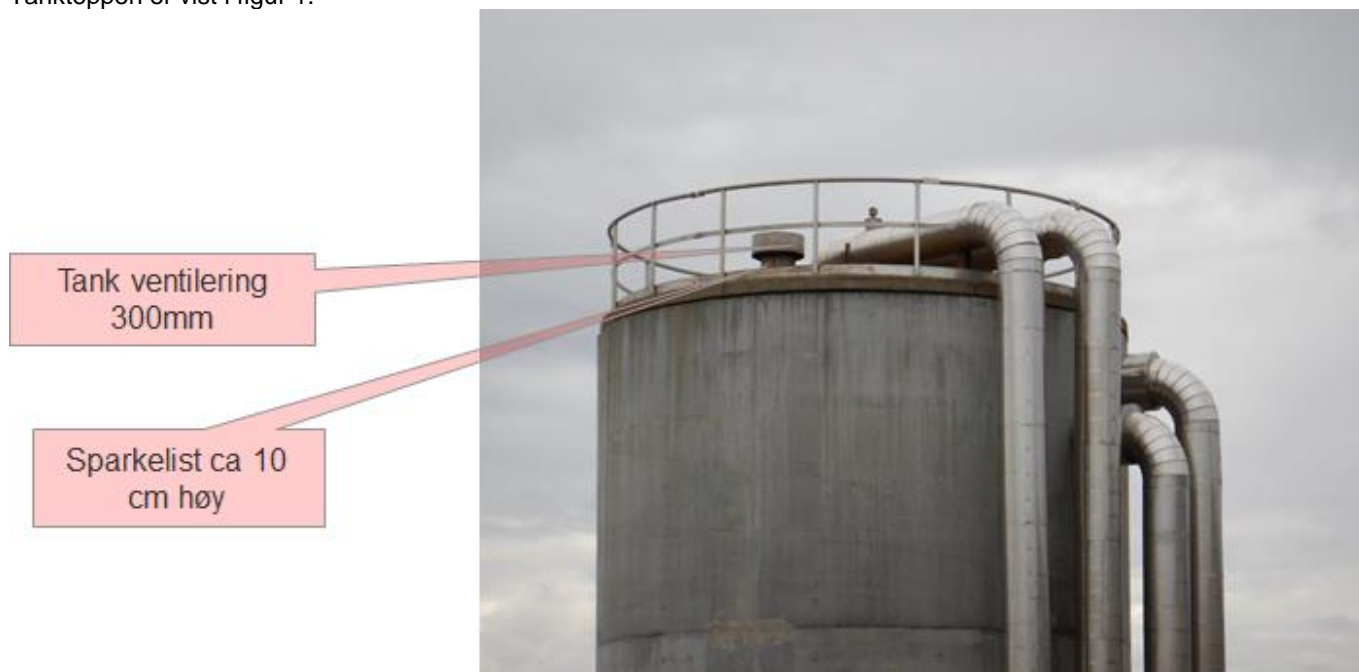
Det er gjennomført tilsvarende simuleringer også for andre vær-situasjoner. Disse viser at utbredelsessonene blir mindre, og at risikoen for alvorlig eksponering reduseres.

Med de benyttede antagelsene og forutsetningene, samt vurdering av usikkerhet anbefales det at reaktor med tilhørende områder vurderes med tiltak for å redusere eksponering og risiko for personell.

2 Bakgrunn

I forbindelse med en hendelse som resulterte i gass på avveie på Sture 12.10.2016 er det ønskelig å lage et gassspredningsbilde fra involvert reaktor for å forstå hendelsesforløpet på og forstå risikopotensialet.

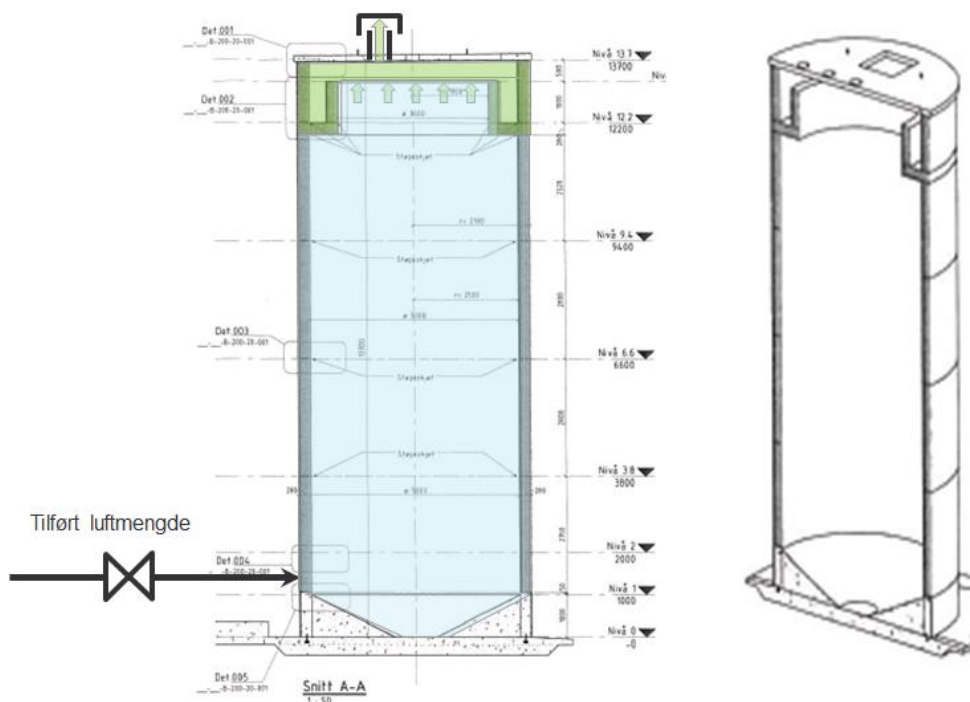
Reaktoren har som formål å redusere innholdet av H₂S i produsertvannet fra kavernene før det går til de åpne bassengene i vannrenseanlegget. Under hendelsesforløpet var imidlertid reaktoren nedkjørt og avstengt, men det pågikk en operasjon med å blåse luft inn i vannfasen (nede), noe som resulterte i et svakt overtrykk i gassfasen over væskespeilet. Gassfasen har atmosfæriske betingelser gjennom en atmosfærisk vent over tanktopp, noe som resulterer i at ethvert overtrykk i gassfasen vil medføre at gass ventileres ut gjennom denne atmosfærisk venten. Dette kan resultere i gasseksponering for områder som er tilgjengelig for personell. Tanktoppen er vist i figur 1.



Figur 1 Tanktopp med vent og sparkelist

3 Gassvolumscenarier

En tegning av reaktoren er vist i figur 2, der blått indikerer vannsøylen og grønt gassvolumet. En nedstengt reaktor med lufttilførsel vil noe forenklet kunne beskrives med 2 scenarier.



Figur 2 Snittegning av reaktor illustrert med lufttilførsel og atmosfærisk vent. Blått volum er væske, grønt volum er gassfasen.

Scenario 1 beskriver den første fasen der lufttilførselen blir satt på. For denne fase vil oppakkumulerte gasskonsentrasjoner (inkl H_2S) i gassfasen over væskevolumet, ventileres ut gjennom vent. Det er imidlertid grunn til å tro at denne situasjonen med denne spesifikke gassammensetningen vil ha begrenset varighet (trolig < 2-3 min) da gass i volumet over væskespeilet vil bli erstattet med den tilførte luften som blåses inn.

Scenario 2 beskriver derfor den påfølgende situasjonen der tilført luft gjennom væskesøylen i reaktoren stripper ut H_2S fra vannfasen. Det er for begge scenariene antatt at H_2S -konsentrasjonen er i størrelsesorden 1000 ppm. Forskjellen er derfor knyttet opp til bulk tettheten til gassfasen. Det er estimert at det er tilstrekkelig med H_2S i reaktoren (ca 1 kg) til at denne situasjonen kunne vart i over 30 min om den ikke hadde blitt stoppet.

Værsituasjonen under hendelsesforløpet er oppgitt til å være vindstille. Det er i scenariene lagt inn svak vindhastighet på 0.1 m/s for å representere dette.

3.1 Scenario 1

Tabell 1 Sammensetning og molekylvekt for Scenario 1

Comp	vol.frac	Sp.gr	MW
CO2	0,65	1,52	44
N2	0,34	0,99	28
H2S	0,001	1,18	34
total	1	1,34	38,5

Scenario 1 representerer en gassammensetning med en molekylvekt på 38.5 g/mol og 1000 ppm H₂S. Gassen vil oppføre seg som en tung gass. Tilført luftmengde er ca. 0.18 m³/s.

3.2 Scenario 2

Scenario 1 representerer en gassammensetning som hovedsakelig består av luft; molekylvekt ~ 29.6 g/mol og 1000 ppm H₂S. Gassen vil oppføre seg som en nøytral gass. Tilført luftmengde er ca. 0.18 m³/s.

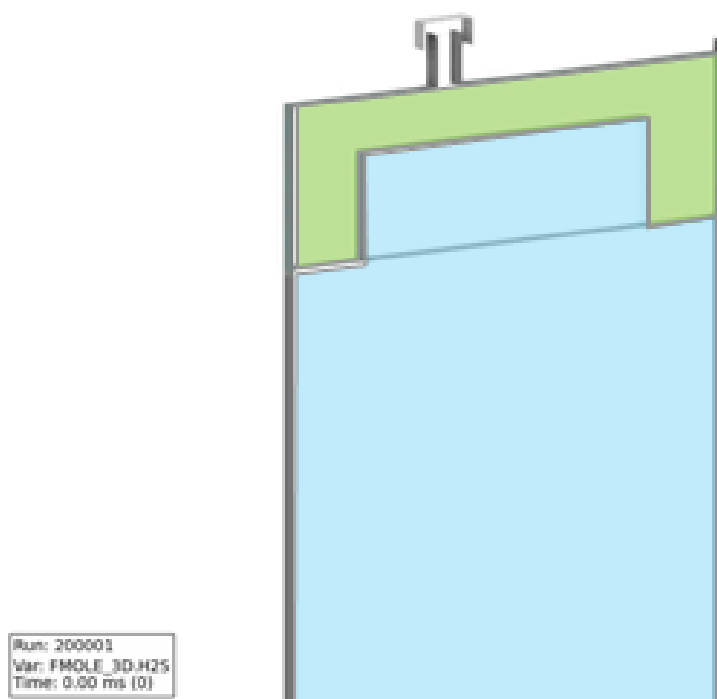
3.3 Scenario 3

Scenario 3 er ment å representere en avstengt reaktor uten lufttilførsel, noe resulterer i at gassammensetningen er identisk med Scenario 1. For å representere et svakt overtrykk, f.eks. som følge av en svak kjemisk reaksjon, er dette representert som et scenario med tilført luft i størrelsesorden 1 liter/s.

4 Modell

For å simulere gasspredningsforløpet fra vent over tanktopp er FLACS-koden benyttet. FLACS er en 3-dimensjonal CFD (Computational Fluid Dynamics) simuleringskode som ivaretar masse, impuls og energi-konserveringslovene. Koden har turbulensmodeller for å ivareta viktige mekanismer ved gassdispersjon. Modellen er bygd opp i kartesiske koordinater, der de viktigste sylindriske egenskaper er ivaretatt.

Snitt av 3D-modellen er vist i figur 3



Figur 3 Snittegning av reaktor (3D-modellen). Blått volum er væske, grønt volum er gassfasen.

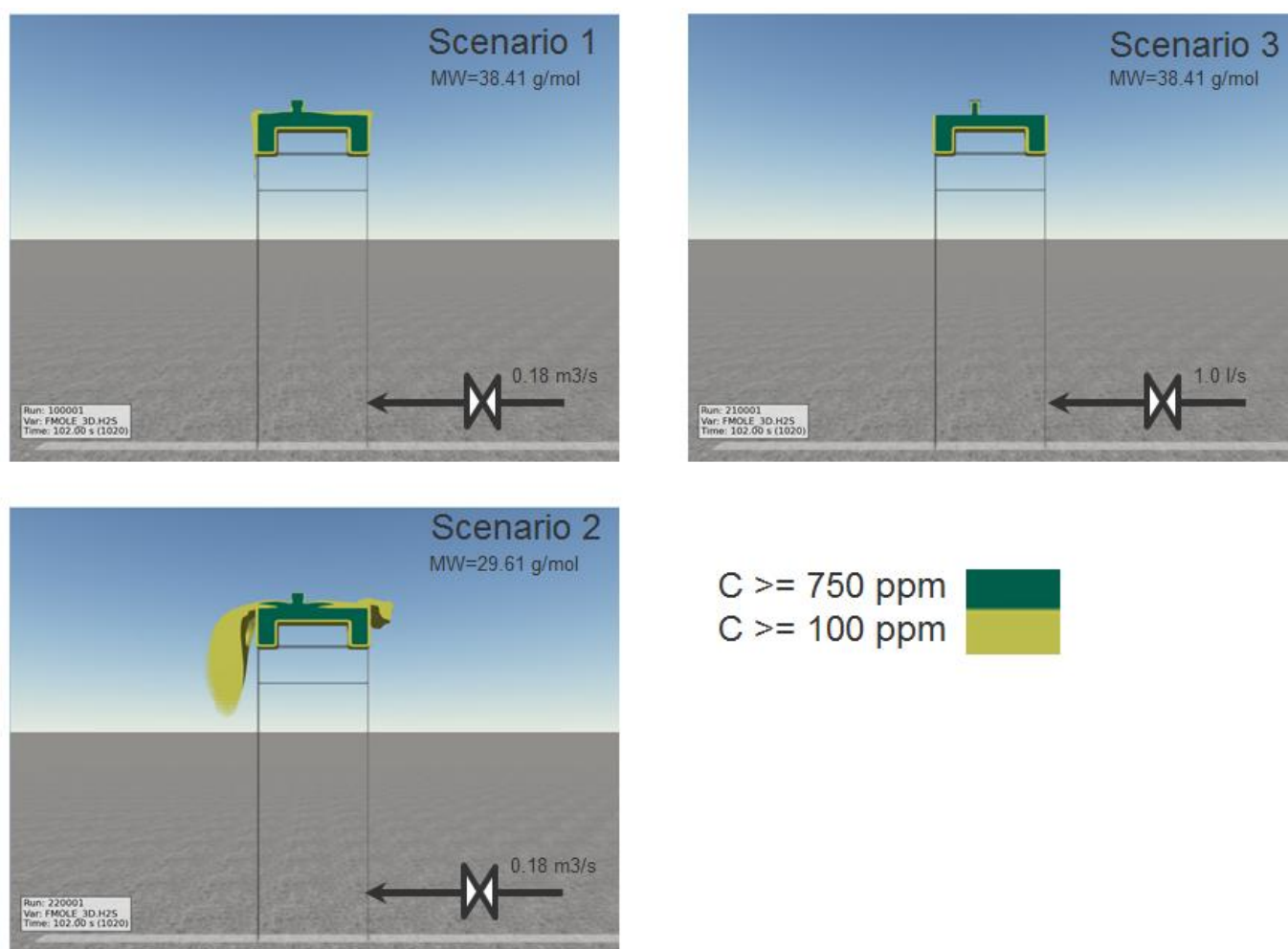
Innløpsbetingelsene til gassvolumet er definert ved væskespeilet i reaktoren.

Vind er påtrykt fra høyre mot venstre. Benyttede vindhastigheter (i tillegg til vindstille 0.1 m/s) er 2 og 8 m/s.

5 Simuleringer og analyse

5.1 Gasskytbredelse til 100 ppm (vindstille)

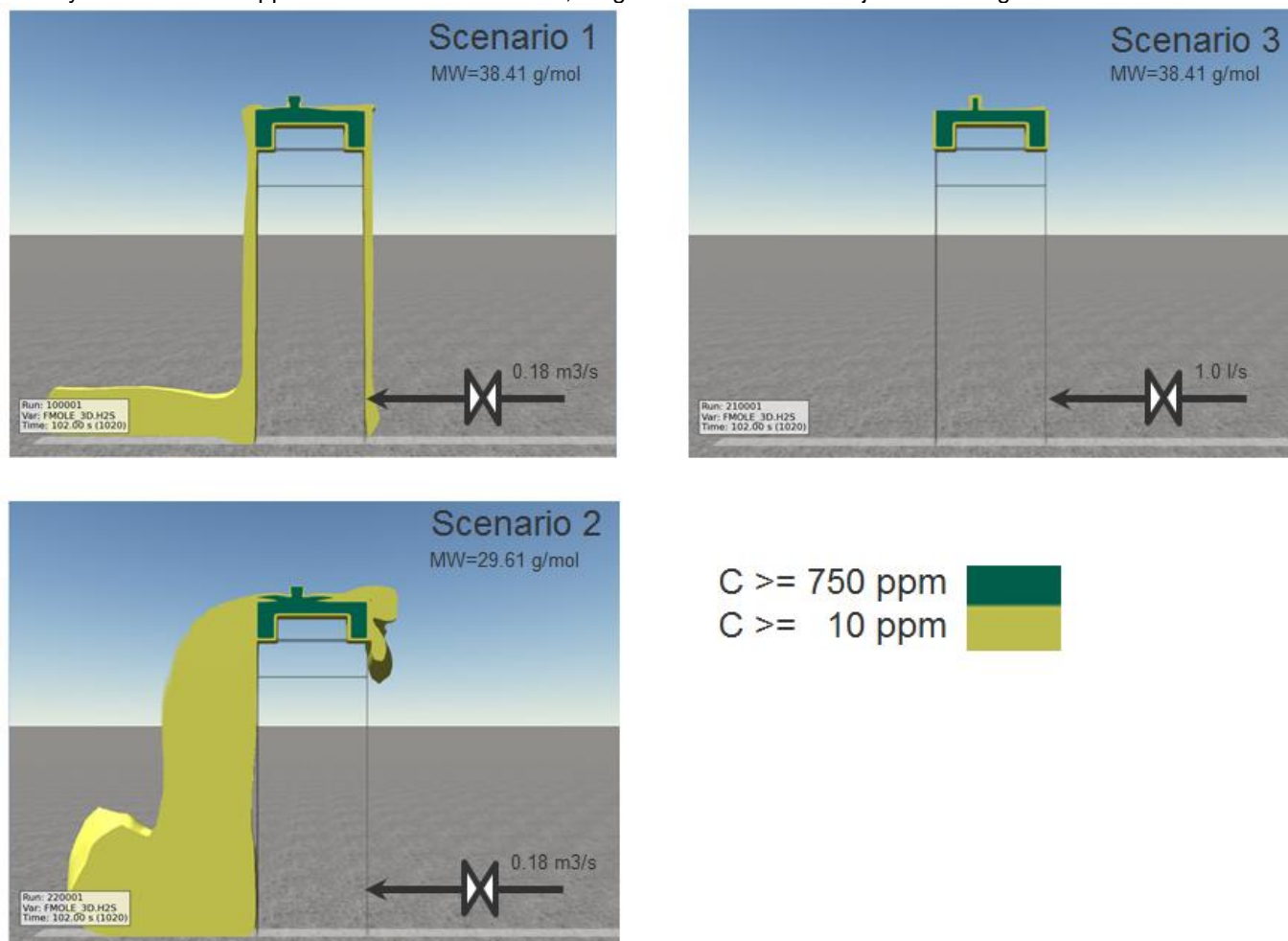
Gasskytbredelse til 100 ppm H₂S for hhv. Scenario 1, 2 og 3 ved vindstille situasjon er vist i figur 4.



Figur 4 Gasskytbredelse for 100 ppm H₂S (gul kontur). Grønn kontur representerer utbredelsen til 750 ppm.

5.2 Gasskytbredelse til 10 ppm (vindstille)

Gasskytbredelse til 10 ppm H₂S for hhv. Scenario 1, 2 og 3 ved vindstille situasjon er vist i figur 5.



Figur 5 Gasskytbredelse for 10 ppm H₂S (gul kontur). Grønn kontur representerer utbredelsen til 750 ppm.

Se for øvrig vedlegg 1 og 2 for gasskytbredelse ved forskjellige vindsituasjoner.

5.3 Diskusjon og analyse

Simuleringene viser at situasjonene med tilførsel av luft vil gi et overtrykk i gassfasen i reaktoren som resulterer i at gass med H₂S ventileres ut gjennom vent på tanktopp.

Vindstille situasjon

Simuleringene for en vindstille situasjon viser at det vil kunne oppstå lokale soner rundt vent, anslått radius 1.5-2 meter, som kan ligge i konsentrasjonsområdet tett opp mot 1000 ppm H₂S (altså den samme konsentrasjonen som man initielt har i gassfasen). Sonen til 100 ppm H₂S kan utstrekke seg med en radius på ca. 6 meter og kan omslutte utvendig reaktorvegg. Sonen til 10 ppm H₂S vil kunne eksponere hele reaktoren utvendig samt områder på bakkenivå, estimert potensiell avstand opp til 25-30 meter fra reaktoren. Avstanden kan etterberegnes ved behov.

Situasjoner med vind

Ved situasjon med vind (> 2 m/s) vil man fortsatt kunne eksponere tanktopp, inklusive utvendige reaktorvegg med konsentrasjoner opp til 10 ppm H₂S, dog ikke store området på bakkenivå. På reaktor tanktopp vil man kunne ha lokale

soner med konsentrasjoner opp til 100 ppm H₂S, mens de aller høyeste konsentrasjonene (opp mot 1000 ppm H₂S) vil man kun bli eksponert for dersom man er helt tett innpå ventåpningen.

Scenario 3 (uten lufttilførsel)

For disse situasjonene med avstengt reaktor, kan man ikke utelukke at et svakt overtrykk kan gi eksponering i områdene rundt ventåpning. Den er derimot vurdert som mindre sannsynlig ved situasjoner med vind.

6 Usikkerhet

Sammensetning

Sammensetning er basert på mottatt informasjon fra granskningsgruppen. Dersom konsentrasjon av H₂S i gassfasen er overpredikert med en faktor 2 (skulle ha vært 500 ppm og ikke 1000 ppm) så kan man estimere, uten å gjøre for store feil, at utbredelsesplottene til 100 og 10 ppm, i stedet representerer 50 og 5 ppm henholdsvis. Dersom konsentrasjonen skulle ha vært 2000 ppm H₂S, så representerer 100 og 10 ppm plottene 200 og 20 ppm. Konsentrasjonsnivået i gassfasen forblir derfor en usikkerhet som må diskuteres i totalbildet.

Lufttilførsel

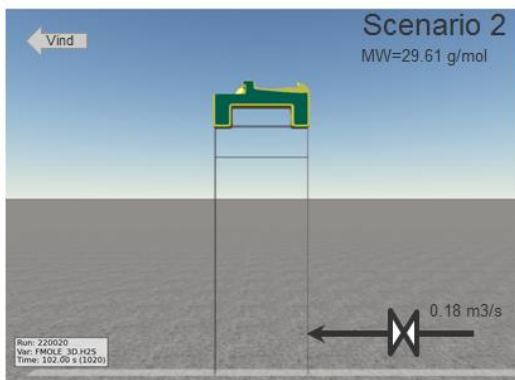
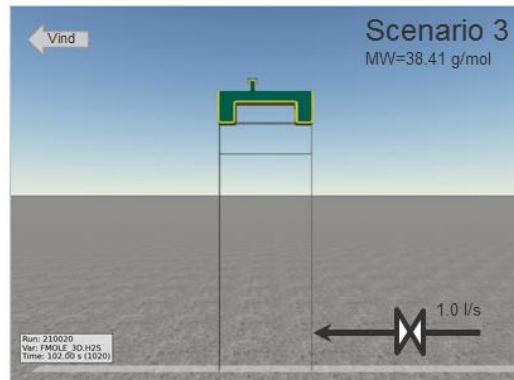
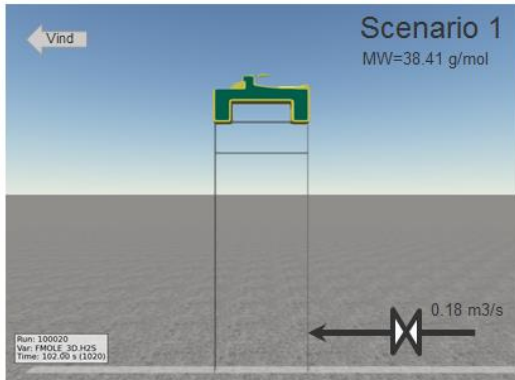
Lufttilførselen er estimert ut fra en antagelse på at sluseventilen stod 25% åpen (2 av 8 tårn). Det gir et effektivt åpningsareal på ca. 100 mm² og tilkoblet et luftrykk på ca. 10 barg så gir dette en tilført luftmengde ca. 0.18 m³/s. Det er en oppfatning om at luftmengden er estimert noe konservativt (høyt).



Det er ikke gjennomført sensitiviteter på forskjellige luftmengder, men det er naturlig å anta at en høyere tilført luftmengde vil resultere i større mengder H₂S ut fra ventilasjonsåpningen og dermed potensielt en større gassky.

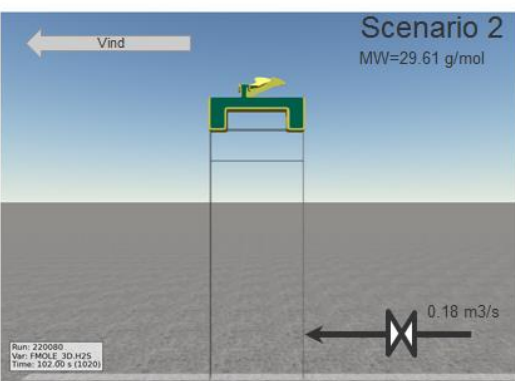
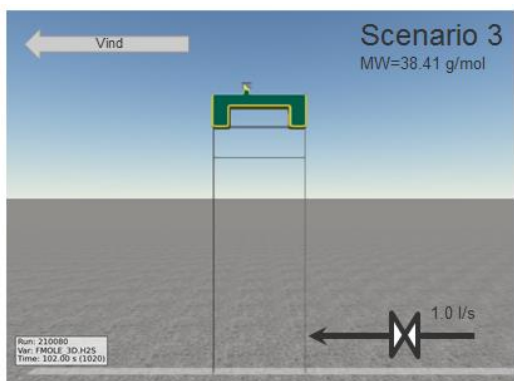
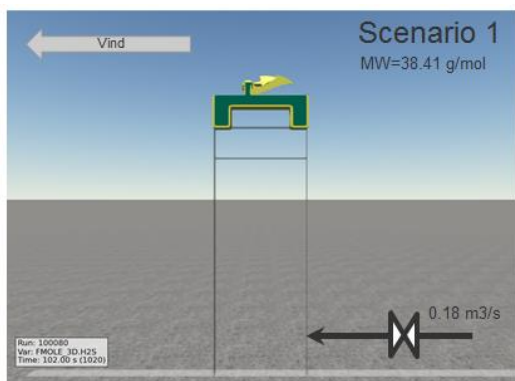
Kartesiske koordinater



FLACS er benyttet som simulator med kartesiske koordinater. Er vurdert til å mindre innflytelse på situasjonene man ønsker å belyse med gasspredningstudien. En kan forvente en noe forsterket storskala av-virvling over tanktopp og ved reaktorvegger for vær-situasjoner med høy vind. Dette kan gi noe overpredikerte gasskyer rundt reaktoren.

7 Vedlegg 1 Utbredelse til 100 ppm ved 2 og 8 m/s

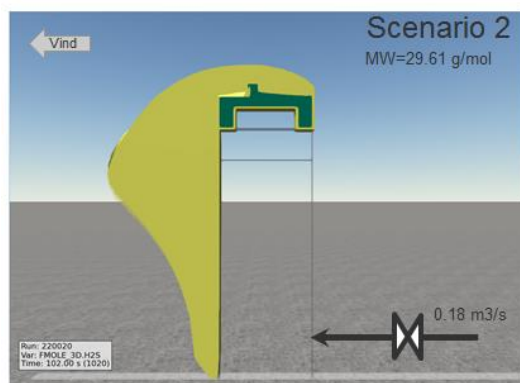
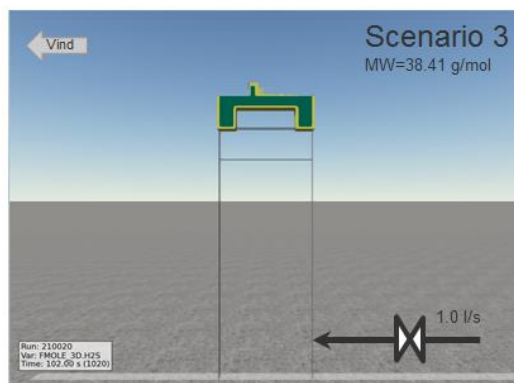
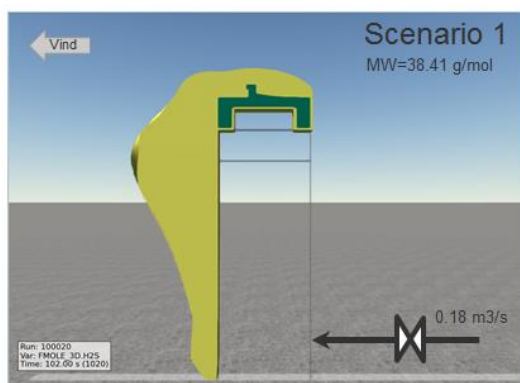




C ≥ 750 ppm 
C ≥ 100 ppm 

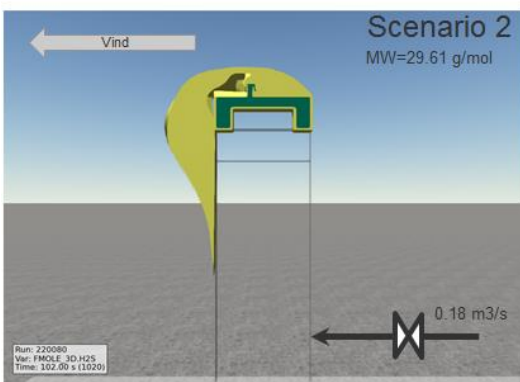
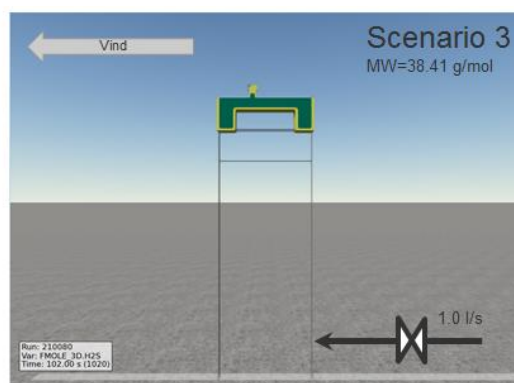
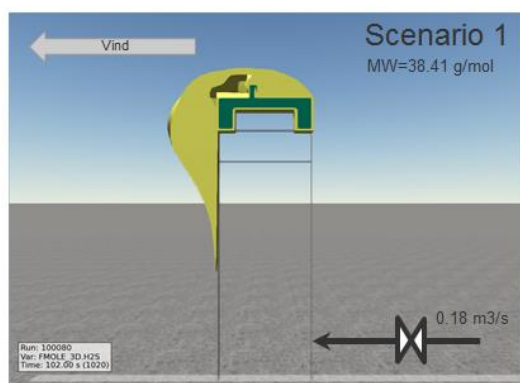



C ≥ 750 ppm 
C ≥ 100 ppm 

8 Vedlegg 2 Utbredelse til 10 ppm ved 2 og 8 m/s



C ≥ 750 ppm 
C ≥ 10 ppm 



C ≥ 750 ppm 
C ≥ 10 ppm 