



Trafikolycka med tankbil lastad med flytande metan (LNG/LBG)

Riksväg 44, Grästorps

2022-12-28 – 2022-12-30

Förutsättningar

Uppdragsgivare: Räddningstjänsten Skaraborg

Uppdrag: Utvärdering av räddningsinsats

Utredare

Rasmus Frid, Brandingenjör på Räddningstjänsten Skaraborg, med tolv års erfarenhet från förebyggande och operativt arbete på kommunal räddningstjänst. Rasmus tjänstgör som Regional Insatsledare och är utbildad brandorsaks- och olycksutredare.

Kvalitetssäkring

Innehållet har granskats av Erik Lyckebeck, Magnus Areflykt, Henrik Ahlstrand, Mats Johansson, Fredrik Öhgren och Mattias Wejshag

Upphovsrätt

Foton i rapporten tillhör Räddningstjänsten Skaraborg, om inget annat anges i bildtexten.

Larminformation

Datum: 2022-12-28

Larmtid: 13:15:14

Adress: Riksväg 44, Grästorp

Olyckstyp: Trafikolycka, singel, farligt gods

Händelserapport: G2022.153853

SOS-ärendenummer: 19.10446650.2

Friskrivning

Den rapport bör ej ses som en vetenskaplig rapport och resultat av beräkningar, resonemang och slutsatser bör användas med försiktighet. Ingående data kommer från trovärdiga källor men fel kan förekomma då en grundlig faktagranskning ej har genomförts.

Sammanfattning

Den 28/12 2022 13:15 inkommer larm till räddningstjänsten om trafikolycka med en tankbil lastad med farlig gods. Vid framkomst konstateras att lasten består av flytande metan. Räddningsarbetet blir långdraget och tankbilen bärgas från platsen knappt tre dygn efter att händelsen inträffat.

Insatsen präglas av svårigheten att göra korrekta riskbedömningar för att kunna genomföra bärgningen på ett säkert sätt. Information från experter på området pekar många gånger åt olika riktningar vilket försvårar beslutsfattandet under insatsen.

Inga allvarliga konsekvenser uppstår under insatsen men marginalerna har varit betydligt mindre än vad som bedömts. Öppningstrycket för övertrycksventilerna har missbedömts till 7 bar men har i praktiken varit 3,4 bar. Detta har inneburit en betydligt större risk för ett okontrollerat gasutsläpp i vätskefas via övertrycksventilerna än som varit känt under insatsen.

Händelsen är också den första av sitt slag i Sverige där en nationell kemenhet använder utrustningen för avfackling. Utrustningen har haft en avgörande roll i insatsen och avfackling skedde totalt under ca 30 timmar.

Utvärderingen av insatsen har identifierat en rad utvecklingsbehov. Bland annat är en slutsats att det finns ett stort behov av att kunna leda bort ett utsläpp från avblåsningsröret, på ett säkert och kontrollerat sätt, om övertrycksventilerna öppnar. Denna förmåga är något som saknas i dagsläget men behövs för att kunna hantera likvärdiga händelser på ett ännu säkrare sätt.

Innehåll

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Inledning..... | 1 |
| 1.1 | Lagstöd | 1 |
| 1.2 | Syfte..... | 1 |
| 1.3 | Mål..... | 1 |
| 1.4 | Metod..... | 1 |
| 1.5 | Avgränsningar | 1 |
| 2 | Händelseförloppet | 2 |
| 2.1 | Olycksförloppet | 2 |
| 2.2 | Räddningsinsatsen | 2 |
| 2.2.1 | Innan räddningstjänstens framkomst..... | 2 |
| 2.2.2 | Uppstart | 3 |
| 2.2.3 | Fortsatt insats dag, 1, 2022-12-28 | 4 |
| 2.2.4 | Fortsatt insats, dag 2, 2022-12-29 | 5 |
| 2.2.5 | Fortsatt insats, dag 3, 2022-12-30 | 7 |
| 2.2.6 | Användning av avfacklingsenheten | 9 |
| 3 | Bakgrund..... | 12 |
| 3.1 | Olycksplatsen..... | 12 |
| 3.2 | Fordonet..... | 12 |
| 3.2.1 | Trailerkonstruktion..... | 13 |
| 3.2.2 | Yttertanken | 13 |
| 3.2.3 | Vakuumsiktet | 14 |
| 3.2.4 | Innertanken..... | 15 |
| 3.2.5 | Övertrycksventilerna | 17 |
| 3.2.6 | Ventiler, kopplingar och mätare..... | 18 |
| 3.3 | Lasten..... | 20 |
| 3.4 | Faktiska skador | 21 |
| 4 | Omvärldsanalys | 24 |
| 4.1 | Statistik och tidigare erfarenheter..... | 24 |
| 4.2 | Vägledningar | 24 |
| 4.2.1 | Energigas Sverige – Åtgärder vid nödsituationer under transporter av flytande metan (LNG och LBG) Tankbil och Tankcontainer | 24 |
| 4.2.2 | Energigas Sverige – Teknisk specifikation för beredskapsutrustning vid nödsituationer under transport av energigas | 25 |
| 4.2.3 | Räddningsinsatser vid händelser med gasdrivna fordon..... | 25 |
| 4.2.4 | Dokumentation tillhörande den specifika tanken..... | 25 |
| 5 | Analys..... | 26 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.1 | Riskbedömning och åtgärder | 26 |
| 5.1.1 | Uppstartsskedet | 26 |
| 5.1.2 | Etablering och inledande åtgärder..... | 26 |
| 5.1.3 | Förberedelser för bärgning | 29 |
| 5.1.4 | Bärgning och avslut av räddningsinsats, dag 3 | 30 |
| 5.1.5 | Användning av avfacklingsenheten | 31 |
| 6 | Diskussion | 33 |
| 6.1 | Riskbedömning..... | 33 |
| 7 | Slutsats | 36 |
| 7.1 | Lärdomar | 36 |
| 7.2 | Framgångsfaktorer..... | 36 |
| 7.3 | Utvecklingsområden..... | 36 |
| 7.4 | Förslag på åtgärder | 37 |
| | Referenser..... | 39 |
| | Bilaga 1 | 40 |
| | Bilaga 2 | 42 |

1 Inledning

Nedan ges en inledande beskrivning av vilket lagstöd som föranleder insatsutvärderingen samt utvärderingens syfte, mål, metod och avgränsning.

1.1 Lagstöd

Enligt lag (2003:778) om skydd mot olyckor 3 kap. 10 § ska en kommun, efter avslutad räddningsinsats, se till att olyckan undersöks för att i skäligen omfattning klarlägga orsakerna till olyckan, olycksförloppet och hur insatsen har genomförts.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att möjliggöra ett lärande och en erfarenhetsåterföring samt utvärdera hur insatsen har genomförts, med särskilt fokus på de faktiska riskerna samt riskbedömningen och hur denna har genomförts.

1.3 Mål

Det övergripande målet är att dra lärdom av den genomförda räddningsinsatsen, genom att lyfta fram framgångsfaktorer och utvecklingsområden samt att ge förslag till åtgärder för att förenkla och förbättra förutsättningarna för liknande händelser.

1.4 Metod

Information om tankbilen, händelsen och händelseutvecklingen är inhämtat från erfarenhetsåterföringsmöte med insatspersonal, händelserapport, bilder tagna vid insatsen samt undersökning av den olycksdrabbade trailern efter olyckan.

Inom ramen för insatsutvärderingen har en omvärldsanalys genomförts av de beslutsstöd som finns att tillgå för olyckshändelser med transporter av flytande metan. Denna information har använts för att utvärdera den egna riskbedömningen och de vidtagna åtgärderna samt för att ge åtgärdsförslag.

1.5 Avgränsningar

Denna rapport omfattar inte någon utredning av orsak eller någon fördjupad utredning kring olycksförloppet. Utvärderingen omfattar insatsen och den inre ledningens arbete med att stötta räddningsledaren, från det att räddningstjänsten larmades till dess att insatsen avslutades.

2 Händelseförloppet

I detta kapitel beskrivs händelseförloppet och räddningsinsatsen, från det att larmet inkommer till dess att räddningsinsatsen avslutas. Beskrivningen baseras på händelseloggar, händelserapporter samt erfarenhetsåterföringsmöte med insatspersonalen.

2.1 Olycksförloppet

Tankbilen lastas i Lidköping med kylkondenserad metan (LBG) och kör i riktning mot Grästorp då olyckan sker. Olycksplatsen ligger ca 28 km från tankbilens startposition. Tankbilen går ner i diket på höger sida i körriktningen precis innan en svag vänstersväng. I diket sticker det upp en mindre bergsknalle som dragbilen slår i och delvis klättrar upp på, innan den går tillbaka ut på vägbanan. Troligtvis slår även den främre gaveln av trailern i bergsknallen (Figur 1). I samband med avåkningen välter ekipaget och lägger sig med höger sida ner mot vägbanan.



Figur 1. Olycksplatsen

2.2 Räddningsinsatsen

Nedan beskrivs räddningsinsatsens genomförande, fördelat på ett antal tidsskeden.

Vid tidpunkten för insatsen var temperaturen någon minusgrad och temperaturen pendlade under hela insatsen runt 0 grader. Vindriktningen var under större delen av insatsen sydlig till sydvästlig med styrkor över 2 m/s.

2.2.1 Innan räddningstjänstens framkomst

13:15 – Larm inkommer till räddningstjänsten onsdagen 28/12 2022 klockan 13:15. Flera personer larmar och i larmsamtalen framkommer att en tankbil ligger på sidan i diket. Det framkommer också att den kan vara lastad med farligt gods samt att vit rök syns från fordonet.

13:20 – Ca 5 minuter efter första larmsamtalet ringer chauffören själv till SOS och meddelar att hen är ute ur fordonet. Initialt larmas Grästorps deltid samt Insatsledare (IL).

13:24 – Regional insatsledare (RIL) kvitterar larmet och beger sig mot olycksplatsen.

Vakthavande befäl (VB) söker mer information om händelsen under framkörning. Det är okänt vad tankbilen är lastad med fram tills att första enhet är framme.

VB påbörjar förberedelser av den nationella kemenheten, som finns placerad i Skövde, ifall det skulle visa sig att behov av den finns.

Vakthavande räddningschef (VRC) uppfattar larmet och går in till ledningscentralen.

2.2.2 Uppstart

13:33 – Ca 12 minuter efter larm är Grästorps deltid framme på olycksplatsen. I framkomstrapporten meddelas att tankbilen ligger på sidan och att vägen är helt blockerad. Den är lastad med metangas och det är misstänkt läckage.

13:40 – VB meddelar att riskavstånd vid litet utsläpp är 100 meter och vid stort utsläpp 300 meter.

Grästorps påbörjar insats i branddräkt samt med ex-mätare framme vid tankbilen. En säkerhetsman är klädd i branddräkt och andningsskydd men övriga i styrkan är endast iklädda branddräkt. Styrkan meddelar att något typ av läckage förekommer, men det är osäkert om det är tryckluft eller gas som läcker. De hänger en explosimeter på tanken, i närheten av där de hör ett pysande ljud, som ej ger något utslag. De försöker få undan personer och andra fordon från tankbilens närhet.

13:52 – IL 3080 övertar räddningsledarskapet. Evakuering av boende och personer inom 100 meter påbörjas.

13:56 – VB söker RVR-ledare

14:08 – Kontakt tas med åkeriet som meddelar att de åker till platsen. De har själva ingen möjlighet till läktring men att det ska finnas tankbil med läktringsmöjlighet i Mariestad. Enligt åkeriet är lasten ca 12-13 ton. Detta revideras en stund senare till 18 ton.

VB bedömer efter inkomna rapporter och samtal med åkeriet att händelsen är statisk och att behovet för att komma vidare i insatsen är antingen läktring eller avfackling.

14:21 – Miljö-RVL tar kontakt med räddningstjänsten, men bedömer att det inte finns behov av dennes hjälp utifrån läget just nu.

14:36 – RIL är framme på olycksplats och övertar räddningsledarskapet. Rapporterar att det inte finns tecken på läckage men att det ej kan uteslutas. Riskområdet är utrymt. Riskerna med insatsen är brand, explosion samt risk för köldskador vid kontakt med ämnet. Het zon 30m varm 100m och förbud att vistas bakom bilen, uttalas.

Inriktningen på insatsen blir defensiv tills åkeri anländer till platsen. Mer information om tankens konstruktion och läktringsmöjligheter behövs innan åtgärder vidtas. Information framkommer att eventuellt övertryck kommer omhändertags av övertrycksventiler på tanken.

2.2.3 Fortsatt insats dag, 1, 2022-12-28

Insatsen under de kommande timmarna går ut på att söka mer information om trailern och hur olyckan kan hanteras på bästa sätt. Kontakt tas med MSB, Gasum, Åkeriet samt andra kunniga i gasbranschen för att få hjälp.

Information framkommer att övertrycksventilerna ska fungera oavsett om de ligger i vätskefas eller gasfas. Vad öppningstrycket för ventilerna är, är inte känt då det inte har identifierats på trailern. Istället uppskattas öppningstrycket av experter på plats att det ligger mellan 5-7 bar då det är det vanliga på denna typ av trailer. Det betonas att trycket i tanken ska övervakas. För avläsning av tryck ska manometrar finnas på vänster sida. Dock hittas ingen manometer på vänster sida, däremot syns manometrar på höger sida (nedåt mot marken) som alla visar 0 vid en första kontroll.

16:00 – Den nationella kemenheten är framme på olycksplatsen. Initialt etableras enheten på platsen men facklor kopplas ej upp förrän senare.

17:47 – Det meddelas till VB att ingen möjlighet till tryckövervakning finns. Vid denna tidpunkt har tankbil för läktring anlänt till platsen.

Chauffören till den nyligen anlända tankbilen lyckas lägga en spegel under skåpet, som ligger ner mot marken, och på så sätt är det möjligt att läsa av trycket i den skadade tanken. Vad trycket läses av till har ej dokumenterats och ej gått att få fram under utredningsarbetet.

Det sätts en taktisk plan till att först läktra sedan avfackla för att därefter bärga.

18:15 – Samråd sker med TIB på MSB som bekräftar att den tänkta planen är lämplig.

Samråd sker även med personal från Perstorp som informerar om att det är olämpligt att bärga med full last samt att avblåsningröret bör förlängas med slangar för att kunna leda bort ett eventuellt utsläpp om trycket stiger och övertrycksventilerna öppnar.

19:46 – Rapporteras att tankbil för läktring är uppkopplad mot olycksfordonet. Trycket i tanken läses av på mottagande bil till 4,5 bar. Läktring bedöms påbörjas inom 2 timmar. För att kunna läktra behöver trycket i den skadade tanken höjas. Detta görs med hjälp av förångaren som sitter på den skadade tanken. Bottenventilen öppnas samt ventilen till förångaren och vidare till gasbalansledningen som leder in i toppen på tanken. Tryckluft används för att blåsa på förångaren för att påskynda förångningen. Dock går det långsamt då hela förångaren och rörsystemet bedöms vara fyllt med vätska på grund av att bilen ligger på sidan.

Avlösande RIL har sedan tidigare kallats in och infinner sig på Skövde brandstation och läser där igenom vägledning från Energigas Sverige "*Åtgärder vid nödsituationer under transporter av flytande metan (LNG och LBG) Tankbil och Tankcontainer*". Vägledningen innehåller ett antal scenarier med åtgärdsförslag där det bedöms vara scenario "*5.1 Transportenhet har kört av vägen, krockat eller välvt och bedöms vara tät*" som är aktuellt. Det behöver dock bekräftas att vakuumet kvarstår för att vara säker.

21:32 – Läktring påbörjas. Mottagande bil släpper trycket i sin tank till det fria (Figur 2) med jämna mellanrum för att möjliggöra flöde från den skadade tanken.



Figur 2. Gasbildning då trycket släpps från den mottagande trailern vid läktring

22:51 – Det meddelas att läktringen fortgår men att det går långsamt. Det bedöms ej gå att avfackla resterande mängd på grund av att trycket i den skadade tanken blir för lågt. Fordonet måste lyftas rätt för att det skall finnas möjlighet att läktra resten av tanken. Bedömning görs att tanken måste lyftas med stroppar då konstruktionen ej håller för att lyftas med kuddar. Representanter för kranföretag begärs till platsen för bedömning.

23:37 – Avlösande RIL övertar räddningsledarskapet. Han rapporterar att det är problem med läktringen och att endast 1,5 ton har läktrats så här långt, då tryckdifferensen mellan tankarna är för lågt. Olika alternativ utreds för att öka tryckdifferensen för att kunna fortsätta läktringen. Enligt tillverkaren av tanken bör lyft med kran vara möjligt om ca 9 ton finns kvar, vilket motsvarar en halvfull tank.

Han bedömer också att vakuuemet med största sannolikhet finns kvar. Detta utifrån att expertis på plats säger att om vakuuemet försvunnit skulle ventilen i bak på tanken falla ur. Det skulle också uppstå tydlig frost på utsidan av tanken samt att trycket i tanken skulle öka mer än vad det har gjort.

2.2.4 Fortsatt insats, dag 2, 2022-12-29

01:12 – Avfackling påbörjas, som då sker från gasfasen, från mottagande tankbil. Detta för att kontinuerligt hålla nere trycket i mottagande tank och på så sätt få en större tryckdifferens och därmed ett större flöde.

En ny riskbedömning görs inför att facklorna ska tändas. Het zon precis bredvid fordon där läktring sker och i varm zon gäller ingen särskild skyddsutrustning. Avspärning och utrymning gäller fortfarande.

05:07 – Det rapporteras att tre alternativ utreds för den fortsatta insatsen. Alternativen utreds i samråd med åkeriet, expertis på konstruktionen samt bärgare.

1. Avfackla tanken tills den är tom.
2. Avfackla och läktra tills 9 ton återstår och därefter bärga.
3. Avveckla räddningsinsatsen och lämna över fortsatt hantering till åkeriet.

05:32 – Beslutas att inriktningen är alternativ 2.

09:00 – Läktringen avbryts då det inte längre är något flöde. Uppskattningsvis har 7-8 ton läktrats totalt.

10:27 – Bärgare och kranföretag bedömer att det är för riskabelt att bärga och kan inte åta sig uppdraget. Detta då det är last kvar i för stor mängd och att tanken kan rämna vid ett lyft.

En ny inriktning blir att utreda om det går punktera vakuumet för att öka takten på avfacklingen direkt från den skadade tankbilen.

10:40 – Efter samråd med expertis beslutas att inte punktera vakuumet. Tre expertutlåtanden har inhämtats där de alla lämnar olika besked om riskerna med den åtgärden. En säger att det är en förutsättning att punktera vakuumet för att kunna fackla av från gasfasen, en annan säger att det inte spelar någon roll om det är vakuum eller ej och en tredje säger att det är för riskabelt och att det kan orsaka en okontrollerad uppvärmning och tryckökning med risk för kärlsprängning som följd. Räddningsledaren väljer behålla vakuumet intakt på grund av osäkerheterna kring konsekvenserna.

11:13 – Tanktillverkaren har meddelat att det beräknas ta 4 månader att fackla av resterande 10 ton genom avfackling från gasfas, med vakuumet intakt.

Avfackling påbörjas direkt från den skadade tanken i väntan på fortsatta utredningar.

Räddningsledaren vill att stabsarbete påbörjas för att utreda följande

- Hur kan vi riskreducera vid en bärgning?
- Hur kan vi personalförsörja en långvarig avfackling?

Under eftermiddagen återkommer kranbolaget och bärgare med en ny plan för bärgning som de tror är genomförbar på ett säkert sätt. Ny personal kallas in från räddningstjänsten för att göra en riskbedömning och planera för riskreducerande åtgärder inför en eventuell bärgning. Räddningstjänstens ledningsteam på skadeplats består av två RIL, varav en av dem är räddningsledare, samt IL.

En riskbedömning och en plan görs för hur bärgningen kommer att gå till och beslut tas att arbetet ska påbörjas 09:00 kommande dag (30/12).

17:51 – Räddningsinsatsen avslutas då det inte bedöms föreligga behov av ett snabbt ingripande. Bevakning under natten kommer att ske av räddningstjänstens personal men på ägarens bekostnad vilket beslutas i samråd med RVR-ledare. Planen är att räddningsinsatsen återupptas då bärgningsmomentet påbörjas kommande dag. Skulle läget ändras under natten kan räddningsinsatsen återupptas. Under hela natten fortgår avfackling och manometertrycket på tanken kontrolleras löpande. Manometern visar vid samtliga kontroller 0,8 bar.

2.2.5 Fortsatt insats, dag 3, 2022-12-30

08:30 – Beslut om att inleda räddningsinsats tas. Ambulans och Polis begärs till platsen då riskerna bedöms bli större i samband med att bärgningen ska påbörjas.

09:00 – Planen för bärgningen, riskbedömning samt räddningstjänstens taktiska plan redogörs vid ett möte med samtliga inblandade parter och lyder som följer:

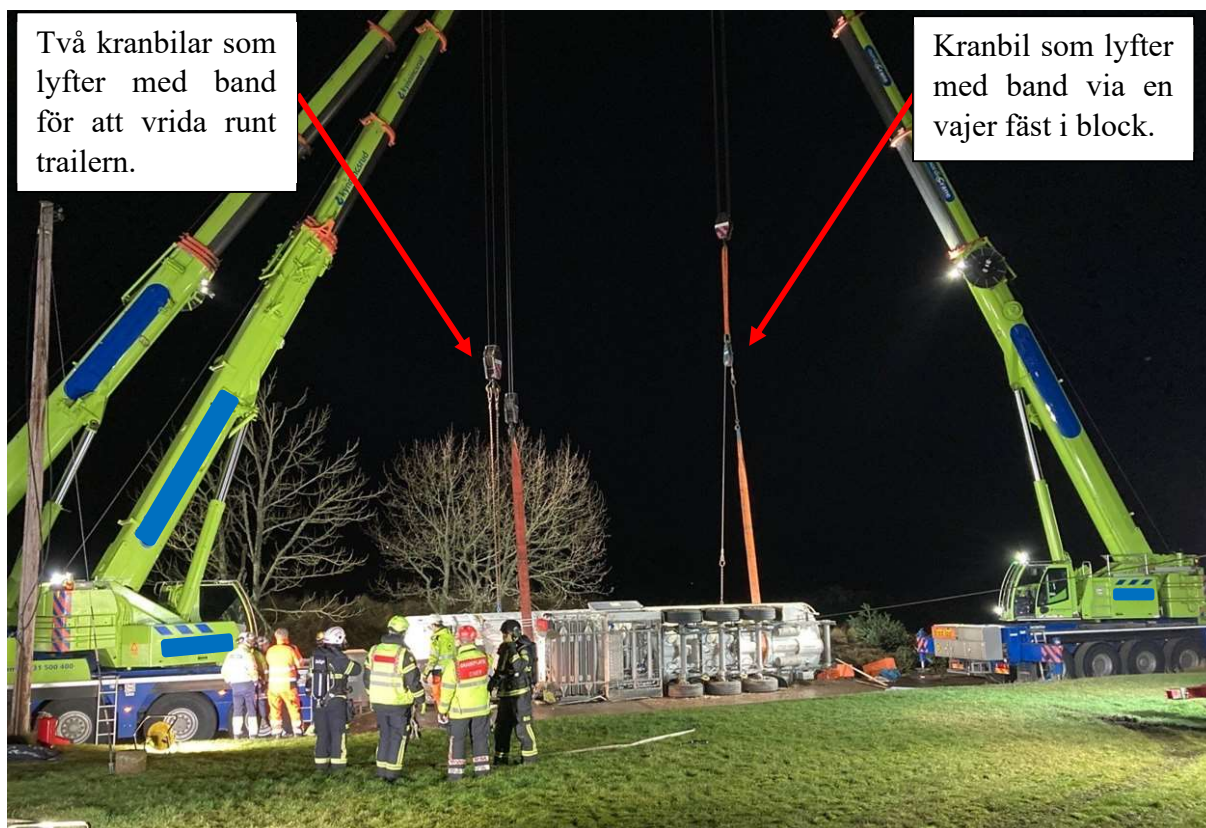
Plan för bärgning:

Bärgningen kommer ske i två steg. Dragbilen kommer lossas från trailern och därefter dras fram av en bärgningsbil. När den är fri från trailern ska den lyftas bort med en kranbil. Samtidigt stabiliseras trailern av en annan kranbil samt en bärgningsbil. Då dragbilen behöver dras i sidled kan det innebära risk för värme/gnistor. Under det momentet ska räddningstjänsten lägga vatten under dragbilen mot asfalten för att minimera risken för antändning.



Figur 3. Beskrivning av första steget i bärgningen för att få bort dragbilen.

Andra steget i bärgningsarbetet ska ske genom att lyfta upp och vrida trailern upp på hjulen. Detta ska göras med tre kranbilar. En kran lyfter via ett 300mm brett band, placerat i den bakre delen av trailern. Bandet sitter med en vajer i ett block så att det kan följa med rotationen av trailern. Två kranar lyfter i ett likadant band vid den främre gaveln där den ena kranen lyfter och den andra släpper efter, för att få trailern att rotera.



Figur 4. Beskrivning av andra bärgningsmomentet då trailern lyfts.

Räddningstjänstens riskbedömning och taktiska plan:

Det andra bärgningsmomentet bedöms som det mest riskfyllda. Tanken, eller komponenter på tanken, skulle kunna skadas ytterligare och leda till läckage i någon omfattning. Risken för att tanken inte skulle hålla att lyfta på det sätt som planeras, bedöms som liten och bärgningen beslutas att genomföras enligt plan. Detta grundas på information från tillverkaren av tanken samt den samlade bedömningen gjord av experter på plats utifrån skadeläget.

Dock så är inte lyftet riskfritt och skulle något oförutsett inträffa så finns en insatsstyrka (1+4) på vardera sida om olyckan samt en styrka för att hantera kemenheten. Insatsstyrkorna har direktkontakt med, och styrs av en storsektorchef (IL-3080). Den taktiska planen och uppgiften till styrkorna är:

Förbered för att kunna gå fram med andningsskydd och skyddsstråle samt att, vid given order, evakuera personer vid större läckage eller brand. Använd skyddsstråle för att styra gasmoln men undvik att spruta vatten på vätskepölar. Mindre brand släcks med pulver. Vid order om att utrymma skadeplatsen ska fordon i vindriktningen stängas av och utrymning ske till fots. Vid utrymning mot vindriktning flyttas, om möjligt, fordon med.

Innan lyftet påbörjas ska säkerställas att trycket i tanken är så lågt som möjligt och därför ska manometern läsas av samt avfackling ske ända fram tills att bärgningen påbörjas.

09:00-12:00 – Under förmiddagen görs alla förberedelser för att genomföra steg ett av bärgningen. Samtliga delar löper på utan några betydande problem och vid 12:00 är dragbilen bärgad och bortförd från platsen.

12:00-17:30 – Efter ett lunchuppehåll påbörjas förberedelserna för steg två av bärgningen, att få upp trailern på hjulen. Då trailern ligger dikt an mot asfalten är det problem att få under

lyftbanden på rätt ställe. För att få under det bakre bandet behöver diket grävas ut, vilket görs för hand med spade. För att få under det främre bandet behöver trailern lyftas några centimeter. Metoden som väljs är räddningstjänstens små lyftkuddar. Kuddarna placeras i framkant av trailern som sedan lyfter upp tillräckligt mycket för att få under bandet.

Därefter etableras de tre mobilkranarna som sedan genomför lyftet på ett lugnt och väl koordinerat sätt.

17:29 – Räddningsledaren rapporterar att tanken står på hjulen och att lyftet har gått bra.

Avslut av räddningstjänsten och efterföljande arbete:

Efter att trailern har bärgats görs en inspektion av skadorna av räddningstjänsten samt den expertis som finns på plats. Skadorna som finns bedöms ej påverka säkerheten för den fortsatta hanteringen. Alla rörledningar, ventiler och kopplingar är oskadda och vakuumet är intakt. Åkeriet har nu själv möjlighet att tömma resterande mängd gas genom läktring och stå för den fortsatta bortforslingen av trailern.

Räddningstjänsten avslutas 18:14 2022-12-30. Räddningstjänstens personal och viss utrustning kommer dock att kvarstanna på platsen på ägarens bekostnad under det fortsatta läktringsarbetet.

2.2.6 Användning av avfacklingsenheten

Detta kapitel sammanfattar användningen av den nationella kemenheten med fokus på avfacklingen.

Behovet av att eventuellt larma kemenheten identifieras tidigt. Då det krävs omflyttning av räddningstjänstens lastväxlarfordon för att kunna åka påbörjas detta arbete innan beslut fattats om enheten ska åka eller ej, för att spara tid. Följande tider för utlarmning och framkörning finns registrerade:

13:15 – Inkommande larm till räddningstjänsten

13:53 – Kemenheten är lastad

14:59 – Kemenheten åker mot skadeplats. Enheten består av personal (1+5) och tre fordon (lastväxlare 2140, lastväxlare 2060 samt personbil 2070).

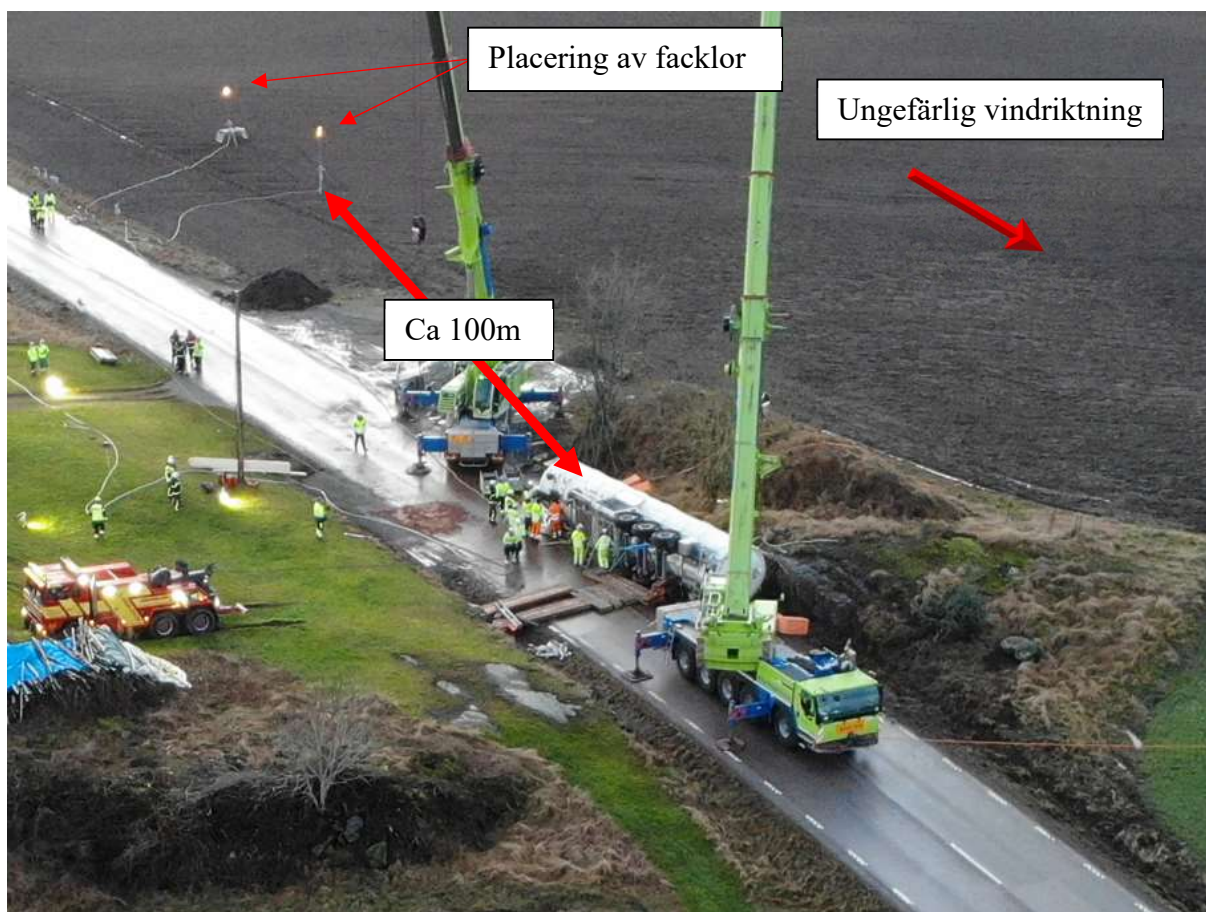
15:59 – 2070 är framme på plats. I detta fordon åker befälet för kemenheten.

16:14 – 2140 samt 2060 framme på plats.

Under framkörning söker befälet för kemenheten information om trycket i tanken, hur mycket det är i och övertrycksventilernas öppningstryck. Svar på dessa frågor finns dock ej under framkörningen.

Vid framkomst påbörjas etableringen av enheten och utrustningen samt mer information eftersöks. Då det inom kort kommer börja skymma placeras ex-klassad belysning ut runt skadeplatsen. Utrustningen för avfackling förbereds och ställs ut för att snabbt kunna kopplas på om beslutet skulle fattas.

Den första åtgärden med avfacklingsutrustningen påbörjas 01:12 (12h efter larm) och syftar till att hålla nere trycket i den mottagande bilen vid läktringen. Förångarna används ej utan uppkoppling sker direkt mot mottagande bil och avfackling sker från gasfasen. Facklorna är uppställda ca 100 meter från bilen mot vindriktningen (Figur 5).



Figur 5. Placering av facklor. Bilden är tagen längre in i insatsen då avfackling pågår direkt från den skadade trailern.

Facklorna kan föras med två olika storlekar på dysor beroende på vilket ämne som ska facklas. Då avfacklingen påbörjas är en av facklorna försedd med en stor dysa och den andra med en liten. Detta är ej ett medvetet val utan beror på att dysorna är monterade sedan tidigare. Detta gör att flödet genom facklorna blir olika (Figur 6). Då avfackling sker reduceras trycket kontinuerligt i den mottagande bilen och läktringen kan fortgå utan utsläpp av metan till det fria.

Efter att läktringen har avbrutits diskuteras åtgärden att fackla direkt från den skadade tanken och samtidigt punktera vakuemet för att öka avkokningen i tanken. För att inte riskera ett avbrott i avfacklingen måste tankens luftstyrda bottenventil kunna hållas öppen kontinuerligt. Till keminheten finns ingen kompressor med lufttank vilket bedöms vara nödvändigt för att inte riskera ett tryckfall och att ventilen stänger. Alternativet som finns att tillgå har ingen lufttank och bedöms därför ej som tillräckligt säkert att använda. En kompressor med lufttank beställs och körs brådsakande till platsen.



Figur 6. Storlek på flammorna då avfackling sker från mottagande bil vid läktring. Bild tagen 01:42, ca 30 min efter att avfacklingen påbörjades.

Åtgärden att punktera vakuomet beslutas att ej genomföras men avfackling påbörjas ändå från den skadade tanken och den nya kompressorn används för att öppna bottenventilen. Inför detta har även dysan på ena facklan bytts till den stora.

Då avfacklingen från den skadade tanken sker används ej förångarna utan facklorna kopplas direkt mot tankens uttag på vänster sida, som är det enda uttag som finns tillgängligt. När avfacklingen påbörjas blir det isbildning på hela slangen som leder fram till facklorna. Ingen vätska observeras från facklorna.

Avfackling pågår sedan kontinuerligt från den skadade tanken under ca 24 timmar fram till dess att bärgningen genomförs. Under denna tid avtar intensiteten på facklorna kraftigt och isbildningen på slangen avtar. Pilotlågorna till facklorna drivs av gasol. Gasolflaskorna som används tar slut och behöver bytas, dock oklart hur många gånger under hela insatsen.

Under insatsen kontrolleras skarvarna i slangsystemet och bultförband får dras åt vid ett par tillfällen.

Totalt under hela insatsen används facklorna aktivt under ca 32 timmar.

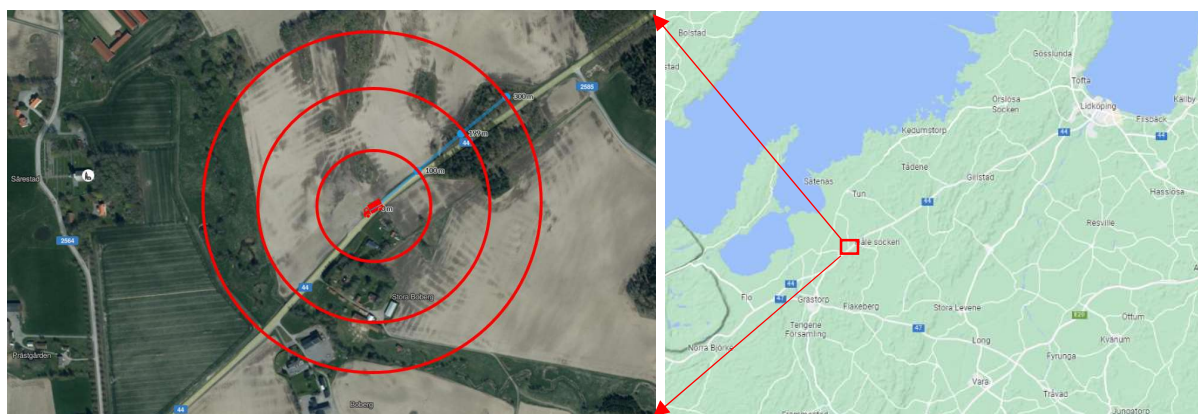
I slutskedet av insatsen när det konstaterats att öppningstrycket för övertrycksventilerna endast är 3,3 bar ombeds kemenheten att koppla på en slang på avblåsningsröret för att leda bort ett eventuellt utsläpp. Det som finns att tillgå är en kortare metallslang som fästs med silvertejp.

3 Bakgrund

I följande avsnitt beskrivs områdets förutsättningar, det drabbade fordonet samt de skador som uppkommit till följd av olyckan. Informationen i detta kapitel är inhämtad efter olyckan och räddningsinsatsen.

3.1 Olycksplatsen

Olyckan inträffade på riksväg 44 mellan Lidköping och Grästorps i sydvästlig riktning. Vägen är, vid den aktuella platsen, tvåfilig utan mittdelare eller sidoräcke med en hastighetsbegränsning på 70 km/h. Vid tidpunkten för olyckan ligger ett tunt snötäcke på vägbanan och det är mycket halt. Temperaturen är någon minusgrad.



Figur 7. Olycksplatsen



Figur 8. Vägsträckan där olyckan inträffade

3.2 Fordonet

I detta kapitel beskrivs trailerns utformning utifrån vad som är relevant för insatsen. Dragbilen har ej utgjort en väsentlig del av insatsen och beskrivs därför ej närmare.

3.2.1 Trailerkonstruktion

Trailern är tillverkad 2019 av GOFA Gocher Fahrzeugbau GmbH som är ett tyskt företag specialiserade på att designa och tillverka olika typer av transportenheter för bland annat kryogena gaser. Den är registrerad i Nederländerna vilket framgår av registreringsskylten.

Tillverkningen har skett enligt den europeiska standarden EN 13530-2:2002. Denna standard specificerar krav på transportabla kryogena vakuumisolerade tankar med en volym över 1000L avsedda för vägtrafik.

Tanken, med en volym på 59 m³, består av en yttre och en inre tank och är vakuumisolerad. Den är besiktigad och godkänt av DEKRA år 2019 och nästa inspektion skulle ha skett 2025.

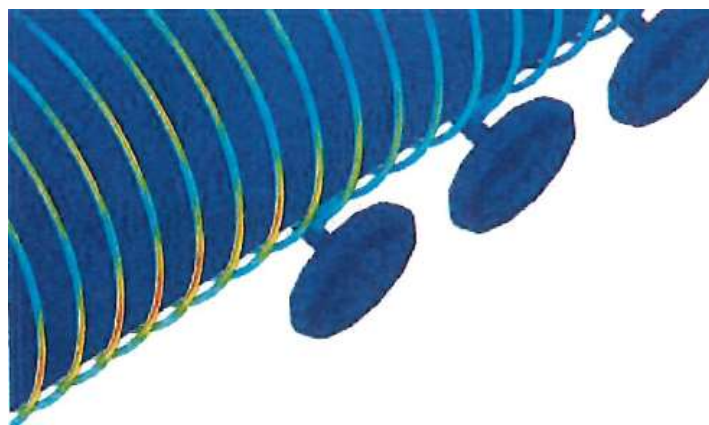
Av certifikatet från DEKRA för initial inspektion framgår följande tekniska specifikationer:

Tabell 1. Innertankens specifikationer

| | |
|--------------------------------------|------------------------|
| Maximalt arbetstryck | 3,3 bar |
| Testtryck | 5,6 bar |
| Kapacitet | 59000L |
| Tankmaterial | Stainless Steel 1.4301 |
| Designtemperatur | -196 °C. |
| Isolering | Vakuumisolerad |
| Godstjocklek gavlar innertank | 3,74-4,01 mm |
| Godstjocklek skal innertank | 3,11-3,15 mm |

3.2.2 Yttertanken

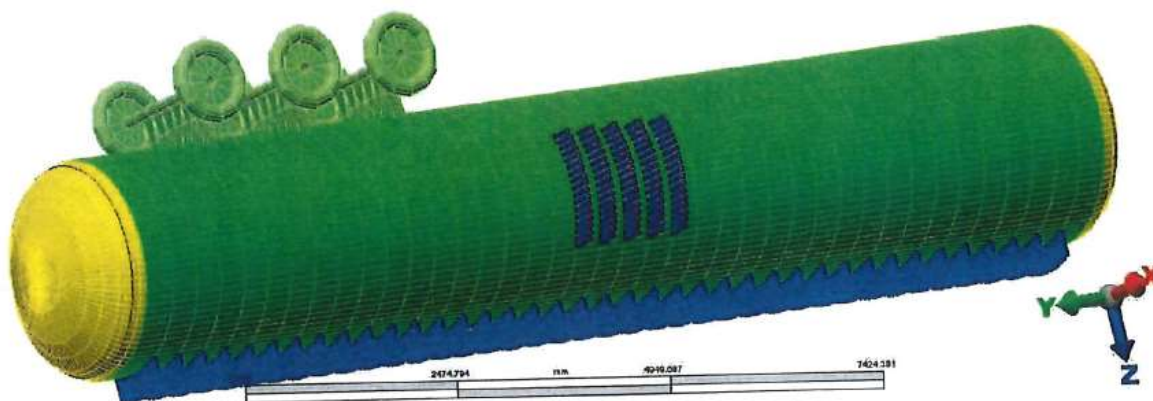
Den yttre tanken har primärt två syften. Dels att fungera som ett skydd mot skador vid yttre påverkan, dels för att möjliggöra vakuum mellan de två tankarna. Yttertanken är ej att betrakta som ett tryckkärl då den ej är provtryckt, vilket den inre tanken är. Den yttre tanken har en godstjocklek i manteln på minst 3,25 mm, främre gavel 3,85 mm och bakre gavel 5,82 mm. Yttertanken har förstärkningsringar svetsade på dess insida (i vakuumscket). De sitter på ett maximalt avstånd på 380 mm och består av en fyrkantsprofil på 20x60x3 mm (Figur 9). Förstärkningsringarna har endast kontakt med yttertanken och ej med den inre.



Figur 9. Bild som visar hur förstärkningsringarna är placerade.

Tankens skydd mot skador anges av tillverkaren vara utformade enligt ADR 6.8.2.1.20 b 2. Där anges metod för att ta fram minsta godstjocklek m.m. för tankens olika delar. Det som primärt ska skydda innertanken mot skador vid yttre påverkan är yttertanken och dess förstärkningar.

Hållfasthetsberäkningar vid skador utförs som standard utifrån två scenarier, stöt från sidan och vältning (Figur 10). Enligt beräkningar som gjorts på den aktuella tanken uppstår de värsta skadorna vid krock från sidan. Då uppstår en beräknad deformation på 9,3 mm och utifrån den skadan dras slutsatsen i beräkningarna att ytter- och innertanken ej kommer i kontakt med varandra och att vakuumet bibehålls.

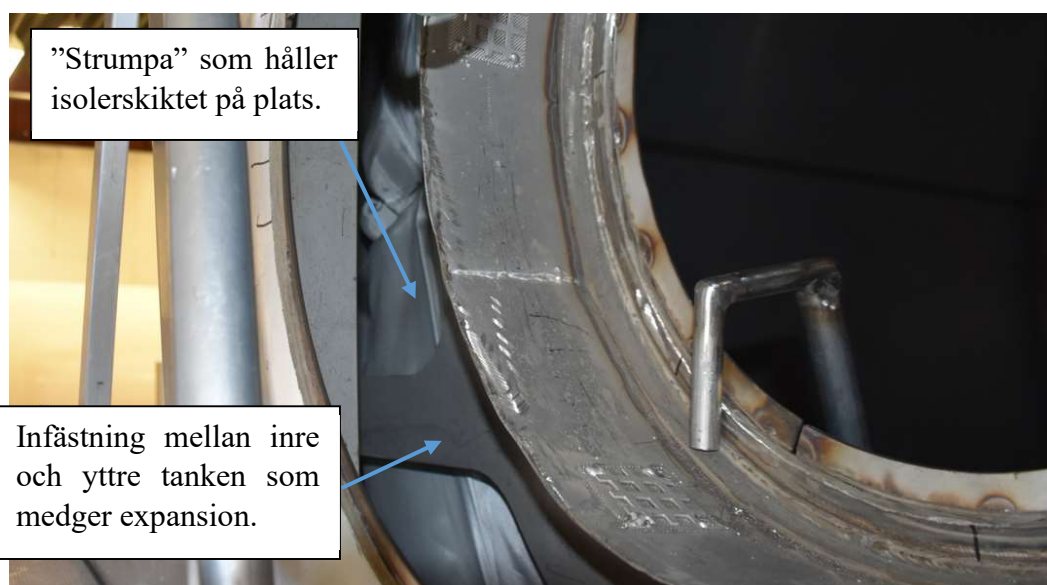


Force application points (side impact: 154 kN; overturning impact: 500 kN)

Figur 10. Bild på ytor som utsätts för stöt vid hållfasthetsberäkningar av den yttre tanken.

3.2.3 Vakuumsnittet

Avståndet mellan ytter och innertanken är ca 70 mm i manteln, ca 140 mm vid gavlarna och består av vakuum. Vakuumsnittet är ej indelat utan består av en sammanhängande volym. Runt innertanken finns även ett fysiskt isolerande skikt. Det består av ett isolerande material som lindas runt tanken och som sedan täcks av en "strumpa" för att hållas på plats.



Figur 11. Bild tagen vid främre gavel med manluckor bortmonterade. Mellan ytter och innertanken syns "strumpan" som håller det fysiska isolerskiktet på plats.

I den bakre gaveln finns två ventiler som är de enda öppna förbindelserna mellan vakuumsnittet och utsidan. Den ena ventilen är till för påkoppling av vakuumpump för att evakuera mellansnittet och den andra är till för att tryckavlasta mellansnittet vid händelse av att

innertanken läcker medan yttertanken är tät. Ventilerna fungerar som en backventil där en metallplatta, tätad med en o-ring hålls fast av undertrycket. Det går inte att visuellt se om det råder vakuum eller ej i mellanskiktet genom att titta på ventilerna. Skulle det bli ett övertryck kommer locket på säkerhetsventilen att falla ner och bli hängande i en kedja, vilket skulle indikera en innertanksläcka och tryckuppbyggnad i mellanskiktet.



Figur 12. Placering av ventiler för vakuumpump samt övertrycksventil.

3.2.4 Innertanken

Godstjockleken på den inre tanken är mellan 3,11 och 4,01 mm. Då innertanken utsätts för stora temperaturskillnader kan den expandera ca 20-30 mm i längdled. Den är därför upphängd och infäst mot yttertanken på ett sätt som gör att den i princip hänger fritt. Infästningar, som är de enda fysiska kontaktpunkterna mellan inner och yttertanken, sitter i den främre gaveln samt vid 2/3 av längden bakåt på tanken.

Det finns 7 skvalpskott inuti tanken för att förhindra för stora tyngpunktsförflyttningar under färd. Skvalpskotten består av välvda plåtar med hål i mitten samt i över- och underkant (Figur 13). De är svetsade mot innertanken vilket gör att vätska endast kan rinna mellan skotten genom hålet i mitten eller i över och underkant. Skvalpskotten gör också att innertanken förstärks.



Figur 13. Bild tagen genom manluckor i främre gavel på skvalpskotten och de öppningar som möjliggör för vätska att rinna mellan skotten.

Innertanken har två in- och utlopp för att möjliggöra fyllning och tömning av tanken. Det ena är placerat längst bak i botten och det andra i ovankant i den främre delen. Det övre in- och utloppet består av ett rör som passerar igenom innertankens plåtvägg i den bakre gavel och löper sedan inuti tanken i ovankant till den främre delen (Figur 14).

I ovankant av innertankens hela längd löper ett perforerat rör som är kopplat till övertrycksventilerna. Det är endast genom detta rör som det blir ett flöde om övertrycksventilerna löser.



Figur 14. Schematisk bild av in- och utlopp från innertanken samt rör till övertrycksventilen.

Inuti innertanken finns även fyra mindre rör/öppningar. Två rör är till för att kunna mäta vätskenivå samt tryck. Dessa sitter placerade i bakkant (ett högst upp och ett i botten).

De andra två är till för att användas när tanken fylls, för att få en indikation på när den är full. Rören sitter på den höjd som är den maximalt tillåtna fyllnadsnivån i tanken. Rören är kopplade till avblåsningsröret (röret som sitter efter övertrycksventilerna) som mynnar ut ovan den bakre gaveln. Vid fyllning av tanken öppnas en manuell ventil som gör att när vätskenivån når röret kommer vätska att gå upp i röret och det går då visuellt att se att tanken är full via avblåsningsröret.

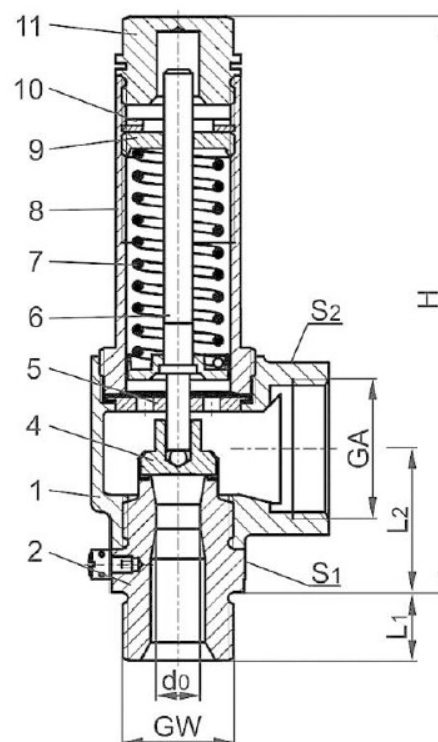
3.2.5 Övertrycksventilerna

Övertrycksventilernas syfte är att tryckavlasta innertanken ifall trycket överstiger det maximala arbetstrycket (working pressure) för tanken. På den aktuella tanken sitter 4 övertrycksventiler (HEROSE Type 06386) (Figur 15). Ventilerna ska lösa ut vid ett tanktryck av 3,3 bar. Röret i tanken, kopplat till övertrycksventilerna, är placerat i ovankant av tanken och i normalfallet kommer därför ventilerna släppa ut från gasfasen. Skulle tanken vara lutad eller ligga på sidan kan röret hamna i vätskefas och i de fallet kan ventilerna endast släppa ut vätskefas. Vid provtryckning av ventilerna efter olyckan har de konstaterats lösa vid 3,4 bar vilket är inom tillåten felmarginal vid provning. Samtliga 4 ventiler ska alltid vara aktiva men möjlighet finns att stänga av två ventiler åt gången vid servicearbete.

Flödet genom en ventil vid öppningstrycket 3,3 bar är specificerat på ventilen. I specifikationen för ventilen finns flödet även specificerat för andra öppningstryck. Flödet genom ventilen för vätskefas finns ej specificerat. För att få en uppfattning om flöde av vätskefas genom ventilerna, och på så vis få en tryckavlastning av tanken, gjordes ett enklare försök som en del av denna utredning. Vattenflödet mättes genom en koppling och rörböj med liknande dimensioner som övertrycksventilen. Det uppmätta vattenflödet vid 3,3 bar (arbetstryck) samt 5,6 bar (test tryck) togs fram genom försöket och redovisas i (Tabell 2). Observera att detta endast ger en grov uppskattning av vätskeflödet för flytande metan genom övertrycksventilerna och resultatet innebär många osäkerheter. För en beskrivning av försöket se Bilaga 1.

Tabell 2. Specificerade flöden för luft och, genom försök, uppskattade flöden av vatten genom övertrycksventilerna.

| | Tryck (bar) | Flöde 1 ventil (m ³ /h) | Flöde 4 ventiler (m ³ /h) |
|---------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Luft | 3,3 | 327,0 | 1308 |
| Luft | 5,6 | 506,2 | 2025 |
| Vatten | 3,3 | 8,3 | 33 |
| Vatten | 5,6 | 12,3 | 49 |



Figur 15. Bild samt sprängskiss av övertrycksventil.

Övertrycksventilerna är kopplade till ett avblåsningsrör som löper längs tankens utsida och upp ovan den bakre gavel (Figur 16).

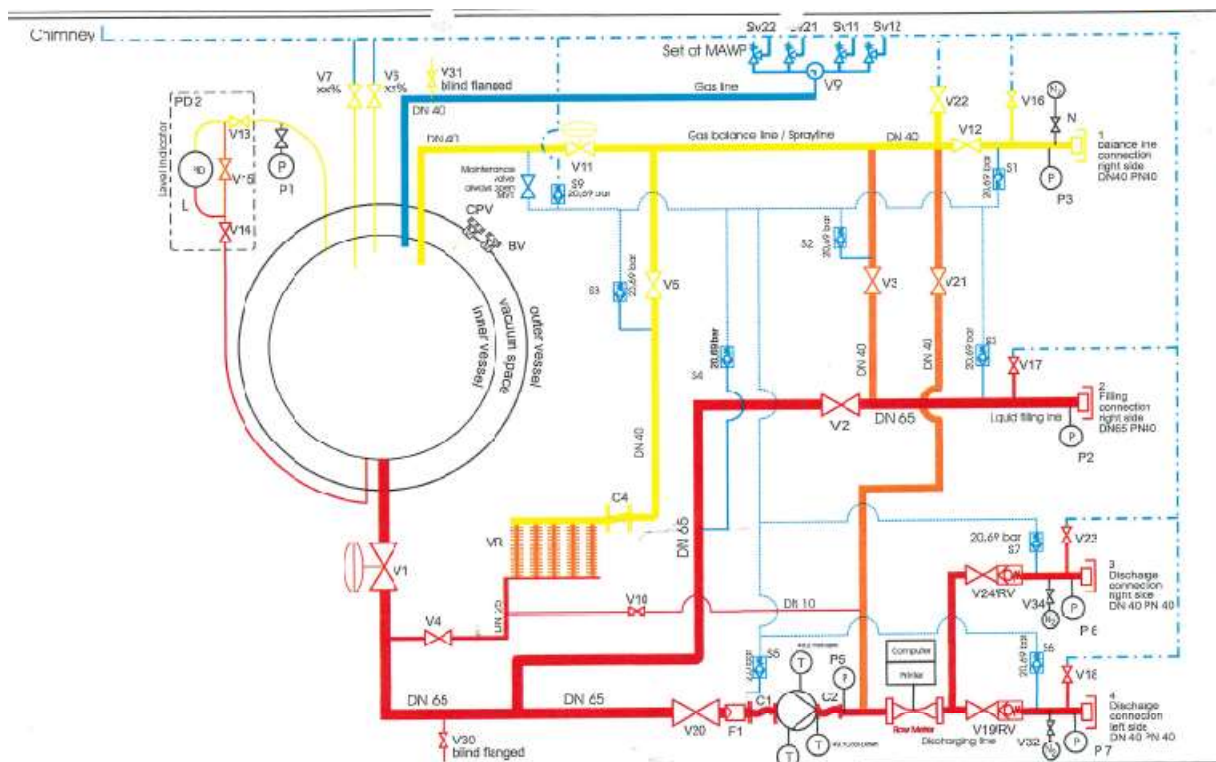


Figur 16. Placering av avblåsningsrör från övertrycksventilerna.

3.2.6 Ventiler, kopplingar och mätare

Det finns två ventilskåp på trailern, centralt placerade på vänster och höger sida. På locket till respektive skåp sitter ritningar som beskriver ventiler, rördragningar mm (Figur 17). På ritningen framgår bland annat vart påkoppling för fyllning och tömning av tanken sitter. På höger sida sitter koppling för fyllning, tömning samt för tryckbalansering. På vänster sida sitter endast en koppling för tömning. Ventiler för fyllning och tömning av tanken styrs med tryckluft

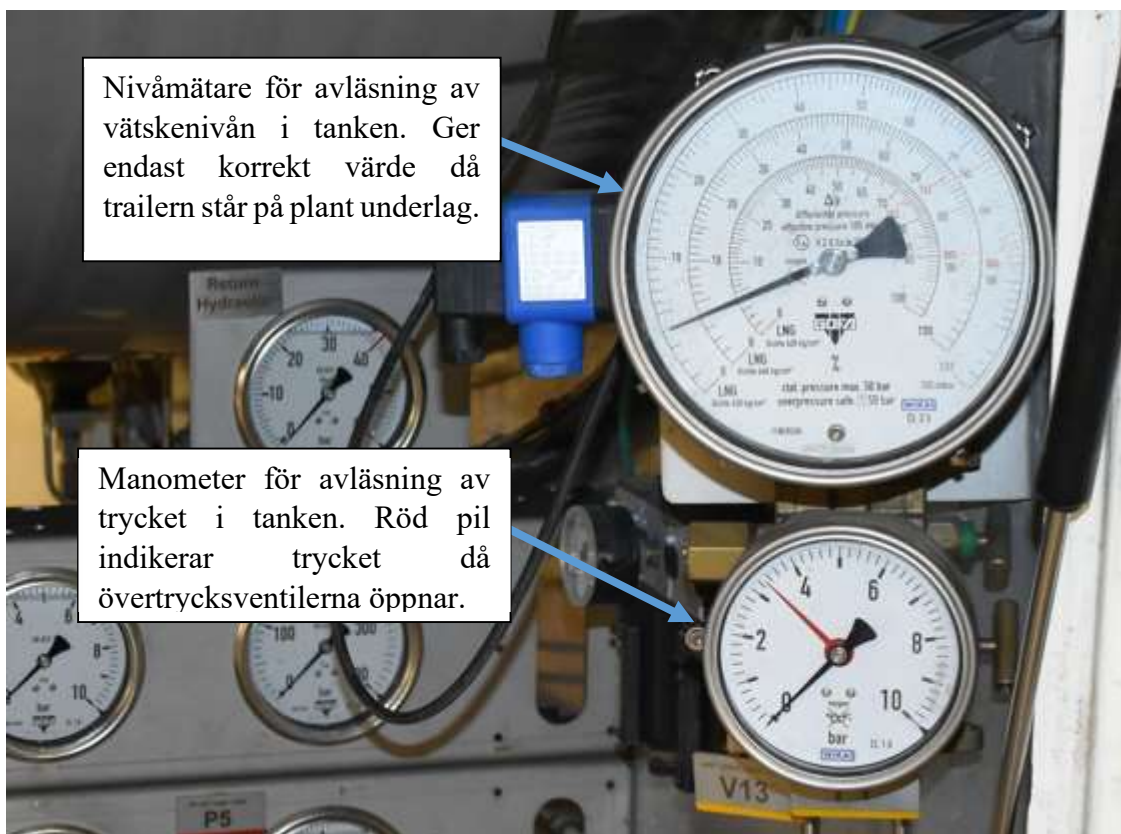
och kräver påkoppling av kompressor. För att läsa denna ritning och hantera ventiler och kopplingar rätt, krävs specialkompetens.



Figur 17. Ritning på rör, ventiler mm som finns placerad på respektive ventilsåpslucka.

På höger sida sitter även manometer för avläsning av tanktryck samt mätare för vätskenivå (Figur 18). Manometern för att läsa av trycket i tanken är markerad med en röd pil för det tryck som övertrycksventilerna öppnar på. Manometern är ej tillförlitlig om röret kopplat till manometern i tankens ovkant hamnat i vätskefas vilket kan hända om tanken lutar eller ligger upp och ner.

Mätaren som indikerar vätskenivån i tanken mäter vätskepelaren. För en korrekt avläsning krävs att trailern står på hjulen på plant underlag.



Figur 18. Manometer och nivåmätare placerade i ventilsåp på trailerns högra sida.

3.3 Lasten

Lasten i tankbilen var flytande biogas, även kallat LBG (Liquefied Bio Gas). LBG består till ca 97% av metan. Utöver det finns även små volymer av andra kolväten, koldioxid och kväve (Swedegas, 2023). Den exakta sammansättningen kan variera. De fysikaliska egenskaperna för LBG är snarlika som för LNG (Liquefied Natural Gas) och flytande metan och därför kan värdena för metan användas. I denna rapport kommer flytande metan användas som begrepp för lasten i tanken. De fysikaliska egenskaperna redovisas i Tabell 3 samt Tabell 4 nedan.

Enligt transporthandlingarna innehöll tanken 18 600 kg flytande metan vid ett tanktryck på 2,2 bar vid lastning. Detta innebär en volym på 43,8 m³ flytande metan och en fyllnadsgrad av tanken på ca 74%. Nominell volym på gasfasen blir då ca 15,2 m³.

Metan i gasfas har ett densitetstal på 0,6 vilket innebär att det är lättare än luft och kommer att stiga då den kommer ut i det fria. Observera att densitetstalet endast gäller då gasen har samma temperatur som omgivande luft. Då gasen övergår från vätskefas till gasfas är den initialt betydligt kallare än omgivande luft och kommer därför vara tyngre och därav kunna driva ut med marken innan den värms upp tillräckligt och börjar stiga.

Tabell 3. Fysikaliska data för metan (MSB, RIB sök, 2023)

Fysikaliska data för metan

| | |
|----------------------------|--|
| Tillstånd: | Gas; kyld vätska |
| Färg: | Färglös |
| Lukt: | Luktfri |
| Smältpunkt: | -183°C |
| Kokpunkt: | -162°C |
| Brännbarhetsområde: | från 4,4 till 16,5 vol-% |
| Flampunkt: | -188°C |
| Termisk tändpunkt: | 540°C |
| Densitet: | 425 kg/m ³ vid -162°C (Vatten ≈ 1000) |
| Densitetstal: | 0,6 (Luft = 1,0) |
| Viskositet: | (Vatten = 1,0) |
| Vattenlöslighet: | Delvis lösligt i vatten |

Tabell 4. Förångningsegenskaper för metan (MSB, RIB sök, 2023)

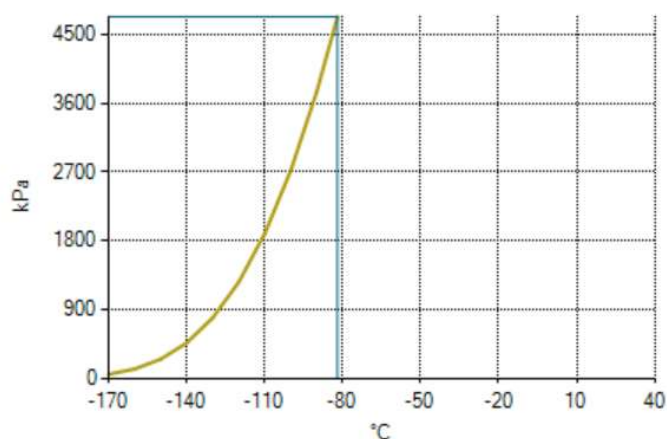
Förångningsegenskaper

Ämnets temperatur:

Flyktighet: **Mycket lättflyktigt**

Mättnadskonc: **100 vol-%**

Ångtryck: **4740 kPa**

**3.4 Faktiska skador**

Dragbilen får kraftiga skador från islaget med bergsknallen på dess högra sida (Figur 19). Läckage av bland annat kylarvätska uppstå men inga läckage från bränsletanken. Chauffören till fordonet tar sig ut ur förarhytten och har endast lindriga skador.



Figur 19. Dragbilen

Trailern har skador på främre gavelns högra sida (Figur 20) samt på högra långsidans bakre del (Figur 21). Deformationen på främre gaveln är ca 30cm djupa. Även innertanken är deformerad i samma område.

På bakre högra sidan är deformationerna ca 10-15cm djupa och även här finns mindre deformationer på innertanken.



Figur 20. Bild tagen på yttertanken kort efter att trailern bärgats. Deformerade områden syns på den främre gaveln på både inner- och yttertanken. Bild från innertanken är tagen senare på verkstad.



Figur 21. Bild tagen efter att trailern bärgats. Deformerade områden på den bakre högra långsidan framgår.

De skador och deformationer som uppstått på trailern har ej punkterat varken ytter- eller innertanken. I efterhand har bekräftats att vakuumet i det isolerande höljet varit intakt. Däremot har de större deformationerna inneburit att ytter- och innertanken har kommit närmare varandra och även troligtvis kommit i kontakt med varandra. Därav den frostbildning som syns på bilderna ovan.

Några andra skador på komponenter av betydelse för insatsen, har ej uppstått.

4 Omvärldsanalys

För att kunna utvärdera den riskbedömning och de åtgärder som vidtagits vid räddningsinsatsen redovisas nedan en enklare omvärldsanalys som genomförts i syfte att få en överblick av det rådande erfarenhets- och kunskapsläget från olyckor med transporter av flytande metan.

4.1 Statistik och tidigare erfarenheter

Enligt MSBs rapport ”Räddningsinsatser vid olyckor med gasfordon 2016-2019” ((MSB), 2022) har väldigt få olyckor med flytande metan (LNG eller LBG) inträffat. Endast en olycksundersökning redovisas från en händelse som skedde i Massenhoven Belgien 2017 där en av de inblandade lastbilarna hade en drivmedelstank för LNG. Det finns alltså inga exempel där en tankbil med LNG varit involverad i denna rapport.

I övrigt har endast två liknande olyckor identifierats i arbetet med denna rapport. En finns beskriven i ”*Teknisk specifikation för beredskapsutrustning vid nödsituationer under transport av energigas*” som Energigas Sverige tagit fram. I den beskrivs kortfattat en händelse där en tankbil med LNG välts i Norska Telemark 2015. Bland annat har avfackling skett från mottagande tankbil vid läktring. Tryckavläsningarna från tanken under räddningsarbetet används för att verifiera energiflödet in i tanken i scenariot för skadad yttertanken och punkterat vakuum. Det teoretiska värdet på 7kw bedöms stämma väl överens med den verkliga händelsen.

En annan händelse där en tankbil med LNG körde av vägen och hamnade i diket var 2017 på väg 167 vid Backamo, mellan Ljungskile och Lilla Edet. Tankbilen blev liggande i dike med en vinkel på ca 45 grader. Trailern läktrades på 20,5 ton innan den vältes upp med lyftkuddar och kunde därefter köra vidare för egen maskin. Inga större skador på tanken och ingen punktering av vakuumsiktet förekom.

4.2 Vägledning

Nedan presenteras de vägledande dokument som identifierats i denna utredning som hjälp för att hantera den aktuella händelsetypen.

4.2.1 Energigas Sverige – Åtgärder vid nödsituationer under transporter av flytande metan (LNG och LBG) Tankbil och Tankcontainer

Energigas Sverige har tagit fram en vägledning för åtgärder vid nödsituationer under transport av flytande metan. Denna vägledning beskriver allmänt egenskaperna för flytande metan samt olika transportenheter. Därefter beskrivs 5 olycksscenarioer med en generell vägledning för riskbedömning samt åtgärder för omhändertagande. Åtgärderna är generellt beskrivna och det hänvisas till att bedömningar ska göras på plats i samråd mellan räddningstjänst, transportör, leverantör med flera, för respektive åtgärd samt riskbedömning.

För det specifika scenariot som denna rapport behandlar gäller scenario 5.1 i vägledningen (transportenhet välts men bedöms vara tät med vakuumsiktet intakt). Där anges först initiala åtgärder för riskbedömning och zonindelning. Därefter anges följande vägledande åtgärder för det fortsatta arbetet:

Dokumentera vätskenivå och tryck i transportenheten:

- Dokumentera vid vilket tryck säkerhetsventilerna öppnar på den specifika transportenheten. Information om respektive transportenhets öppningstryck kan utläsas från enhetens identifikationsplåt.
- Dokumentera vätskenivå och tryck i transportenheten var tionde minut under hela insatsen. På så sätt ges en bild av hur snabb tryckökning det är i tanken och åtgärder kan väljas utifrån den informationen tillsammans med informationen om säkerhetsventilernas öppningstryck.
- Jämför de avlästa värdena mot den lastade vikt och tryck eller temperatur som finns dokumenterade i transportenhetens leveranssedel. Värdena rapporteras till den kemenhet som är på väg till olycksplatsen.
- Om en ökning av trycket är noterbar efter en halvtimme kan detta vara ett tecken på att yttertanken har skadats och det inte längre är vakuum mellan innertank och yttertank. Se avsnitt 5.1.1 för åtgärder i detta fall.

Tömning

- Om tömning är nödvändigt ska metod och tillvägagångssätt avgöras i samråd mellan räddningsledaren, transportör, leverantör och kemenheten.

Bärgning

- Räddningsledaren i samråd med kemenheten avgör om transportenheten kan bärgas utan att speciella åtgärder behöver vidtas.
- Samråd med transportör och leverantör om bärgningsförfarande.

Figur 22. Vägledande åtgärder för att hantera det aktuella scenariot.

4.2.2 Energigas Sverige – Teknisk specifikation för beredskapsutrustning vid nödsituationer under transport av energigas

Denna tekniska specifikation är framtagen med syfte att vara ett underlag i framtagandet av avfacklingsutrustning till de nationella kemenheterna och därför inte tänkt att vara en vägledning vid olyckor. Dock så innehåller den information och beräkningar som kan vara till stor hjälp vid olyckor för att göra mer kvalificerade riskbedömningar. Bland annat finns beräkningar för de olika olycksscenariorna som ger en uppfattning om tidsaspekter på hur en händelse kan utvecklas. Värden från denna rapport har använts för beräkningar i denna utredning.

4.2.3 Räddningsinsatser vid händelser med gasdrivna fordon

Denna vägledning är framtagen för fordon som drivs av gas men ej för tankar som transporterar gas. Det som står om drivmedelstankar med LNG stämmer därför ej för tankar för transport och ska ej användas vid en händelse med en tankbil. Exempelvis så nämns i vägledningen att drivmedelstankar provas i brand tills övertrycksventilerna inte släpper ut mer gas. Detta görs ej för tankar för transport vilket är viktigt att känna till.

4.2.4 Dokumentation tillhörande den specifika tanken

Det finns krav enligt bland annat SSEN-ISO-20421-2-2017 att nödlägesinstruktioner ska finnas och att de ska vara tillgängliga. Till den aktuella trailern fanns en bärgningsinstruktion (se Bilaga 2

) som angav hur tanken skulle lyftas. Detta dokument togs fram av åkeriet under insatsen. I det aktuella fallet har även tillverkningsdokumentation och besiktningsdokumentation funnits att

tillgå och kan ge viktig information kring övertrycksventiler, material tjocklek, tankens konstruktion mm.

5 Analys

I detta kapitel analyseras insatsens genomförande med huvudfokus på riskbedömning och vidtagna åtgärder.

5.1 Riskbedömning och åtgärder

Då räddningsinsatsen blev väldigt utdragen i tid har riskbedömning och riskreducerande åtgärder varierat under insatsens olika skeden. Riskbedömningar har dock gjorts kontinuerligt och uppdaterats efter hand som insatsen fortlöpte. En sammanfattning och utvärdering för de olika faserna av insatsen presenteras under respektive underrubrik nedan.

5.1.1 Uppstartsskedet

Det är känt att det kan röra sig om farlig gods då räddningstjänsten larmas men det är ej känt vilket ämne. Första anländande styrka klär en säkerhetsman i andningsskydd men övriga gruppen går fram utan. På väg fram till trailern får de information från chauffören att det rör sig om flytande metan samt att det inte ska vara något läckage och utifrån det bedöms det som säkert att gå fram. De placerar också en explosimeter framme vid trailern där de hör ett pysande ljud. VB meddelar att det är 100 meter riskavstånd vid litet utsläpp.

Vid uppstarten är det många faktorer som ej är kända och som gör att det kan finnas anledning att vara extra försiktig. En viktig faktor som anges i vägledningen från Energigas Sverige är att kontrollera för vilket tryck som övertrycksventilerna öppnar på samt vad trycket i tanken är. Innan detta är känt går det ej att bedöma hur stora marginalerna är och utifrån det, uppskatta hur mycket tid som finns till godo innan metan i antingen gasfas eller vätskefas kan börja strömma ut. Då det i denna utredning har framkommit att det endast varit 1,2 bars skillnad mellan trycket vid lastning och trycket som övertrycksventilerna öppnar på har marginalerna varit relativt små. Givet att yttertanken ej är punkterad, och att isolerskiktet har kvar sin isolerande förmåga, bör det vara i storleksordningen ett eller flera dygn innan trycket kan bygga upp så att övertrycksventilerna öppnar. Däremot om vakuumet inte hade varit intakt hade det kunnat ske inom någon eller några få timmar. RIB anger skyddsnivån vid en läckageplats av metan till branddräkt och andningsskydd samt stänktät kemskyddsdräkt.

Utvärdering

Vid uppstarten bedömdes inget läckage pågå och utifrån det har skyddsnivån varit korrekt. För att kontrollera om läckage av metan pågår vid framkomst har explosimeter använts där det misstänktes finnas ett läckage. Detta har gett en bekräftelse på att det inte förekommit någon explosiv atmosfär framme vid trailern. Däremot har risken, för att övertrycksventilerna ska lösa, varit okänd och därmed har den faktiska risken som finns för både brandskador och köldskador varit okänd och ej utgjort grund för valet av skyddsnivå. Då konsekvenserna av att få flytande metan på sig är allvarliga borde en högre skyddsnivå valts initialt, alternativt att restriktioner sätts vart personalen får befinna sig, till dess att man har en bättre bild av läget.

5.1.2 Etablering och inledande åtgärder

Då IL och RIL kommer till platsen görs en zonindelning där varm zon sätts till 100 meter och ett förbud att vistas bakom bilen. Det genomförs evakuering av boende och personer inom 300

meter och beslut om en passiv insats. Mer information behövs om tankens konstruktion och möjlighet till läktring innan ytterligare åtgärder vidtas. Inga tecken på läckage finns men kan ej uteslutas. Riskerna med insatsen beskrivs som risk för brand, explosion samt köldskador vid kontakt med ämnet.

Tre av de viktigaste faktorerna att ta reda på för att kunna göra en korrekt riskbedömning av läget är vad trycket i tanken är, vilket öppningstryck övertrycksventilerna har samt om vakuomet är intakt. Det har i praktiken varit mycket svårt att få fram korrekta uppgifter på detta. Trycket i tanken går ej att läsa av då manometern ligger ner mot marken, och det finns dessutom flera andra manometrar så det är svårt att veta vilken manometer som är den rätta. Ett korrekt tanktryck har inte varit känt för räddningsledaren under första fasen av insatsen.

Det korrekta öppningstrycket för övertrycksventilerna är inte heller känt under uppstarten och läktringsarbetet. Räddningsledaren får felaktiga uppgifter på att öppningstrycket är 7 bar men detta baseras inte på den aktuella trailern utan på vad öppningstrycket brukar vara på liknande trailers. Det görs inga vidare kontroller för att bekräfta öppningstrycket. Det faktiska specificerade öppningstrycket är 3,3 bar vilket framkommer långt senare.

Vakuomet har under insatsen bedömts vara intakt men bedömningen grundar sig på delvis felaktiga grunder. Information framkommer att om vakuomet är punkterat så ska ventilen på den bakre gavel lossna och falla ner då den hålls fast av vakuomet, vilket den inte har gjort. Att använda detta som indikator på vakuumförlust är dock inte ett säkert sätt. Ventilen hålls visserligen fast av vakuomet men det sitter också en o-ring runt ventilen som gör att det även sitter fast utan vakuum. Syftet med ventilen är att tryckavlasta om det blir en innertanksläcka och det skapas då ett övertryck i mellansiktet som gör att ventilen lossnar. Det som indikerar vakuumförlust på ett mer tillförlitligt sätt är om det blir en ökning av trycket i tanken under den första halvtimmen eller om det blir en tydlig frostbildning på utsidan av tanken. Skulle det visuellt gå att se att yttertanken är punkterad är detta självklart också en bra indikator. Trycket har initialt inte gått att läsa av, så i praktiken har det inte bekräftats att vakuomet är intakt.

En tankbil för läktring anländer till platsen som kopplas upp mot den skadade bilen. Trycket i mottagande tank rapporteras vara 4,5 bar och att trycket i den skadade tanken behöver byggas upp för att kunna läktra. Trycket byggs upp med hjälp av förångaren på den skadade bilen innan läktringen påbörjas. Denna åtgärd görs av personalen från tankbilen som läktringen ska ske till. Då åtgärden genomförs är det alltså inte känt att öppningstrycket är 3,3 bar och inte 7 bar och det går heller inte att läsa av manometern på ett tillförlitligt sätt. Det placeras en spegel under manometern som möjliggör avläsning men det uppges vara svårt att läsa av trycket och det är oklart om avläsningarna ger ett korrekt värde. Tryckuppbyggnaden inför läktringen har alltså skett utan att ha en korrekt uppfattning om hur högt trycket kan höjas innan övertrycksventilerna öppnar. Då det i praktiken endast har varit 1,2 bars marginal mellan trycket vid lastning och öppningstrycket så är risken överhängande för att övertrycksventilerna öppnar och att metan släpps ut i vätskefas under tryckuppbyggnaden.

Ca 8 h och 15 min efter larm påbörjas läktring. Då detta görs släpps trycket initialt stötvis från mottagande tankbil till det fria vilket genererar ett gasmoln som driver i väg med vinden. Läktringen går långsamt och på 2 timmar har endast 1,5 ton läktrats. Orsaken till att läktringen går långsamt bör bero på att tryckdifferensen är för liten. Då det rapporterats att starttrycket i mottagande tankbil är 4,5 bar och lastningstrycket i den skadade är 2,2 bar behöver alltså trycken justeras för att möjliggöra läktring. Mottagande tankbil öppnar till det fria och på sätt

sänks trycket tillfälligt men bör snabbt återgå till ett högre tryck då den stängs, och därav det låga flödet.

Senare beslutas att fackla från mottagande bil för att hålla nere trycket, och skapa en större tryckdifferens och på så sätt påskynda läktringen. Detta gör att flödet ökar något och kan fortgå under natten. Det gör också att riskerna med att släppa ut metangas, som fritt kan driva i väg, försvinner.

Under natten beslutas den taktiska planen till att läktra ner till ca 9 ton, för att sedan bärga trailern, efter dialog med tanktillverkaren samt experter på plats. Riskbedömningen revideras då facklorna tänds. Het zon precis bredvid fordonet där läktring sker i skyddsnivå, heltäckande, flamskyddande och köldskyddande klädsel samt ex-klassad RAKEL och i varm zon gäller ingen särskild skyddsutrustning.

Läktring fortgår och efter totalt 11 h och 30 min, varav 8 h med fackling från mottagarbilen, avbryts den då det inte längre är något flöde. Ca 7 ton har då läktrats enligt nivåmätare på mottagande tankbil. Att flödet helt stannar av beror sannolikt på att vätskenivån har sjunkit tillräckligt för att utloppet från den skadade tanken ska hamna i gasfas. Att vätskenivån har nått ner under utloppet bekräftas av beräkningar gjorda i efterhand på vilken mängd som finns ovanför utloppet då tanken ligger på sidan. Därmed kan tanken inte längre tömmas på mer vätska.

Nästa steg i den taktiska planen är att bärga fordonet då läktringen avslutas.

Utvärdering

Då IL och RIL kommer till platsen beslutas initialt om en passiv insats och en utrymning av riskområdet på 100 meter för all personal och 300 meter för boende i området för att inhämta mer kunskap innan åtgärder vidtas. Det sätts även ett förbud att vistas bakom tanken där avblåsningsröret från övertrycksventilerna är. Detta bedöms vara korrekt agerat utifrån den vägledning som finns i RIB för kylkondenserad brandfarlig gas givet rådande vind samt att inget läckage har identifierats.

Det som inte är känt, och som heller inte blir känt för än dag 2, är vad trycket i tanken är eller vilket tryck övertrycksventilerna öppnar vid. Öppningstrycket antas felaktigt vara 7 bar. Det är heller inte bekräftat att vakuomet är intakt, även om det antagandet görs och som senare visar sig vara korrekt.

Den faktiska riskbilden på platsen är alltså inte känd, utifrån tidsaspekten på när övertrycksventilerna skulle kunna öppna, och marginalerna är i praktiken betydligt mindre än vad uppfattningen på plats är. Det har satts ett skyddsavstånd på 100 meter utifrån rekommendationer i RIB samt ett förbud att vistas bakom bilen. På så sätt ska ingen kunna befinna sig i en omedelbar närhet av ett utsläpp vid händelse av att övertrycksventilerna öppnar. Det har inte kopplats på några externa slangar på avblåsningsröret, så som personal från Perstorp givit råd om att göra, för att leda bort ett eventuellt utsläpp. Det bedöms heller inte finnas några uppenbara tändkällor i riskområdet. Avståndet på 100 meter som anges i RIB gäller i vindriktningen vid packningsläckage och mot vinden rekommenderas 50 meter. Skulle ett utsläpp i vätskefas ske från avblåsningsröret bör det betraktas som ett större utsläpp (brott på anslutningsrör) enligt RIB och därmed skulle riskområdet i stället vara 300 meter i vindriktningen. Att riskområdet i vindriktningen inte uttalats till 300 meter bedöms inte haft någon betydelse i praktiken då vinden blåser ut över en åker där det ändå inte vistas personal.

Säkerhetsnivån som gäller på platsen bedöms i detta skede ha varit tillräcklig för att inte riskera omedelbara personskador vid händelse av att flytande metan strömmar ut ur avblåsningsröret. Däremot har inte åtgärder vidtagits för att minimera övriga konsekvenser av ett utsläpp. Om flytande metan skulle strömma ut kommer det att hamna vid, och i närheten av, trailern i form av vätskepölar. Det skulle kunna strömma ut upp till 7 ton eller ca 16,5 m³ flytande metan via avblåsningsröret, innan utsläppet övergår till att ske i gasfas. Därmed kan ett utsläpp orsaka relativt stora pölar av flytande metan och omfattande gasmoln som riskerar att antändas, vilket snabbt skulle försämra läget. Riskområdet vid händelse av brand mot tanken och därmed risk för BLEVE anges i RIB till 1000 meter. Detta innebär att behovet att kunna leda bort ett utsläpp från avblåsningsröret på ett kontrollerat och robust sätt är stort.

Då läktringen förbereds görs ett försök till tryckhöjning av den skadade tanken. Detta moment görs alltså utan korrekt vetskap om marginalerna till att övertrycksventilerna öppnar. Tryckhöjningen har i praktiken inte lett till ett läckage men det bedöms snarare ha varit lyckliga omständigheter, än ett medvetet agerande, som förhindrat att det inte skett.

Sammanfattningsvis bedöms skedet av insatsen från det att IL och RIL anländer till dess att läktringen avbryts ha skett med en tillräckligt hög säkerhetsnivå för att inte orsaka omedelbara personskador utifrån beslutade riskområden och skydds nivåer. Däremot bedöms insatsen ha genomförts utan att ha en korrekt uppfattning om sannolikheten för, samt konsekvenserna av, ett hastigt utsläpp av flytande metan via avblåsningsröret. Det har heller inte funnits någon konkret omfallsplan för att hantera ett förvärrat läge, utöver att utrymma.

5.1.3 Förberedelser för bärgning

Läktringen har avslutats och nivån av flytande metan i tankbilen bedöms ha hamnat på den nivå på ca 9 ton som tanktillverkaren bedömt ska vara ok för bärgning. När bärgare och kranbilsföretaget är på plats och gör sin första bedömning diskuteras risker och farhågor kring bärgningsarbetet. Tankens skador går inte att inspektera i sin helhet och viss osäkerhet om tanken kommer att hålla finns. Farhågor om tankens hållfasthet har kommit från flera experter. Utifrån detta bedömer bärgningspersonalen att riskerna med bärgningen är för stora. De väljer då att avstå från att genomföra lyftet. Riskbedömningen och det slutgiltiga beslutet för att bärga ligger hos den aktör som ska genomföra bärgningen och räddningsledaren får då helt enkelt förhålla sig till att alternativet att bärga inte längre är aktuellt.

Nästa åtgärd som utreds för att tömma tankbilen är att fackla direkt från den skadade trailern. Då utloppen från tanken nu befinner sig i gasfas finns ingen möjlighet att fackla från vätskefas, vilket hade varit ett relativt snabbt sätt att tömma tanken. Utrustningen för facklig har kapacitet att fackla 1 ton/h och det kvarstår ca 10 ton. Den möjlighet som finns är att fackla från gasfas och flödet styrs då av hur mycket energi som tillförs vätskan genom tanken. Med vakuemet intakt beräknas avfackling av resterande volym ta ca 4 månader. I stället utreds möjligheten att punktera vakuemet och på så sätt öka energiflödet genom tanken och där med också takten på avångningen. Om vakuemet punkteras ökar energiflödet genom tanken med en faktor 16, baserat på värden som anges i den tekniska specifikationen (EnergigasSverige, 2020) och tiden det tar bör därav minska från ca 4 månader till ca 8 dygn, som hade varit en mer hanterbar tidsaspekt.

Räddningsledarens riskbedömning landar i att åtgärden att punktera vakuemet ej ska genomföras. Detta beslut tas efter att tre externa parter rådfrågats med tre olika svar som

resultat. Ett av svaren anger att det kan orsaka en okontrollerad uppvärmning och tryckökning med risk för kärlsprängning som följd. På grund av det osäkra kunskapsläget och att åtgärden är irreversibel väljer räddningsledaren därför att avstå denna åtgärd.

Efter beslutet att inte punktera vakuuemet påbörjas avfackling direkt från den skadade tanken, men med bibehållet vakuum, för att skapa tid för att kunna utreda alternativa åtgärder vidare. Denna åtgärd gör att trycket i tanken kan kontrolleras och hålls på en minimal nivå.

Utvärdering

Att läktra den skadade bilen bedöms vara en bra och helt nödvändig åtgärd utifrån rådande förutsättningar. Osäkerheterna kring den skadade tankens hållfasthet gör att det finns ett behov av att minska vikten på trailern så mycket som möjligt för att reducera riskerna med bärgningen. Dock så väljer bärgningsföretagen initialt att avstå bärgningsuppdraget på grund av osäkerheterna. Det blir något problematiskt för att komma vidare i insatsen när detta beslut fattas men då konsekvenserna skulle kunna bli stora är det klokt att avstå eller vänta på mer tillförlitliga bedömningar.

Då nästa alternativ utreds, att punktera vakuuemet och sedan fackla av resterande volymen metan, görs bedömningen att kunskapsläget även här är för osäkert och att åtgärden är irreversibel. Baserat på den data som framkommit i denna utredning bedöms facklorna med god kapacitet klara att fackla den mängd gas som förångas vid uppvärmningen genom tanken utan vakuum. Med ett energiflöde genom tanken på 7 kW förångas ca 49 kg/h och facklorna har en kapacitet på 1000 kg/h. Om något skulle hända så att facklorna inte fungerar så ska övertrycksventilerna vara dimensionerade för att förhindra en tryckuppbyggnad över tankens provtryck. Därmed bör metoden att fackla från gasfasen med punkterat vakuum vara genomförbar utifrån risken för okontrollerad uppvärmning och kärlsprängning. Det förutsätter dock att inga andra risker förekommer så som skador på avblåsningsröret från övertrycksventilerna eller liknande. Det leder dock till en relativt lång insats på ca 8 dygn som följd. Att punktera vakuuemet ses under insatsen som irreversibelt. Alternativet att på ett kontrollerat sätt tillföra luft till vakuumsiktet och möjligheten att koppla på en vakuumpump på vakuumentilen på den bakre gaveln, för att på så sätt kunna justera och kontrollera energiflödet in i tanken, utreds aldrig som ett alternativ under insatsen.

När fackling påbörjas direkt från den skadade trailern så säkerställs att en tryckökning inte kan ske genom denna åtgärd. Detta är en bra och helt nödvändig åtgärd för att skapa tid för vidare utredning om andra alternativ.

5.1.4 Bärgning och avslut av räddningsinsats, dag 3

Då bärgningsföretaget återkommer med en ny plan för bärgning under eftermiddagen, dag 2 värderas denna och beslutas att genomföras med start under kommande dag 09:00. Denna plan stämmer överens med den lyftinstruktion som finns för den specifika trailern. Trailern är även läktrad till den nivå som är möjlig och det bedöms kvarstå ca 10 ton flytande metan. Tanktillverkaren har informerat om att tanken bör läktras ner till ca 9 ton innan bärgning men då det inte går att läktra mer bedöms det vara tillräckligt. Det som är en osäkerhetsfaktor är skadorna på tanken och hur de påverkar hållfastheten vid bärgningen.

Från 17:51 dag 2 till 08:30 dag 3 bedöms kriterierna för räddningstjänst ej vara uppfyllda och under denna tid bedrivs ingen räddningsinsats enligt LSO. Avfackling och bevakning pågår under natten och görs av räddningstjänstens personal men på ägarens bekostnad.

Då förberedande åtgärder för bärgningen sker, påbörjas återigen en räddningsinsats och räddningstjänsten är på plats med resurser för att kunna agera via flera sektorer om något oförutsett skulle inträffa. Risken för läckage eller tankruptur kan ej uteslutas och konsekvenserna går ej att helt förutse. Därav bedöms det nödvändigt att kunna agera omedelbart och utrymma personal och vidta skadebegränsande åtgärder från båda sidor av olyckan om något oförutsett skulle inträffa.

Då bärgningsarbetet ska inledas är tidpunkten då informationen framkommer om att övertrycksventilerna i själva verket öppnar vid 3,3 bar. Detta skapar en större osäkerhet kring riskbilden än tidigare. Dock så har trycket i tanken hållits nere genom kontinuerlig avfackling och manometern har kontrollerats och visat ett värde på 0,8 bar. Därför bedöms det vara tillräckliga marginaler till öppningstrycket men som en ytterligare riskreducerande åtgärd kopplas en slang på avblåsningsröret och ett avspärrningsband sätts upp för att tydligare märka ut området där ingen personal får vistas. Slangen som kopplas på har en längd av ca 5 meter och är en slang från avfacklingscontainern som är avsedd för flytande metan. Slangen fästs med vanlig silvertejp mot avblåsningsröret.

Utvärdering

Bärgningsarbetet föregås av omfattande riskbedömningar med avseende på tankens hållfasthet och görs i samråd med flera experter på området. Den bärgningsinstruktion som finns för den specifika trailern ligger också till grund för den bärgningsmetod som används. I denna utredning har inte framkommit något som indikerar att bärgningsarbetet hade kunnat ske på ett säkrare sätt. Tanken har inte visat några tecken på att deformerats ytterligare under bärgningen och trots skadorna samt att den haft ca 9-10 ton last kvar vid lyftet har hållfastheten varit tillräcklig.

Metoden att välta upp trailern med luftkuddar diskuterades men ansågs vara för riskabel då skadorna hade kunnat förvärras om en av kuddarna skulle brista. Däremot att lyfta trailern några centimeter för att få in lyftbanden, bedöms säkert.

Den risk som hela tiden finns att hantera och som är dimensionerande för hela insatsen är risken för att övertrycksventilerna öppnar. Om utsläppet skulle ske i vätskefas bedöms riskerna vara betydligt mycket större än om utsläppet skulle ske i gasfas. Vid bärgningsmomentet är det säkerställt att vätskenivån är så låg att ett utsläpp från övertrycksventilerna skulle ske i gasfas. Det är också säkerställt att trycket i tanken är så lågt den kan vara då avfackling pågår ända fram till att bärgningen påbörjas. Den slang som kopplas på avblåsningsröret hade eventuellt förflyttat ett utsläpp några meter från trailern. Det är dock osäkert om slangen hade suttit kvar då infästningen med silvertejp mycket väl kan ha lossnat. För att kunna hantera konsekvensen av ett utsläpp vid händelse av att övertrycksventilerna öppnar på ett säkrare och mer robust sätt skulle en bättre metod och bättre utrustning behöva tas fram för påkoppling och avledning från avblåsningsröret.

De risker som identifierats vid bärgningsarbetet bedöms ha varit acceptabla och skulle ett utsläpp från gasfasen ha skett så bedöms vidtagna åtgärder och den organisation som fanns på plats ha varit tillräcklig.

5.1.5 Användning av avfacklingsenheten

Behovet av den nationella kemenheten identifieras tidigt i insatsen då avfackling kan bli nödvändigt. Att färdigställa enheten för avfärd kräver vissa förflyttningar av fordon och det tar ca 40 minuter innan enheten är redo att lämna stationen. Det dröjer sedan ytterligare ca 1 timma innan det beslutas att enheten ska åka. Bemanningen på kemenheten ska i grunden vara 1+4

men vid detta tillfälle åker man 1+5. Befälet åker i en liten bil vilket kortar tiden för framkörning med ca 15 minuter och skapar på så sätt mer tid att inhämta information och bedöma läget på plats.

Då avfacklingen påbörjas initialt så kopplas den mot den mottagande tanken vid läktring. Detta möjliggör läktringen och förhindrar att trycket i den mottagande tanken måste släppas till det fria. Säkerheten på skadeplatsen blir på så sätt högre och mer kontrollerad.

Facklorna har placerats mot vinden på ett avstånd av ca 100 meter från den skadade tanken. Detta bedöms vara en korrekt placering utifrån de riskavstånd som gäller vid insatsen och säkerställer att om ett läckage skulle uppstå från den skadade tanken kan facklorna ej orsaka en antändning.

Utvärdering

Hanteringen av kemenheten har vid insatsen fungerat bra samt på ett säkert sätt. I det aktuella fallet har det inte varit tidskritiskt att få enheten på plats och den tid det tar har inte orsakat någon fördröjning av insatsen. Men vetskapen om hur tidskritiskt det är har inte funnits initialt och en så kort tid från larm till att enheten är framme bör därför eftersträvas. Enheten har gjort en avgörande skillnad under insatsen, först genom att möjliggöra läktring på ett säkert sätt och senare för att förhindra en tryckuppbyggnad i den skadade tanken.

Vid insatsen uppstod behovet av en kompressor för att kunna öppna bottenventilen på ett säkrare sätt. Det gjordes även ett provisoriskt försök att koppla på en slang på avblåsningsröret för att leda bort ett utsläpp om övertrycksventilerna skulle öppna. Både en kompressor med lufttank och utrustning för att leda bort ett utsläpp saknas på kemenheten.

6 Diskussion

I detta kapitel förs en diskussion med fokus på riskbedömning och vidtagna åtgärder. Diskussionen baseras på insamlad information och innehåller reflektioner från rapportförfattaren.

6.1 Riskbedömning

Att göra kvalificerade riskbedömningar vid en olycka med flytande metan kräver mycket detaljkunskap om tanken och dess säkerhetssystem. Det finns också svårigheter att, i praktiken, inhämta den data som krävs beroende på omständigheterna på skadeplatsen. En olycka med ett kylkondenserat ämne kommer alltid att vara mer eller mindre tidskritiskt. Den stora utmaningen är att bedöma just hur tidskritiskt det är och vad konsekvenserna blir om händelsen eskalerar.

I det aktuella fallet har inga allvarliga konsekvenser skett vid olyckstillfället eller under insatsen. Händelsen skulle dock ha kunnat blivit betydligt allvarligare om vakuumsiktet hade punkterats. Ett större utsläpp av flytande metan hade kunnat ske. Då en trailer av den aktuella typen ligger på sidan och är fylld till sin maximala fyllnadsgrad kommer röret, som leder till övertrycksventilerna, att befinna sig i vätskefasen. Detta innebär att då trycket ökar till öppningstrycket kommer flytande metan att strömma ut ur avblåsningsröret till dess att vätskenivån sjunkit till nivån för röret och utsläppet övergår till gasfas. Det är vid detta scenario inte tekniskt möjligt att sänka trycket i tanken utan att minska vätskenivån.

Givet att vakuomet är punkterat så kommer trycket i tanken att kunna öka relativt snabbt. Hur snabbt det går beror på en rad olika faktorer och går ej att förutse med säkerhet men vid en tidigare händelse där vakuomet var punkterat ökade trycket i genomsnitt med 0,8 bar/h. Vid beräkningar som redovisas i den tekniska beskrivningen för beredskapsutrustningen anges ett värde som omräknat blir ca 0,3 bar/h.

Vid den aktuella händelsen har det endast funnits 1,2 bar till godo innan ventilerna öppnar. Det innebär att det skulle kunna börja läcka flytande metan från avblåsningsröret inom så kort tid som 1,5 till 4 timmar efter olyckan. Läktringen från den skadade tanken påbörjades efter drygt 8 timmar vilket innebär att det med stor sannolikhet hade läckt ut flytande metan om vakuumsiktet hade varit punkterat.

Vid ett läckage av upp till 16 m³ flytande metan i direkt anslutning till en trailer uppstår genast nya risker som är mycket svåra att hantera. Det kommer uppstå gasmoln som kan driva relativt långa sträckor, risken för köldskador är stor och skulle en antändning ske är risken för BLEVE överhängande.

För att förhindra ett vätskefasutsläpp vid ett scenario där tanken är fylld och ligger på sidan med vakuomet punkterat måste alltså trycket i tanken avlastas så fort som möjligt. Detta anges klart och tydligt i vägledningen från Energigas Sverige men information om att det annars kommer ske ett vätskeutsläpp anges inte. Metoderna som anges för tryckavlastning är:

- Läktring till en tom transportenhet
- Fackla med en kapacitet som överstiger tryckökningen i transportenheten
- Öppna tillgängliga ventiler och släpp ut gasen till atmosfär för att hålla nere trycket

Givet att tiden som finns att tillgå kan vara så kort som 1,5 h finns anledning att resonera kring möjligheten att faktiskt utföra någon av dessa åtgärder i praktiken.

För att kunna läktra krävs självklart för det första en tom transportenhet. När denna är på plats måste möjligheten till påkoppling finnas. Därefter måste tryckdifferensen mellan den skadade tanken och den tomma transportenheten vara tillräckligt stor för att få ett flöde. Därefter ska ca 15-16 m³ läktras för att sänka vätskenivån tillräckligt för att kunna tryckavlasta tanken från gasfasen. Det är först då det är säkerställt att ett utsläpp inte kommer att kunna ske i vätskefas.

Den andra metoden som anges är att fackla med en kapacitet som överstiger tryckökningen i transportenheten. Återigen måste vätskenivån sänkas så att uttag av gas kan ske från gasfasen för att säkerställa en trycksänkning. Det innebär att avfackling måste ske från vätskefas initialt. Kapaciteten på facklorna och förångarna anges till 1 ton/h och det tar därför ca 6 timmar att sänka vätskenivån tillräckligt. Där till kommer tiden det tar att få utrustningen på plats och göra den redo för att påbörja arbetet.

Den tredje metoden som anges är att öppna tillgängliga ventiler och släppa ut gasen till atmosfär för att hålla nere trycket. Med vetskap om att samtliga av tankens utlopp ligger i vätskefas så kommer det alltså vara vätskefas som släpps ut oavsett vilket utlopp som används. Ska denna åtgärd genomföras måste förståelsen för detta finnas och konsekvenserna av det accepteras eller omhändertas.

Utifrån resonemangen ovan är sannolikheten för att hinna förhindra ett vätskefasutsläpp från övertrycksventilerna relativt låg vid en låg tryckdifferens mellan lastningstrycket och öppningstrycket. I bästa fall är tryckdifferensen upp till ca 6 bar men som det aktuella fallet visar kan den vara så låg som 1,2 bar. Detta innebär att tiden som finns är uppskattningsvis mellan 1,5 timmar och upp till 20 timmar.

Det finns alltså ett stort behov av att utveckla vägledningen för att hantera detta scenario. Det finns också ett stort behov av att snabbt kunna kontrollera ett vätskefasutsläpp från avblåsningröret genom påkoppling av någon typ av slang för avledning bort från tanken och till en säkrare plats. Detta behov har framförts tidigare i arbetet med framtagandet av den nationella avfacklingsenheten men inte lett till någon konkret lösning. Provisoriska lösningar, så som påkoppling av brandslang med spännband har nämnts men bedöms som en relativt osäker metod.

Att inhämta den data som krävs för att göra bedömningen av hur lång tid det tar innan trycket ökar till öppningstrycket för övertrycksventilerna är av största vikt. Det har i praktiken visat sig vara svårt att göra det. Vid den aktuella händelsen har inte öppningstrycket kontrollerats på ett korrekt sätt utan antagits till ett felaktigt tryck. Orsaken till att det inte gjorts går inte att säga, det kan bero på både okunskap och svårigheten att göra avläsningen utifrån förutsättningarna på olycksplatsen. Oavsett så är det en viktig lärdom att det korrekta öppningstrycket måste säkerställas och vara korrekt för att inte riskera felaktiga beslut i hanteringen av händelsen. Därför finns anledning att utreda möjligheterna att förenkla inhämtningen av den informationen. Exempelvis skulle öppningstrycket kunna märkas upp på tanken så att det kan läsas av på distans.

Även avläsningen av tanktrycket har i praktiken varit mycket svår att göra. Det finns endast en manometer och den ligger dold ner mot marken. Här finns också anledning att utreda möjligheten till andra alternativ att läsa av trycket, exempelvis med ytterligare en manometer på andra sidan av trailern.

Vid insatsen gjordes olika bedömningar om tanken hade tillräcklig hållfasthet för att lyftas och kunskapsläget upplevdes som osäker och därav ett restriktivt förhållningssätt. Den valda

lyftmetoden gick bra och inga ytterligare skador uppstod vilket antyder att det finns viss marginal i hållfasthet för att lyfta. Några beräkningar på hållfastheten vid lyft har inte denna utredning tagit del av men det bör gå att göra vissa uppskattningar om man jämför krafterna som används för sidokrockberäkningarna och vid lyft. Den aktuella tanktypen är dimensionerad för att klara en krock från sidan samt att välta ner på sidan. Vid sidokrock används en kraft på 154 kN på en yta av 1,4x1,4 m (ca 2 m²) vilket ger ca 77 kN/m². Denna kraft orsakar endast en mindre deformation vid beräkningarna men inga skador som punkterar vakuumet eller gör att inner- och yttertank kommer i kontakt med varandra.

Att lyfta trailern, som väger 13,3 ton tom, med 10 ton last innebär en total vikt på 23,3 ton eller 228 kN. Banden som användes vid lyftet var 0,3 m breda och kan antas ligga an mot tanken på halva omkretsen. Diametern är ca 2,4 m och halva omkretsen blir då ca 3,8 m (2,4*3,14/2). Anläggningsytan blir 1,13 m² per band och 2,26 m² totalt vilket ger ett tryck på ca 100 kN/m². Trycket blir alltså ca 30 % högre vid lyft. Det är svårt att dra några säkra slutsatser av detta resonemang men det antyder ändå att det dels är lämpligt att minska vikten så mycket som går och att det sedan är krafter i någorlunda samma storleksordning vid lyft som vid beräknade värden för sidokrock.

Det som också kan vara intressant i sammanhanget är att beräkningarna endast berör yttertanken. Skulle det vara så att yttertanken deformeras så finns fortfarande innertankens hållfasthet kvar. Innertanken är, i det aktuella fallet förstärkt med skvalpskott, och kommer sannolikt att ha ett övertryck. Detta genererar en hög hållfasthet och därmed ytterligare marginaler till en tankruptur av innertanken vid deformation av yttertanken.

7 Slutsats

I detta kapitel presenteras lärdomar, framgångsfaktorer och utvecklingsområden som har identifierats inom ramen för insatsutvärderingen och omvärldsbevakningen. Utifrån dessa ges förslag på åtgärder samt förslag på punkter för vidare utredning.

7.1 Lärdomar

Följande lärdomar kan dras från den aktuella insatsen och från omvärldsbevakningen:

- Kunskapen om övertrycksventilernas öppningstryck, trycket i tanken samt om vakuumet är intakt, måste inhämtas och verifieras. Antaganden som ej verifieras kan leda till felaktiga bedömningar och beslut.
- Det är i praktiken svårt att inhämta den information som krävs för en korrekt riskbedömning.
- Det är viktigt att anta en hög skyddsnivå initialt då en händelse snabbt kan förvärras och i värsta fall orsaka personskador.
- Risken för utsläpp av flytande metan är stor då tanken ligger på sidan och vakuumet är punkterat. Åtgärder måste vidtas för att förhindra eller kontrollera ett utsläpp för att undvika allvarliga konsekvenser på förhållandevis kort tid.
- Omfallsplaner ifall läget förändras bör tydliggöras. Om ett utsläpp i vätskefas sker kan riskavstånden öka hastigt.
- Extern kompetens, med kunskap om det olycksdrabbade fordonet, behövs för att hantera en händelse med flytande metan. Räddningstjänstens personal kan inte på egen hand förväntas kunna koppla upp sig med avfacklingsutrustning och påbörja avfackling mot ett olycksdrabbat fordon.
- Trailern uppvisade inga ytterligare deformationer som en följd av bärgningen. Tankens hållfasthet, trots skadorna, var tillräcklig för att bärgas enligt bärgningsinstruktionens rekommenderade sätt med ca 10 ton last.

7.2 Framgångsfaktorer

Nedan beskrivs de framgångsfaktorer som framkommit i insatsutvärderingen.

- Tillgången till avfacklingsutrustning har varit helt nödvändig för insatsens genomförande.
- Insatsen har bedrivits med tydliga restriktioner och säkerhetsavstånd samt med en tydlig inriktning att vara passiv innan riskerna med insatsen grundligt har utretts. Detta har, trots omedvetna risker, gjort att en tillräckligt god säkerhetsmarginal har hållits för att förhindra personskador.
- Flera olika externa personer och organisationer har tillfrågats under insatsen. I vissa fall har det lett till felaktiga och tvetydiga uppgifter men det har ändå lett till väl grundade beslut.

7.3 Utvecklingsområden

Nedan beskrivs de utvecklingsområden som framkommit i insatsutvärderingen

- Då insatsen innebär mycket informationsinhämtning och bearbetning skulle analysarbetet kunna organiseras på ett mer strukturerat sätt.
- Vägledningen från Energigas Sverige bör utvecklas för att bli ännu bättre, täcka in fler möjliga scenarion och bli mer konkret. I vägledningen görs exempelvis ingen skillnad i

de olika scenarierna på om tankbilen ligger på sidan eller står upp. Riskerna med en tank på sidan skiljer sig från en tank som står upp. Exempelvis så föreslås en åtgärd att släppa ut gas till atmosfär för att hålla nere trycket. Står bilen upp sker detta i gasfas men ligger den på sidan sker det sannolikt i vätskefas. Se förslag på åtgärder nedan.

- Regelverken för hur transportfordon för flytande metan ska byggas bör utvecklas. Se förslag på åtgärder nedan.
- De nationella enheterna för avfackling bör utvecklas. Se förslag på åtgärder nedan.

7.4 Förslag på åtgärder

Nedan ges förslag på åtgärder för att bättre kunna hantera liknande händelser framöver.

- Vägledningen från Energigas Sverige ger en bra övergripande vägledning i hur hantering av olyckor bör gå till. Nedan är några möjliga utvecklingsområden som har identifierats i denna utredning.
 - Tiden det tar för tryckökning till öppningstrycket är en mycket viktig faktor. Någon typ av vägledning där tiderna för olika scenarion hade gått att utläsa, är önskvärt.
 - I vägledningen görs ingen skillnad i de olika scenarierna på om tankbilen ligger på sidan eller står upp. Riskerna med en tank på sidan skiljer sig från en tank som står upp. Exempelvis så föreslås en åtgärd att släppa ut gas till atmosfär för att hålla nere trycket. Står bilen upp sker detta i gasfas men ligger den på sidan sker det sannolikt i vätskefas.
 - Vägledningen bör skilja på scenarion där en tank står upp eller ligger på sidan.
 - I vägledningen framgår att det skall kontrolleras om tankeenheten är skadad. En tydligare beskrivning av vilka komponenter, så som avblåsningsrör, kopplingar, manometer mm, som är av extra stor vikt att de kontrolleras, skulle kunna tydliggöras.
 - Informationen om vilket öppningstryck som kan gälla bör uppdateras då trycket kan vara lägre än 4 bar.
- Nationella enheterna för avfackling bör utvecklas
 - Utrustning för att leda bort ett utsläpp från avblåsningsröret behöver tas fram. Risken för ett utsläpp är stor vid vakuumförlust men någon beprövad metod och utrustning finns inte.
 - Möjlighet att, på ett säkert sätt, trycksätta och öppna luftstyrda ventiler på tankar bör säkerställas. Det kan exempelvis göras med kompressor med lufttank eller gasflaska med lämplig gas.
- Möjligheten att släppa på vakuumet på ett kontrollerat sätt för att kunna påskynda en avfackling bör utredas vidare. Det bör vara möjligt att justera vakuumet via ordinarie vakuumventil och vakuumpump.
- Regelverken för hur transportenheter ska byggas bör utvecklas. Detta för att säkerställa möjligheten att genomföra räddningsinsatser och förhindra allvarliga konsekvenser vid olyckor. Följande krav bör ställas:
 - Möjlighet att läsa av trycket i tanken på mer än en manometer.
 - Möjliggöra påkoppling av standardiserad utrustning på avblåsningsröret för avledning.

- Möjlighet att läsa av öppningstrycket på avstånd från tanken genom uppmärkning på lämplig plats.
- Minsta storlek på tryckdifferens mellan lastningstryck och öppningstryck för övertrycksventilerna.

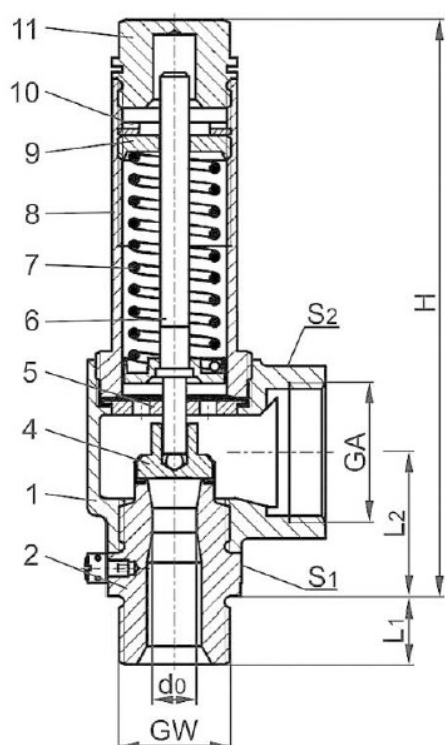
Referenser

- (MSB), M. f. (2022). *Räddningsinsatser vid olyckor med gasfordon: En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016–2019*.
- Energigas. (2021). *Åtgärder vid nödsituationer under transporter av flytande metan(LNG och LBG) Tankbil och Tankcontainer*. Stockholm: Energigas Sverige.
- EnergigasSverige. (2020). *Teknisk specifikation för beredskapsutrustning vid nödsituationer under transport av energigas*. Stockholm: Energigas Sverige.
- MSB. (2022). *Räddningsinsatser vid händelser med gasdrivna fordon*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).
- MSB. (den 14 03 2023). *RIB sök*. Hämtat från RIB sök Farliga ämnen: <https://rib.msb.se/Portal/template/pages/Kemi/Substance.aspx?id=548&q=metan&p=1>
- Swedegas. (den 14 03 2023). Hämtat från Swedegas: <https://www.swedegas.se/gas/gaskvalitet>

Bilaga 1

För att få en uppfattning om vilket flöde av vätska som kan bli genom en övertrycksventil genomfördes ett enklare test. Osäkerheterna jämfört med en verklig ventil är stora men bedöms ändå ge en rimlig uppfattning om storleksordningen på flödet. Syftet var att i nästa steg kunna uppskatta om tryckavlastning kan ske tillräckligt fort, då trailern ligger på sidan och röret kopplat till övertrycksventilerna ligger i vätskefasen. En rörkoppling, med likvärdig dimension som övertrycksventilen, sattes ihop och flödet med vatten mättes genom den vid några olika tryck.

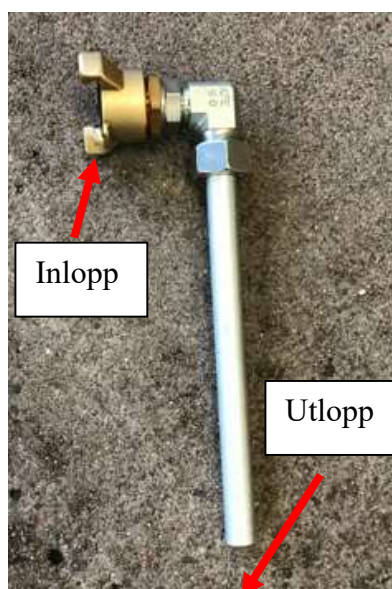
Flöde av vätska genom övertrycksventilerna



| Type 06386 | Technical data | | | |
|----------------------------------|----------------|----------|----------|----------|
| Nominal size | GW | 1/2 | 3/4 | 1 |
| Orifice | d ₀ | 10.5 | 10.5 | 14.0 |
| Dimension code | .X. | 1004 | 1006 | 1410 |
| Set pressure range | bar | 0.2-25.0 | 0.2-25.0 | 0.2-40.0 |
| Outlet | GA | 1 | 1 | 1-1/4 |
| Height | H | 140 | 140 | 157 |
| Length | L ₁ | 14 | 16 | 18 |
| Length | L ₂ | 36 | 36 | 42 |
| Wrench size across flats | S ₁ | 30 | 30 | 41 |
| Wrench size across flats | S ₂ | 41 | 41 | 50 |
| Weight | ca. kg | 0.75 | 0.78 | 1.24 |
| Coeff. of discharge from 3.0 bar | α _w | 0.67 | 0.67 | 0.67 |

Dimensions in mm.

Figur 23. Sprängskiss och måttabell på den aktuella övertrycksventilen (GW=1).



Försöket genomfördes genom att ta tid på hur lång tid det tar att fylla ett fat med en volym på 220L vid tre olika tryck. ”Ventilen” kopplades på pumpen på en brandbil via en smalslang och trycket lästes av på displayen i bak på brandbilen. Försöket gav följande resultat.

| Flöde med vatten | | | | | | | |
|-------------------------|-------------|---------|-----------|-------------|---------------|--------------------------|--------------------------------------|
| | Tryck (bar) | Tid (s) | Volym (L) | Flöde (l/s) | Flöde (l/min) | Flöde 4 ventiler (l/min) | Flöde 4 ventiler (m ³ /h) |
| Extrapolerat | 3,3 | | | | 139 | 554 | 33 |
| Uppmätt värde | 3,5 | 89 | 220 | 2,47 | 148 | 593 | 36 |
| Uppmätt värde | 5 | 67 | 220 | 3,28 | 197 | 788 | 47 |
| Interpolerat | 5,6 | | | 3,41 | 205 | 818 | 49 |
| Uppmätt värde | 6 | 63 | 220 | 3,49 | 210 | 838 | 50 |

Tryckavlastning genom vätskeutsläpp

Då alla utlopp i tanken ligger i vätskefas finns ingen möjlighet att tryckavlasta tanken genom att öppna upp mot gasfasen. Det som då genererar en trycksänkning är om den nominella volymen för gasfasen kan bli större. För att sänka trycket med 50% behöver volymen göras dubbelt så stor, baserat på den ideala gaslagen. Då fyllnadsgraden är 74% av tankens totala volym på 59 m³ innebär det att gasfasvolymen är ca 15,4 m³. För att sänka trycket med 50% behöver alltså 15,4 m³ volym vätska tömmas för att på så sätt dubbla gasfasvolymen.

Då flödet av vätska genom 4 ventiler och vid öppningstrycket på 3,3 bar, är uppskattat till 33 m³/h skulle det alltså ta ca 30 min för 15,4 m³ att flöda ut och därmed sänka trycket till 1,6 bar. Detta innebär också att det tar ca 30 min för vätskenivån att komma ner till mitten på tanken då utloppen övergår att hamna i gasfasen.

Det som är relevant att värdera i detta sammanhang är risken för tankruptur och om en tryckuppbyggnad kan hinna ske över tankens testtryck efter det att övertrycksventilerna har öppnat utifrån ett givet scenario. Testtrycket för tanken ligger alltid 130% av tanktrycket + 1 bar. För den aktuella tanken är testtrycket $(3,3+1)*1,3=5,6$ bar. Detta innebär att trycket måste ökas ytterligare med 2,3 bar för att överstiga testtrycket efter det att övertrycksventilerna har öppnat och det är först då det finns risk för tankruptur.

I ett scenario med vakuumbförlust anges, i granskade källor, en tryckökningstakt som högst till 0,8 bar/h och det skulle då ta knappt 3h att höja trycket 2,3 bar.

I ett scenario med vakuumbförlust och med extern brand så beräknas i den tekniska specifikationen en tryckökningshastighet i snitt på 3 bar/h. Det skulle då ta ca 46 min för trycket att öka till testtrycket.

Då tiden det tar för att sänka vätskenivån till halva tanken är 30 minuter och det i värsta scenariot tar 46 min att höja trycket till testtrycket bedöms sannolikheten som mycket liten att testtrycket skulle kunna uppnås. I praktiken kommer även flödet att öka då trycket ökar vilket ger en ännu kortare tid för tömning.

Slutsatsen utifrån genomförda mätningar är alltså att det är mycket osannolikt att en tryckuppbyggnad kan ske över testtrycket då röret till övertrycksventilerna befinner sig i vätskefasen. Observera att en extern brand skulle kunna leda till försvagningar i tanken och på så sätt orsaka en tankruptur på lägre tryck än tankens testtryck.

Bilaga 2

Recommandation générale pour la récupération de la citerne

Pour la récupération du réservoir après un accident doit considérée comme suit :

1. Consulter des experts.
2. Si possible, réduire le remplissage par pompage au large.
3. Utiliser généralement 2 grues pour le renflouage du navire.
4. Utiliser des ceintures dans le renflouage qui sont aussi larges que possible (au moins 200 mm) pour réduire la
5. concentration de charge sur le réservoir. La longueur des courroies doit être assez grande pour permettre un angle de
6. En cas de doute, consulter un expert pour déterminer la position des ceintures.

Recommandation : Placer les courroies dans la gamme des consoles ou des chefs de la citerne.

7. Attacher les ceintures contre glissent.
8. Utiliser 2 grues pour soulever la charge aussi droite que possible vers le haut. Veuillez noter : lorsque vous soulevez le réservoir, le réservoir pourrait tourner par le poids des consoles.

