RÄDDNINGSTJÄNSTEN
ÖSTRA SKARABORG

INSATSUTVÄRDERING

Datum	Diarienummer
2022-01-10	2021-000545
Granskad av	Upprättad av:
BT, CN, FD, NL	LK

Brand i gasdriven sopbil

Skyttegatan, Karlsborg

2021-06-03 – 2021-06-04

Post- och besöksadress	Telefon växel	E-post	Ansvarig handläggare
Räddningstjänsten Östra Skaraborg	0500-42 40 00	raddningstjansten@rtos.se	Erik Lyckebäck
Majorsgatan 1	Fax	Internet	Handläggarens E-post
541 41 Skövde	0500-42 40 40	www.rtos.se	Erik.Lyckeback@rtos.se

Förutsättningar

Uppdragsgivare: Räddningstjänsten Östra Skaraborg

Uppdrag: Utvärdering av räddningsinsats

Utredare

Erik Lyckebäck, Brandingenjör på Räddningstjänsten Östra Skaraborg, med sju års erfarenhet från förebyggande och operativt arbete på kommunal räddningstjänst. Erik tjänstgör sedan 2017 som räddningschef i beredskap och är utbildad brandorsaks- och olycksutredare.

Kvalitetssäkring

Innehållet har granskats av Malin Björkqvist, Daniele Coen, Rasmus Frid, och Niklas Larsson.

Upphovsrätt

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

Larminformation

Datum: 2021-06-03

Larmtid: 13:49:55

Adress: Skyttegatan, Karlsborg

Olyckstyp: Brand ute, fordon

Händelserapport: G2021.057639

SOS-ärendenummer: 19.9396197.2

Sammanfattning

Strax före kl.14, torsdagen den 3 juni 2021, fattade en gasdriven sopbil eld i ett bostadsområde i Karlsborg. När personalen klev ur sopbilens hytt noterade de att det brann med flammande lågor i utrymmet mellan hytten och skåpet. Så snart detta upptäcktes backade personalen undan och larmade 112.

I larmsamtalet framkom snart att det rörde sig om ett fordon som drivs med CNG, och Räddningstjänsten Östra Skaraborg larmade enheter från Karlsborg och Tibro tillsammans med insatsledare och räddningschef i beredskap.

Innan Karlsborgsstyrkan hunnit fram till platsen hade brandspridning skett till hela fordonet. Två däckexplosioner inträffade och strålningsvärmen från branden var så intensiv att en intilliggande villa hotades av brandspridning.

Räddningstjänsten inledde insatsen genom att vattenbegjuta sopbilen från skyddad plats, dels med personal som stod placerade bakom villan, dels med vattenkanon från en tankbil. Samtidigt spärrades ett område på 200 meter av för allmänheten, och de boende i området instruerades att hålla sig inomhus.

Tidigt under insatsen meddelade den inre ledningen att vattenbegjutning av fordonets tankar skulle upphöra, pga. risken för att kyla tankarnas smältsäkringar. Därefter tilläts branden i fordonet brinna ut, innan tankarna återigen kyldes med vatten för att påskynda avsvalningen.

I det här skedet blev insatsen relativt statisk och fokus lades på riskbedömningen av fordonets tankar, inför en bärgning av fordonet. Flera åtgärder vidtogs för att utreda om någon av tankarna fortfarande var trycksatta, samt om dessa kunde vara försvagade till följd av branden. När det inte kunde konstateras om tankarna var trycklösa övervägdes också flera åtgärder för att kunna släppa ut gasen.

De potentiella riskerna med att bärga fordonet, och svårigheten med att bedöma statusen på fordonets tankar, ledde till att insatsen pågick till nästkommande dag. Efter att tankarnas smältsäkringar kontrollerats med inspektionskamera gjordes bedömningen att en bärgning kunde genomföras på ett säkert sätt. Varefter fordonet bärgades till Försvarsmaktens skjutfält utanför Karlsborg, där samtliga tankar besköts, innan räddningsinsatsen kunde avslutas 28 timmar efter larmet inkom.

Denna insatsutvärdering har fokuserat på att analysera och utvärdera de riskbedömningar och riskreducerande åtgärder som vidtogs i samband med den långdragna insatsen. Rapporten innehåller också en omvärldsanalys, för att sammanställa kunskapsläget utifrån inträffade bränder i CNG-fordon.

Med grund i den analys som genomförts rekommenderas inledningsvis en passiv insats vid fordonsbränder där gastankarna är brandutsatta, i syfte att inte riskera att kyla smältsäkringar, och därmed öka risken för kärlsprängning. Tankarna bör däremot kylas under avsvalningsfasen, innan de kan inspekteras för att avgöra behovet av ytterligare åtgärder.

Det kan också konstateras att det idag finns svårigheter med att bedöma statusen på fordonstankar efter en brand eller annan olycka. För att undvika långdragna insatser med långvariga avspärrningar behövs mer kunskap och metoder för att kunna säkra fordonstankarna och därefter bärga bort gasfordon som varit inblandade i bränder eller andra olyckor.

Innehåll

1 Inledning ... 1
1.1 Lagstöd ... 1
1.2 Syfte ... 1
1.3 Mål ... 1
1.4 Metod ... 1
1.5 Avgränsningar ... 1
1.6 Förkortningar och begrepp ... 2
2 Bakgrund ... 3
2.1 Olycksplatsen ... 3
2.2 Fordonet ... 3
2.2.1 Bränslesystem ... 4
2.3 Faktiska skador ... 6
3 Omvärldsanalys ... 7
3.1.1 Statistik ... 7
3.1.2 Inträffade händelser med sopbilar ... 7
3.1.3 Övriga händelser där bränder orsakat kärlsprängning i CNG-fordon ... 8
3.1.4 Särskilda risker med CNG-tankar vid räddningsinsats ... 9
3.1.5 Riskreducerande åtgärder vid insats med CNG-fordon ... 13
4 Händelseförloppet ... 14
4.1 Räddningsinsats ... 14
4.1.1 Innan räddningstjänstens framkomst ... 14
4.1.2 Uppstart ... 14
4.1.3 Fortsatt insats, dag 1 ... 16
4.1.4 Avslut av räddningsinsats, dag 2 ... 18
5 Analys ... 20
5.1 Riskbedömning och åtgärder ... 20
5.1.1 Uppstartsskedet ... 20
5.1.2 Etablering och resursuppbyggnad ... 22
5.1.3 Förberedelser för bärgning, dag 1 ... 23
5.1.4 Bärgning och avslut av räddningsinsats, dag 2 ... 26
5.2 Ledning av räddningsinsats enligt sjustegsmodellen ... 27
6 Diskussion ... 28
6.1 Riskbedömning ... 28
6.1.1 Riskbedömning under brandförlopp med avsvalningsfas ... 28
6.1.2 Riskbedömning efter brandförloppet ... 30
6.1.3 Risker vid bärgning ... 32

7 Slutsats 34
7.1 Lärdomar 34
7.2 Framgångsfaktorer 35
7.3 Utvecklingsområden 36
7.4 Förslag på åtgärder 36
7.5 Förslag på punkter för vidare utredning 36
8 Källförteckning 37

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 skälig omfattning klarlägga orsakerna till olyckan, olycksförloppet och hur insatsen har genomförts.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att utvärdera hur insatsen har genomförts, med särskilt fokus på de faktiska riskerna, riskbedömningen samt de åtgärder som vidtagits för att minimera eller eliminera risker.

1.3 Mål

Målet med denna rapport är att dra lärdom av den genomförda räddningsinsatsen, genom att lyfta fram framgångsfaktorer och utvecklingsområden samt att ge förslag till åtgärder för att förbättra organisationens förmåga att hantera liknande händelser framöver.

1.4 Metod

Information om händelsen, händelseutvecklingen och respektive aktör är inhämtat från erfarenhetsåterföringsmöte med insatspersonal, händelserapport och bilder tagna vid insatsen.

Inom ramen för insatsutvärderingen har en omvärldsanalys genomförts i syfte att dra lärdomar från tidigare inträffade händelser. 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 brandorsak eller någon fördjupad utredning kring olycksförloppet. Utvärderingen omfattar enbart insatsledning och den inre ledningens arbete med att stötta räddningsledaren, från det att räddningstjänsten larmades till dess att insatsen avslutades.

1.6 Förkortningar och begrepp

CNG – Compressed Natural Gas, komprimerad naturgas eller biogas, som till största delen utgörs av metan.

IL – Insatsledare

MMI – Mål med insats

MRV – Militärregion Väst

RCH – Räddningschef

RCB – Räddningschef i beredskap

RiB – Räddningstjänstpersonal i beredskap, tidigare kallat deltidsbrandman

RÖS – Räddningstjänsten Östra Skaraborg

SL – Styrkeledare

TP – Taktisk plan

7-stegsmodellen – Metod för att leda räddningsinsatser, som beskrivs i ”Taktikboken” (Eriksson & Mattsson, 2015)

2 Bakgrund

I följande avsnitt beskrivs områdets förutsättningar, det brandsutsatta fordonet samt de skador som uppkommit till följd av branden.

2.1 Olycksplatsen

När branden uppstod var fordonet placerat på Skyttegatan i Karlsborg. Fordonet stod placerat i vänster körfält, med hytten möt öster (åt höger i bild nedan). På platsen finns både flerbostadshus och villabebyggelse. På Bild 1 nedan visas fordonets placering och avstånd till närliggande byggnader.

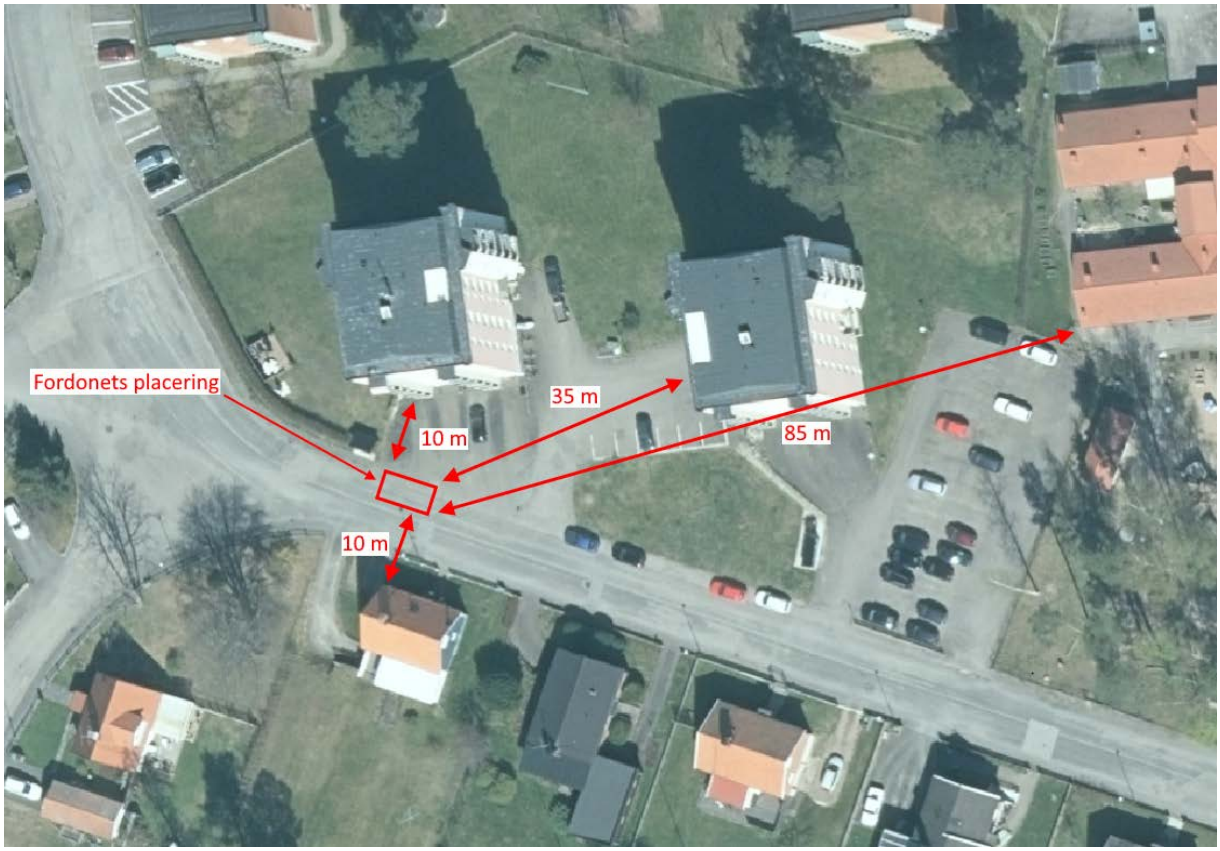


Bild 1. Flygfoto som visar fordonets placering i förhållande till närliggande bebyggelse.

De två flerbostadshus som står närmast fordonet är 6-vånings betonghus, med obrännbar fasad, som uppfördes i slutet av 50-talet. Även villabebyggelsen bedöms vara uppförd runt 50-60-talet och utgörs främst av 1- 1,5-plans villor med tegelfasad. Den villa som stod placerad närmast fordonet har dock ytterväggar med träpanel.

2.2 Fordonet

Det brandutsatta fordonet är en gasdriven sopbil som består av ett lastbilschassi från Scania som försetts med en påbyggnad för att kunna samla in sopor. Fordonet drivs av komprimerad naturgas eller biogas (CNG), vilket till största delen består av metangas.

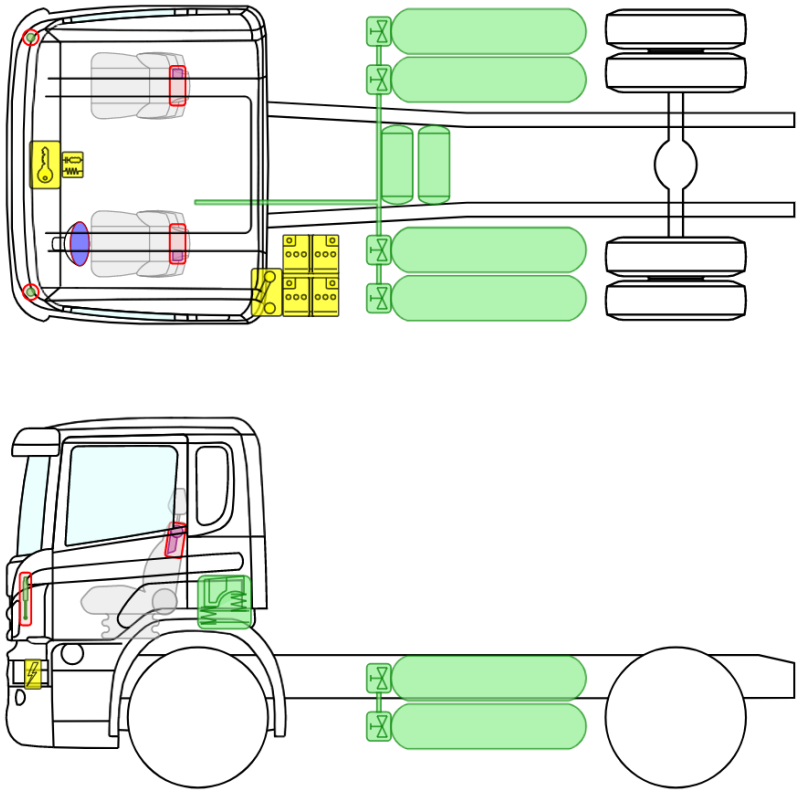
Följande data är hämtade från fordonsuppgifter på Transportstyrelsens hemsida[1]:

[1] Transportstyrelsen (2021), Fordonsuppgifter (transportstyrelsen.se), Elektronisk tillgänglig: 2021-06-21

Fabrikat: SCANIA, P280DB6X2*4MNB
Fordonsår: 2015
Drivmedel: Metan
Tankvolym: 640 l
Senast godkända besiktning: 2021-03-23

2.2.1 Bränslesystem

Bränslet förvaras i ett gastankpaket som består av åtta tryckkärl som är placerade i två grupper om fyra, på fordonets undersida, se Figur 1 nedan. Tryckkärlen utgörs av kompositflaskor som vardera rymmer 80 liter gas, med ett maximalt lagringstryck på 230 bar. Flaskorna är sammankopplade och försedda med magnetventiler som öppnar när tändningen är igång. Övrig tid är ventilerna stängda och respektive tank är då avskild från övriga tankar i systemet. Varje tryckkärl är försett med två separata smältsäkringar, en i vardera änden, som öppnar vid 110 °C.



Figur 1. Ritningar som visar tankarnas placering i det aktuella fordonet, källa: Crash Recovery System.

2.2.1.1 Tankventiler

På det aktuella fordonet användes automatiska tankventiler av modellen OMB VEGA, som visas i bild nedan:

Bild 2. OMB VEGA automatisk tankventil för CNG-tankar. Källa: OMB VEGA Manual (OMB Saleri S.P.A)

Smältsäkringen, med nummer 3 i ovanstående bild, ska enligt tillverkarens specifikationer lösa ut vid en temperatur på 108 °C ± 6 °C. När smältsäkringen löser ut, trycks en pistong i ventilen ut av trycket i tanken och gas strömmar ut ur anslutningen med nummer 4 i ovanstående bild. Denna funktion redovisas i nedanstående sprängskiss, Bild 3, där smältsäkringen och pistongen finns markerade. Anslutningen där gasen strömmar ut, märkt med nummer 4, kan skymtas bakom pistongen i nedanstående bild.

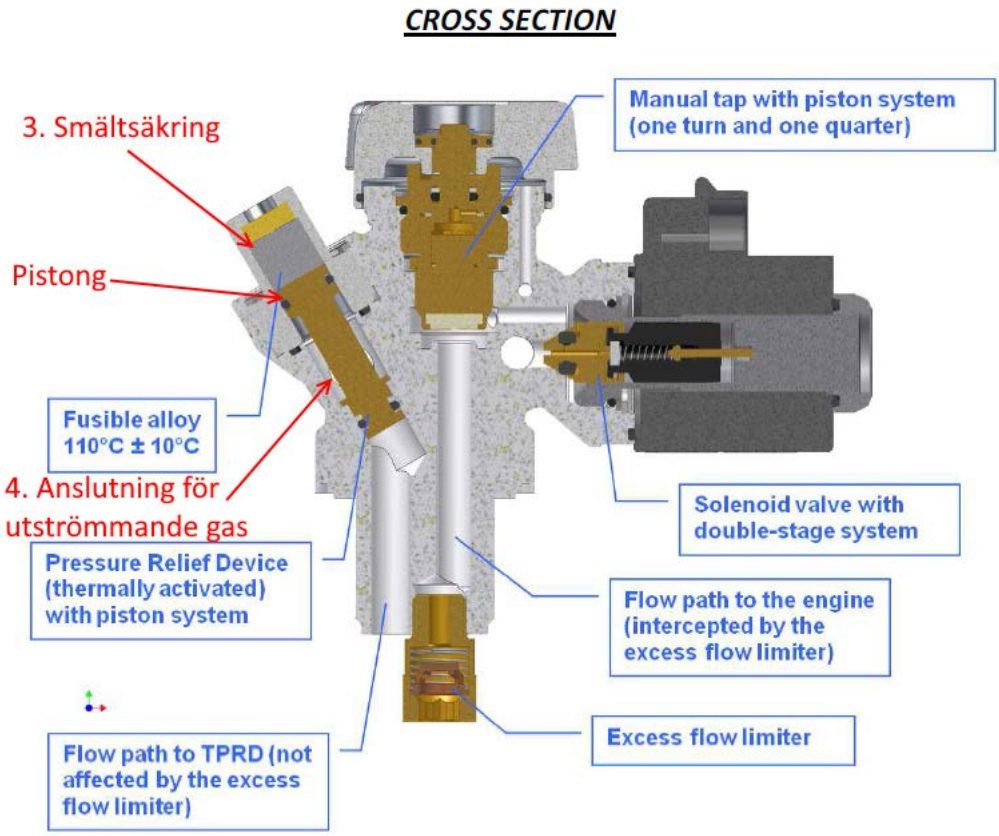


Bild 3. Automatisk tankventil av modellen OMB VEGA i genomskärning, källa: OMB VEGA Manual (OMB Saleri S.P.A)

2.3 Faktiska skador

Den brandutsatta sopbilen blev totalskadad i branden och skador har även uppstått på den närbelägna villan. En personbil som stod parkerad på villans garageuppfart fick smältskador i anslutning till bakluckan och två fönster i villan sprack till följd av strålningsvärmen. Ytterligare en personbil som stod parkerad utanför flerbostadshuset fick skador på grund av värmestrålning.

Utöver dessa brandskador har en del av fälgen från lastbilen lossnat vid en däckexplosion och slagit hål genom ett staket som tillhörde villan.

3 Omvärldsanalys

För att kunna utvärdera den riskbedömning och de åtgärder som vidtagits vid räddningsinsatsen redovisas nedan en enklare omvärldsanalys som genomförts i syfte att sammanställa det rådande erfarenhets- och kunskapsläget från olyckor med fordon som drivs med CNG.

3.1.1 Statistik

Det finns flera rapporter som sammanställt information från inträffade olyckor med CNG-fordon internationellt. I en rapport från RISE[2] redovisas en sammanfattning från en amerikansk studie som undersökt olyckor med CNG-fordon, mellan 1976 och 2010. Studien hittade 50 dokumenterade fall av tankrupturer, där merparten har uppstått i samband med tankning eller vid brand.

18 av de undersökta tankrupturerna bedömdes bero på befintliga skador i tryckkärlen som kunde ha upptäckts vid återkommande kontroller. I 14 fall inträffade tankrupturer vid brand, eftersom tryckavlastningsanordningarna inte löste ut. I studien fanns även 12 olyckor där fordonen brunnit utan tankruptur som följd.

I samma RISE-rapport framgår att det skedde totalt 147 olyckor eller incidenter i Sverige där CNG-fordon var inblandade, under perioden januari 2000 - juli 2019. Av dessa var 81 personbilar, 40 bussar, 23 lastbilar och 3 truckar.

3.1.2 Inträffade händelser med sopbilar

I en rapport[3] från 2019, som beställts av MSB, görs en sammanställning av erfarenheter från olycksundersökningar som genomförts efter olyckor som inträffat med CNG-fordon mellan 2016 och 2019. Av totalt 15 olycksutredningar rör sex utredningar just gasdrivna sopbilar. Två av dessa olyckor skedde i samband med tankning, och är därför mindre relevanta att analysera i denna utvärdering. En sammanfattning av de övriga händelserna ges nedan:

2016-01-26, Brand med efterföljande explosion i sopbil, Hamilton, New Jersey

Efter att en brand startat i ett batteri, sprider den sig i fordonet och påverkar tankarna med CNG. Tryckavlastningsanordningarna aktiveras, vilket leder till att jetflammor uppstår. Trots detta exploderar en av de fyra tankarna, vilket orsakar skador på fyra närliggande byggnader.

2016-09-20 Explosion av sopbil, Katrineholm

En fordonstank med CNG exploderade spontant under färd, utan att antändning skedde. Gasläckage uppstod och flera tankar bedömdes vara allvarligt skadade, varför fordonet inte kunde flyttas.

Området spärrades av med ett avstånd av 300 meter och dagen efter beslutades att de tre tankarna som potentiellt var skadade skulle skjutas innan fordonet bärgades. Vid beskjutningen

---

[2] Gehandler, J. & Lönnermark, A. (2020). *”CNG vehicle containers exposed to local fires”*. RISE Rapport 2019:120_rev1. Borås 2020

[3] Stenius, C. et.al. (2020) *”Olyckor med Gasfordon – En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016-2019”*. MSB1510, Totalförsvarets forskningsinstitut FOI, Norrköping 2020.

exploderade ytterligare ett tryckkärl, medan de andra två punkterades så att gasen kunde läcka ut.

Utredningen[4] kom fram till att anledningen till den första tankrupturen troligtvis var slitage på tanken, till följd av att stenar och grus hade kommit in mellan skyddsplåt och tank. Det bedömdes också att den troliga anledningen till att ytterligare en tank rämnade, i samband med att den besköts, var en kombination av träffpunkten och att kärlet skadats i samband med den första kärlsprängningen.

2017-07-07 Brand i sopbil, Östersund

En gasdriven sopbil (CNG) började brinna under färd längs en landsväg. Föraren tog sig ut och larmade räddningstjänsten, som beslutade att stänga av vägen och hålla ca 150 meters avstånd till det brinnande fordonet. Två brandmän i larmställ och tryckluftsapparat närmade sig fordonet, innan beslut fattades om att hålla avstånd tills branden avtagit i intensitet.

När fordonet nästan brunnit ut skedde släckning med vattenkanon från tankfordon och därefter med skärsläckare och CAFS, där kanonen inte kommit åt. Avslutningsvis undersöktes att inget läckage förekom och därefter bärgades fordonet från platsen.

2018-10-22 Antänt utsläpp från sopbil, Skövde

Ett löst brunnslock slog sönder en CNG-tank till en sopbil under färd. Ett momentant gasutsläpp inträffade, vilket antändes och gav upphov till en mindre brand i fordonet. Räddningstjänsten släckte branden innan övriga tankar påverkades. Inga personskador uppstod, trots antändningen av gasmolnet. Läckaget gav upphov till att fordonets registreringsskylt kastades iväg och påträffades ca 10 meter från olycksplatsen.

Efter att branden släckts och det konstaterats att det inte förekom läckage av CNG från övriga tankar, bärgades fordonet från platsen.

3.1.3 Övriga händelser där bränder orsakat kärlsprängning i CNG-fordon

I samma rapport som sammanfattat ovanstående olycksundersökningar redovisas även bränder med andra fordonstyper än just sopbilar. Dessa redovisas nedan;

2016-07-12 Explosion av gasbuss, Göteborg

En brand utbröt i taket på en gasbuss med takmonterade CNG-tankar. Bussen utrymdes och föraren genomförde ett släckförsök. Räddningstjänsten kom till platsen och försökte omgående släcka den begränsade branden. Branden visade sig vara svår att komma åt och olika släckmetoder användes. Bland annat användes CAFS för att skumfylla utrymmet där gastankar var placerade. Efter ca 30 minuter bedömdes branden vara släckt, men efter 38 minuter exploderade en av tankarna och skadade två brandmän. I olycksundersökningen anges att explosionen inträffade pga. tryckökning och en försvagad mantel. Troligtvis hade också smältsäkringarna kylts lokalt.

[4] Nordström, J. (2017) *”Tryckkärlsexplosion i biogasdriven sopbil: Olycksutredning”*. MSB1099, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm 2017

2016-11-16 Explosion av personbil, Kramfors

Ägaren till en personbil upptäckte att det brann i den parkerade bilen. Efter att ha genomfört en egen släckinsats körde ägaren fordonet till en verkstad. Under färden dit började bilen brinna på nytt och räddningstjänsten tillkallades. Först när räddningstjänsten kommit till platsen fick de kännedom om att fordonet drivs med CNG.

Räddningstjänsten påbörjade ett släckförsök med ett riskavstånd på 40 meter. Under tiden som släckningen pågick exploderade fordonet, och splitter kastades ca 40-50 meter, vilket innebar att det beslutade riskavståndet var för litet. Ingen ytterligare riskbedömning genomfördes inför bärgning.

3.1.4 Särskilda risker med CNG-tankar vid räddningsinsats

I en MSB-rapport[5] som syftar till att utgöra underlag för zonindelning vid olyckor med gasformiga bränslen förs ett resonemang kring vilka särskilda risker som finns med CNG-tankar vid en räddningsinsats. De risker som bedöms vara relevanta vid olika räddningsinsatser redovisas i tabell nedan.

Tabell 1. Relevanta risker som är kopplade till räddningsinsatser med CNG-fordon.

Typinsats	**Relevanta scenarier**
Brand i fordon	Jetflamma
	Tankruptur med direkt eller fördröjd antändning
Läckage	Gasmolnsexplosion

Utöver ovan listade risker kan det även finnas risk att skadade eller försvagade tryckkärl rämnar i samband med efterarbete som t.ex. tömning av gas eller bärgning. Risken för kärlsprängning i samband med bärgning beaktades vid den aktuella räddningsinsatsen och har även beaktats vid andra räddningsinsatser[6], varför kunskapsläget kring denna risk sammanställs tillsammans med övriga identifierade risker.

3.1.4.1 Jetflamma

När en tank utsätt för brand ökar trycket i tanken samtidigt som materialets hållfasthet minskar, därför förses CNG-tankar med tryckutjämningsutrustning som är värmeaktiverad. Större tankar förses normalt med en tryckutjämningsanordning vid respektive ände på tanken[5]. I CNG-drivna fordon, som regleras enligt UNECE R110, utgörs tryckutjämningsanordning av en eller flera smältsäkringar, som aktiveras vid 110 °C[7].

När en smältsäkring har öppnat stängs den inte igen, varför jetflamman pågår till dess att trycket i tanken har utjämnats mot omgivningen. Riktningen och längden av jetflamman styrs av hur smältsäkringen är utformad, orientering och dimension av anslutning och/eller rörledningar där gasen släpps ut samt av vilket tryck som finns i tanken[5,7].

---

[5] Runefors, M. (2020). *”Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag”*. MSB1620. Lunds Tekniska Högskola, Lund 2020

[6] Nordström, J. (2017) *”Tryckkärlsexplosion i biogasdriven sopbil: Olycksutredning”*. MSB1099, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm 2017

[7] Gehandler, J. & Lönnermark, A. (2020). *”CNG vehicle containers exposed to local fires”*. RISE Rapport 2019:120_rev1. Borås 2020

Dimensionerande riskavstånd för personer med eller utan skyddsutrustning (larmställ och tryckluftsapparat), beroende av tryckutjämningsanordningarnas utsläppsdiameter, redovisas i tabell nedan. Den säkerhetsventil som användes på sopbilen som brann i Karlsborg hade en utsläppsdiameter av minst 8 mm[8], varför ett beräknat riskavstånd för 8,5 mm redovisas separat.

Tabell 2. Riskavstånd för personer med eller utan skyddsutrustning, som funktion av utsläppsdiametern.

CNG, 230 bar	**Utsläppsdiameter**	
	5 – 10 mm	**8,5 mm**
Person med skyddsutrustning	13 – 21 m	19 m
Person utan skyddsutrustning	18 – 28 m	25 m

3.1.4.2 Tankruptur till följd av brand eller mekanisk påverkan

Sannolikheten för att en tankruptur ska uppstå efter mekanisk påverkan eller i samband med brand varierar mellan olika källor. I något äldre faktablad från MSB, som gäller CNG-drivna personbilar, anges att det är osannolikt att en tank skulle rämna på grund av branden[9]. I ett annat faktablad anges att faran för tryckkärlsexplosioner från fordonsgasdrivna bilar vid brand är försumbar[10].

Senare studier lyfter istället fram risken för tryckkärlsexplosioner vid brand. I en omvärldsanalys som beställts av MSB listas flera händelser där tryckkärlsexplosioner har inträffat och dessa är en relativt stor andel av de olycksundersökningar som utförts. Det sägs dock också att detta troligtvis beror på att händelser där tryckkärlen och gasen påverkas utreds i större omfattning än händelser där detta inte sker[11].

I rapporten nämns att en orsak till kärlsprängningar i samband med bränder kan vara att tankarna kyls under räddningsinsatsen. En explosion kan inträffa om kylningen av tankarna inte är tillräcklig för att begränsa tryckuppbyggnaden, samtidigt som övertrycksanordningen kyls ner och därigenom sätts ur spel. Detta bedöms också vara en möjlig orsak till kärlsprängningen som skedde vid branden i en CNG-buss i Göteborg 2016.

En annan orsak till kärlsprängning kan vara att brandpåverkan blir för lokal, och därmed inte utlöser smältsäkringen som är placerad i någon, eller båda, av tryckkärlets ändar. Risken för detta finns, men bedöms vara relativt osannolik, efter försök utförda av RISE[12].

I den MSB-rapport[13] som syftar till att beräkna skyddsavstånd för zonindelning, vid räddningsinsatser konstateras också att tankruptur är förhållandevis vanligt vid bränder i gasfordon.

Tankrupturer kan bero på flera olika orsaker, men beräkningsunderlaget för zonindelning[14] har fokuserat på brandutsatta tankar, då detta har bedömts vara det mest relevanta scenariot för att

[8] OMB Saleri S.P.A, *"Automatic tank-valve VEGA for CNG automotive use"*. Italien, Brescia.
[9] MSB (2014). *"Metangasdrivna fordon – Rekommendationer vid olycka"*, MSB731. Karlstad 2014.
[10] MSB (2015). *"Brand i fordonsgasdriven personbil – Risker vid insatser"*,MSB900. Karlstad 2015.
[11] Stenius, C. et.al. (2020) *"Olyckor med Gasfordon – En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016-2019"*. MSB1510, Totalförsvarets forskningsinstitut FOI, Norrköping 2020.
[12] Gehandler, J. & Lönnermark, A. (2020). *"CNG vehicle containers exposed to local fires"*. RISE Rapport 2019:120_rev1. Borås 2020
[13] Runefors, M. (2020). *"Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag"*. MSB1620. Lunds Tekniska Högskola, Lund 2020

beskriva riskerna för räddningspersonal. En tankruptur som beror på direkt mekanisk påverkan eller fel på tanken bör sannolikt redan ha inträffat när räddningstjänsten anländer på platsen.

Oavsett sannolikhet eller vad som föranleder tankrupturen leder en ruptur till att tankens innehåll släpps ut hastigt, vilket ger upphov till en tryckvåg och eventuellt även en antändning. Omedelbar antändning är sannolikt om rupturen orsakas av brand, men det finns exempel där tryckvågen i sig har släckt branden, och då riskerar även en gasmolnsexplosion att uppstå[14]. Tankrupturer ger också upphov till kaststycken när fragment av tanken eller annat material slungas iväg.

Tryckvåg

Den tryckvåg som uppstår i samband med en plötslig gasexpansion får olika påverkan på omgivningen beroende på var den inträffar. Förutsatt att gasexpansionen inträffar i det fria blir påverkan relativt lokal. För en människa är framförallt trumhinnorna och hörseln känsliga för tryckökningar, varför gränsvärden för permanent hörselnedsättning används för att beräkna riskavstånd för tryckvågor. Om olika hörselskydd används är toleransen för tryckökningar högre. Riskavstånden till följd av tryckvågor från en tankruptur hos CNG-lastbilar presenteras i tabell nedan:

Tabell 3. Riskavstånd för gasexpansion i olika omgivningar beroende på skyddsnivå, Runefors (2020).

Omgivning	**Riskavstånd**			
	Inget skydd	**Hörselproppar**	**Hörselkåpor**	**Båda skydden**
I det fria	>200 m	9 m	6 m	5 m
I tät stadsbebyggelse	>200 m	23 m	13 m	5 m

Gasmolnsexplosion

Om ett expanderande gasmoln inte antänds omedelbart finns risk för en gasmolnsexplosion, som utöver tryckvågen även ger upphov till värmestrålning mot omgivningen. Ett eldklot som uppstår till följd av ett antänt gasmoln i det fria, från en CNG-tank på en lastbil, beräknas ge upphov till ett riskavstånd på fem meter, för såväl skyddad som oskyddad personal. Tryckökningen som detta genererar i det fria är försumbar och beräknas inte ge upphov till något riskområde i sig[14]. I tät stadsbebyggelse förordas ett riskavstånd på 20 meter till oskyddad personal.

Kaststycken/splitter

Det finns en hel del osäkerheter kring att beräkna fragmentering och kaststycken som uppstår vid en kärlsprängning. Om tankarna är placerade under fordonet, vilket oftast är fallet för personbilar och lastbilar som drivs av CNG, bedöms risken för primärsplitter (dvs. fragment från tanken) vara liten. Tankarna som används i CNG-fordon testas för att inte ge upphov till primärsplitter. Det finns dock dokumenterat insatser där så ändå har skett[15].

Att en tank rämnar kan också ge upphov till sekundärsplitter (splitter från andra delar av fordonet), men utifrån tidigare inträffade händelser tenderar dessa att hamna inom 50 meter från fordonet[14].

---

[14] Runefors, M. (2020). *”Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag”*. MSB1620. Lunds Tekniska Högskola, Lund 2020

[15] Nordström, J. (2017) *”Tryckkärlsexplosion i biogasdriven sopbil: Olycksutredning”*. MSB1099, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm 2017

3.1.4.3 Läckage

Utöver konsekvenserna som kan uppstå vid antändning av ett läckage, som beskrivs under rubriken gasmolnsexplosion ovan, har en beräkning gjorts för att visa hur stort område som utgör explosiv atmosfär. Vid läckage från en CNG-lastbil bedöms det troliga avståndet till obrännbar atmosfär vara runt 2,4 meter, efter ca fem minuters läckage.

Då CNG i huvudsak består av metangas kommer räddningstjänstens explosimetrar, på ett exakt sätt, kunna indikera eventuell förekomst av explosiv atmosfär[16].

3.1.4.4 Försvagning av tryckkärl som kan leda till tankruptur efter olycka

I den studerade litteraturen finns flera olyckor beskrivna där tryckkärl har exploderat på grund av eftersatt underhåll och bristande kontroller[17]. Dessa kärlsprängningar har då främst inträffat i samband med tankning. Det finns även olyckor där tryckkärl har exploderat under färd, som för sopbilen i Katrineholm[18]. I det fallet inträffade kärlsprängningen strax efter att fordonet tankats. Tryckkärlet bedömdes vara försvagat till följd av tidigare mekanisk påverkan från sand och grus som legat och nött mot tanken.

I Katrineholmsolyckan bedömdes den initiala kärlsprängningen medföra risk för ytterligare kärlsprängningar vid bärgning, och beslut togs därför om att skjuta hål i flaskorna för att släppa ut gasen. I samband med denna beskjutning exploderade ytterligare ett av de tre tryckkärlen. Att tryckkärlet exploderade bedömdes i olycksutredningen bero på att kärlet hade blivit försvagat i samband med att det första tryckkärlet exploderade.

I lastbilstillverkaren Scanias produktinformation för räddningstjänst[19] framgår att området runt ett fordon med skadad gastank ska utrymmas samt att trycket i en skadad tank ska sänkas på ett säkert sätt genom att skjuta hål i tanken från säkert avstånd. Detta då t.ex. solvärme kan höja trycket i tanken och då orsaka en kärlsprängning.

National Fire Protection Agency (NFPA) har utfärdat flera riktlinjer för hur insatspersonal bör agera vid olyckor med gasdrivna fordon. Dessa riktlinjer omfattar bland annat att det ska säkerställas att gastankar är oskadade inför bärgning. Det är då lämpligt att kontrollera så att inget läckage föreligger, genom gasindikering. Om gasbehållarna är skadade eller har varit involverade i en brand behöver fordonet undersökas av särskilt utbildad personal för att säkerställa att fordonet kan flyttas på ett säkert sätt, alternativt kan tankarna tömmas genom exempelvis avfackling[20].

RISE-rapporten, som undersöker risker när tryckkärl från CNG-fordon utsätts för lokala bränder, för även ett resonemang om riskerna med försvagning av tryckkärl till följd av brandpåverkan. Slutsatsen som dras, utifrån egna och tidigare genomförda försök, är att risken för kärlsprängning av brandutsatta CNG-tankar (både stål- och kompositttankar) är liten så snart

---

[16] Stenius, C. et.al. (2020) *”Olyckor med Gasfordon – En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016-2019”*. MSB1510, Totalförsvarets forskningsinstitut FOI, Norrköping 2020.
[17] Gehandler, J. & Lönnermark, A. (2020). *”CNG vehicle containers exposed to local fires”*. RISE Rapport 2019:120_rev1. Borås 2020
[18] Nordström, J. (2017) *”Tryckkärlsexplosion i biogasdriven sopbil: Olycksutredning”*. MSB1099, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm 2017
[19] Scania (2020) *”Produktinformation för räddningstjänst – Lastbilar och bussar”* 00.01-06 Utgåva 8. Scania CV AB Sweden
[20] Stenius, C. et.al. (2020) *”Olyckor med Gasfordon – En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016-2019”*. MSB1510, Totalförsvarets forskningsinstitut FOI, Norrköping 2020.

de har kylts ner till normala temperaturer. Detta beror på att trycket i tankarna då sjunker samtidigt som materialet återfår sin hållfasthet. Det påpekas dock att det finns studier som påtalar en risk för läckage hos kompositttankar som varit brandutsatta.

De försök som utförts för kompositttankar innebar att tankarna utsattes för brandpåverkan fram till dess att trycken var så höga att tankarna riskerade att rämna. Därefter tilläts tankarna att svalna, alternativt kyldes med vatten. I försöken noterades att trycket i tankarna fortsatte att öka under 5-15 minuter vid kylning med vatten och under 5-30 minuter vid naturlig avsvalning. I slutsatserna från försöken rekommenderas att brandpåverkade kompositttankar kyls med vatten.

3.1.5 Riskreducerande åtgärder vid insats med CNG-fordon

Utifrån den riskbild som beskrivs i föregående kapitel förordas ett antal riskreducerande åtgärder i den studerade litteraturen. Dessa utgörs framförallt av riskavstånd tillsammans med lämplig skyddsutrustning. De riskavstånd och den skyddsutrustning som förordas vid insatser i det fria, vid brand i eller läckage från, lastbilar som drivs med CNG[21] redovisas i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Riskavstånd vid brand i gasfordon i det fria, utan hänsyn till splitter.

Bränsle	**Fordon**	**Skyddsnivå**			
		Lamställ och dubbla hörselskydd	Hörselkåpa	Hörselpropp	Oskyddad
CNG	Lastbil	19 m	19 m	19-23 m	>200 m

Ovanstående tabell tar dock inte hänsyn till splitter eller andra risker som inte är direkt kopplade till CNG. Risken för primärsplitter bedöms vara låg när tankar är monterade under fordonet men sekundärsplitter kan förekomma. Sekundärsplitter har normalt mindre rörelseenergi och kastlängd, men kan förekomma inom ca 50 meter. Brandmän med full skyddsutrustning bör ha ett visst skydd mot sekundärsplitter, så istället för riskavstånd rekommenderas att tiden som personer vistas inom dessa 50 meter ska begränsas.

I de scenarier där en trycksatt fordonstank misstänks vara skadad riskerar kärlsprängning att inträffa vid tryckökningar till följd av t.ex. temperaturökning. Det blir då aktuellt att sänka trycket i tankarna för att minska risken för kärlsprängning. Scania rekommenderar i sådana fall att trycket ska sänkas genom att skjuta hål på tanken. Andra metoder för att sänka trycket kan t.ex. vara avfackling[22].

[21] Runefors, M. (2020). *”Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag”*. MSB1620. Lunds Tekniska Högskola, Lund 2020

[22] Stenius, C. et.al. (2020) *”Olyckor med Gasfordon – En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016-2019”*. MSB1510, Totalförsvarets forskningsinstitut FOI, Norrköping 2020.

4 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.

4.1 Räddningsinsats

Nedan beskrivs händelseförloppet och insatsens genomförande, fördelat på ett antal tidsskeden.

4.1.1 Innan räddningstjänstens framkomst

Klockslag	**Δt [h:m]**	**Händelse**
13:45-13:48	-0:04--0:01	Sopbilen parkeras intill sopkärl på Skyttegatan och personalen lämnar fordonet för att tömma kärlen. När personen som sitter i passagerarsätet kliver ur fordonet upptäcks lågor i utrymmet mellan hytten och skåpet. Föraren och passageraren lämnar då fordonet och ringer SOS-alarm.
13:49	**0:00**	Larmsamtal inkommer till SOS Alarm, där inringaren snabbt förmedlar att det rör sig om en brand i en gasdriven sopbil. I larmsamtalet framgår att det brinner över och under bilen.
13:49-13:51	0:02	Räddningstjänstens Östra Skaraborg station Karlsborg och Tibro larmas tillsammans med insatsledare från Skövde
13:52	**0:03**	Insatsledare kvitterar larmet, åker mot skadeplats.
13:53	0:04	Information från larmsamtal om att det brinner vid säkerhetsventilen samt att det finns ett antal människor runt omkring fordonet. Dessa uppmanas att stå minst 50 meter bort.
13:56	0:07	Fler larmsamtal inkommer till SOS-alarm, där flera personer uppger att de har hört explosioner. Enligt en inringare är det fordonets däck som har exploderat.
13:57	0:08	Räddningsenheter från Karlsborg och Tibro kvitterar larmet och åker från respektive station.
14:02	0:13	Polisen är på plats och rapporterar att det har skett två explosioner.
14:02	0:13	Karlsborgsstyrkan får information om riskavstånd, eget skydd, inrymning av boende samt att utrymma riskområdet.

4.1.2 Uppstart

Klockslag	**Δt [h:m]**	**Händelse**
14:04	0:15	Karlsborgsstyrkan är framme på olycksplatsen, rapporterar att det är en fullt utvecklad brand och att två smällar har hörts.
14:10	0:21	Karlsborgsstyrkan lämnar lägesrapport: Vattenbegjutning pågår med vattenkanon från tankbil, för att dämpa branden, vilket ger god effekt. Boende i närliggande byggnader har inrymts och personer som befinner sig utomhus har instruerats att flytta sig minst 300 meter från olycksplatsen. Arbetar med att upprätta avspärrning av tillfartsvägar med stöd från ambulans, polis och militärpolis.
14:14	0:25	Tibrostyrkan är framme på olycksplatsen.
14:17	0:28	Insatsledare är framme på olycksplatsen.
14:14-14:22	0:25-0:33	Karlsborgsstyrkan vattenbegjuter fordonet med strålrör, i skydd från en närbelägen villa, och Tibrostyrkan vattenbegjuter fordonets andra sida med hjälp av tankbilskanon. Ledningsplats upprättas på parkering bakom ett närbeläget flerbostadshus.

14:22	0:33	Samtliga tillfartsvägar är avspärrade. Avspärrningar och fordonsplacering framgår av Figur 2 nedan.

Figur 2. Avspärrningar och fordonsplacering ca 30 minuter efter larm.

14:25	0:36	Personal i inre ledning informerar om att det finns en risk med att kyla smältsäkringarna på tankarna. Brand i anslutning till tankarna ska därför inte släckas. Riskbedömningen görs att personal kan arbeta med att släcka branden om de befinner sig i skydd.
14:20-14:30	0:31-0:41	RCB anländer på skadeplats och tar ca 15 min senare över som räddningsledare.
14:30	0:41	Insatsledare lämnar ny lägesrapport: Det brinner fortfarande i anslutning till säkerhetsventiler, ingen släckning mot detta område pga. risk för kärlsprängning. Prognos två timmar.
14:30-	0:41-	När branden minskar i intensitet brinner det i princip enbart i däcken. När dessa bränder har släckts kyls de uppvärmda tankarna. Vattnet läggs på i intervaller för att minska risken för att påverka smältsäkringarnas funktion. Temperaturen kontrollerades även regelbundet med värmekamera.

4.1.3 Fortsatt insats, dag 1

I den fortsatta insatsen är läget på skadeplats relativt statiskt och förloppet utdraget i tid. Undersökning och utvärdering av risker och lämpliga åtgärder sker både i den inre ledningen och på skadeplats. Därför redovisas inte varje händelse med separata tidsangivelser enligt föregående kapitel. Istället beskrivs hädanefter de processer som pågick och de ungefärliga tiderna i fritext.

Under uppstarten byggdes resurser upp i den inre ledningen. En insatsledare och en ledig RCB utgjorde ett bakre ledningsstöd. Dessa kompletterades senare, runt kl. 16:30, av ytterligare en ledig RCB. Den inre ledningen tog tidigt kontakt med en Scania-verkstad i Skövde för att kontrollera om fordonet är utrustat med stål- eller kompositttankar. De får svaret att det troligtvis rör sig om kompositttankar med en smältsäkring på respektive ände av tankarna. Scania förmedlar också kontaktuppgifter till en person som de tidigare har anlitat för att fackla av liknande tankar.

Flera kontakter tas med Karlsborgs kommun för att informera nyckelpersoner i kommunen om räddningsinsatsen, riskbilden och de avspärrningar som upprättas. Runt kl. 15 informeras kommunens säkerhetssamordnare om läget. Något senare informeras även kommunchefen och därefter kommunens informatör, som lägger upp information om inrymningen och avspärrningar på kommunens hemsida.

På skadeplatsen ger kylningen effekt och temperaturen i tankarna minskar stadigt. När temperaturen nådde 50-60 °C, runt kl. 16:30, görs bedömningen att det är tillräckligt säkert att gå fram och kontrollera tankarna. Räddningsledningen vill dock invänta personal från Scania som kan bistå med kompetens för en bedömning av tankarnas skick. Efter att den inre ledningen kontaktat Scania konstateras dock att de inte har möjlighet att komma till platsen. En första kontroll görs istället av personalen på plats, kl. 18:30, då används skyddsnivå larmställ och explosimeter. Explosimetern lämnades sedan på platsen, ca en meter från tankarna, för att kunna ge en tidig varning om ett läckage skulle uppstå.

Det kan i det här skedet konstateras att tankarna på den södra sidan, som vetter mot den närliggande villan, var tydligt brandpåverkade och att skyddsplåten av stålplåt och aluminium hade smält bort. På den andra sidan var skyddsplåten intakt och flaskornas skick var därför svårare att bedöma. Bedömningen görs att det är troligt att smältsäkringen löst ut på de fyra flaskor som varit mer brandpåverkade. Det meddelas också att ventilerna på tankarna är märkta med ”VEGA”, vilket leder till att den inre ledningen kan hitta sprängskisser med de aktuella ventilerna.

Parallellt med att kontrollen förbereds diskuteras olika alternativ för att minska sannolikhet för och konsekvens av en eventuell kärlsprängning, och därmed kunna minska eller ta bort avspärrningarna. Alternativen som övervägs är framförallt följande:

1. Bärga fordonet direkt.
2. Skjuta tankarna på plats, eller tömma tankar på annat sätt, och sedan bärga bort fordonet.
3. Bärga bort fordonet och skjuta/tömma tankarna på annan plats.

I samband med att skjutning diskuteras skickas en av räddningstjänstens skyttar till platsen för att göra en bedömning och samtidigt kontaktas en expert på MSB för rådgivning. Experten på MSB påtalar de potentiella riskerna med att bärga fordonet direkt och avråder från detta. Det behöver säkerställas att tankarna är tomma innan bärgning sker. Experten på MSB ombeds i ett

senare samtal att komma till platsen för att utgöra ledningsstöd och bistå med riskbedömning samt analys av möjliga åtgärder.

Därmed bedöms det inte vara säkert att omedelbart bärga fordonet från platsen. Antingen måste det säkerställas att tankarna inte är trycksatta, alternativt bör de tömmas genom skjutning eller avfackling. Den inre ledningen tar kontakt med en person som har erfarenhet av att fackla av tankar med fordonsgas. Denna person påtalar då att flaskornas magnetventiler behöver fungera för att avfackling ska vara möjlig. Funktionen är osäker pga. att ventilerna är brandpåverkade och ett försök att fackla av kan därför medföra vissa risker i sig.

För att kunna minska ner riskavstånden under tiden som åtgärdsalternativen utreds, samt för att skapa barriärer inför en eventuell skjutning på platsen, tas kl. 18 kontakt med Försvarsmakten samt en bärgningsfirma i syfte att rekvirera containrar som kan placeras mellan fordonet och omgivningen. Bärgningsfirman kan tillhandahålla containrar och får därmed en förfrågan om att ställa upp containrar runt fordonet. Kontakt tas även med polismyndigheten för att kontrollera vad som krävs för att få skjuta inom tätbebyggt område.

Räddningstjänstens skytt anländer på platsen, strax efter kl. 20. för att bedöma möjligheten att skjuta tankarna på fordonet. Hen gjorde tillslut bedömningen att det troligtvis går att skjuta tankarna, men att det är svårt att hitta en säker plats att skjuta ifrån. Räddningsledningen beslutar att tankarna inte ska skjutas på plats i detta skede, då riskerna för skytten och omgivningen bedöms vara för stora. Bedömningen baseras dels på risken för kärlsprängning, dels riskerna som är kopplade till att avfyra ett vapen i tättbebyggt område, med risk för rikoschetter osv.

På skadeplatsen förbereddes samtidigt en noggrannare kontroll av tankarnas ventiler utifrån ritningsunderlaget, men innan tankarna kunde kontrolleras närmare inkom ett nytt larm i Karlsborg, kl. 21:46, vilket gjorde att insatsledare tillsammans med övrig insatspersonal, förutom RCB, två brandmän och en tankbil, lämnade platsen. Relativt snart konstaterades dock att resurserna inte behövdes på det andra larmet och samtliga enheter återvände.

Utifrån sprängskisserna på tankventilerna görs bedömningen att det är möjligt att säkerställa om smältsäkringen har löst ut om det går att se in i utströmningsanslutningen på ventilen (nr 4 i Bild 3). Bild 4Bild 4 nedan är tagen genom utströmningsanslutningen på en av de brandutsatta tankarna.

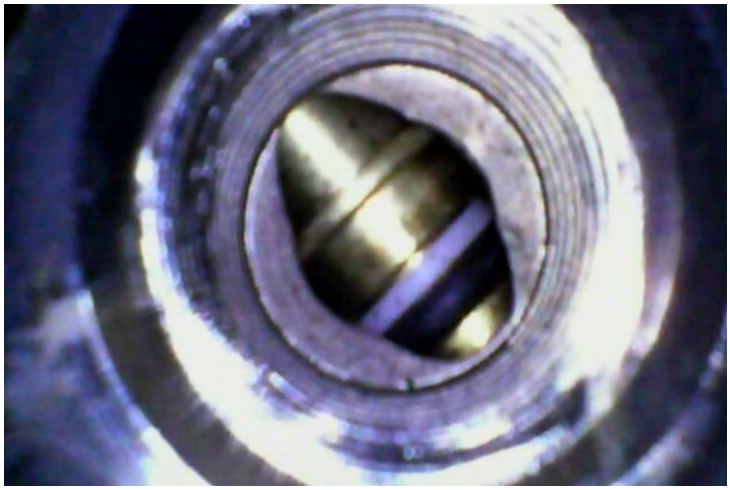


Bild 4. Foto taget i samband med kontroll av flaskventiler, fotot är taget ned genom utströmningsanslutningen på en av tankarna.

Utifrån de sprängskisser som tagits fram tolkades ovanstående utseende som att smältsäkringen hade löst ut och att det därför gick att ”se in i flaskan”. Uppfattningen på skadeplatsen var vid denna tidpunkt, ca 22:20, att smältsäkringen hade löst ut på minst sju av de åtta tankarna och inriktningen var att bärga fordonet för att kunna beskjuta tankarna på annan plats.

När ledningsstödet från MSB anländer till platsen, runt kl. 22:50, görs en ny bedömning av CNG-tankarna och dess ventiler. Det förs en diskussion om huruvida det verkligen går att konstatera att tankarna är trycklösa, utifrån den kontroll som gjorts av utströmningsanslutningarna på flaskventilerna. Efter en visuell kontroll ansågs att det inte går att säga med säkerhet att tankarna är trycklösa. Detta kan dock säkerställas genom att antingen skjuta hål på flaskorna eller genom att montera bort smältsäkringarna.

Då riskerna med en beskjutning på plats sedan tidigare hade bedömts vara för stora övervägdes istället riskerna med att demontera smältsäkringen. Riskerna med detta ingrepp bedömdes i första hand vara att smältsäkringen kunde ”skjuta iväg” om flaskorna var trycksatta, samt att det då kunde ge upphov till ett gasutsläpp eller en jetflamma. Den inre ledningen påtalade att riskerna med en bärgning bör ställas mot riskerna med ett eventuellt gasutsläpp på den aktuella platsen. Runt kl. 23:10 fattas beslut om att smältsäkringarna ska demonteras.

Kl. 23:30 skickades två brandmän, klädda i skyddsutrustning med larmställ, tryckluftsapparat samt explosimeter och strålrör, fram för att montera bort smältsäkringarna. I samband med ingreppet instruerades de att inte vistas ”framför” säkringarna, då dessa riskerade att skjuta iväg om flaskorna var trycksatta. Brandmännen lyckades dock inte montera bort någon av smältsäkringarna, då de var monterade på ett sätt som förhindrar att de skruvas bort. Smältsäkringarna gick att lossa mellan ett kvarts- och ett helt varv innan de ”låste”.

Kl. 01:45 Avbryts insatsen över natten. Läget bedöms vara stabilt och två brandmän lämnas kvar för bevakning. Räddningsledningen har även varit i kontakt med Scanias jour, som meddelar att de kommer kunna bistå med en bedömning av tankarna under morgondagen. Insatsen ska därför istället återupptas morgonen efter, med huvudinriktningen att kunna konstatera om tankarna är trycklösa och därefter bärga fordonet.

4.1.4 Avslut av räddningsinsats, dag 2

På morgonen under efterföljande dag avlöstes räddningsledare genom att pågående RCB åkte ut till plats tillsammans med insatsledaren från föregående dag. För att kunna kontrollera tankarnas ventiler medtogs en särskild inspektionskamera.

Personalen som bevakat platsen meddelade att inget särskilt hade noterats under natten. Fordon och tankarna visade ingen förhöjd temperatur och inga tecken på läckage hade noterats. Den första åtgärden blev därför att inspektera samtliga tankventiler på samma sätt som under föregående dag. Kontrollen underlättades dock av inspektionskameran.

Bedömningen vid denna kontroll var att samtliga smältsäkringar, i båda ändar av respektive flaska, hade löst ut. För att få stöd i bedömningen skickades bilder på samtliga smältsäkringar till Scanias jour, som också ansåg att utseendet tydde på att smältsäkringarna hade löst ut, men de kunde inte garantera att tankarna var trycklösa. Jouren påpekade även att om tankarna är trycklösa, kan det fortfarande finnas brännbar gas kvar i dem. Deras rekommendation var att skjuta sönder tankarna för att säkerställa att eventuell gas släpps ut.

Då riskerna med att skjuta i tätbebyggt område fortfarande bedömdes vara för höga, tillfrågades Scanias jour om riskerna med att bärga fordonet. Deras bedömning var att det är högst

osannolikt att bärgning medför några risker i detta läge, även om något kärl fortfarande är trycksatt.

Beslut fattades då om att fordonet skulle bärgas till en säker plats för beskjutning av tankarna. Under föregående dag hade kontakt tagits med MRV, som meddelat att fordonet kunde skjutas på ett närliggande skjutfält. MRV kontaktades på nytt och de kunde hänvisa till en säker plats på skjutfältet som kunde nyttjas för ändamålet.

Bärgare kallades till platsen för att lyfta upp fordonet på ett flak. I samband med lyftet spärrades närområdet av, på ett avstånd av ca 100 meter, och de boende inom detta område inrymdes med instruktionen att inte befinna sig i anslutning till fönster som vette mot fordonet.

När bärgningen hade inletts konstaterades att kranbilen inte ”orkade” lyfta fordonet, därför inväntades ytterligare en kranbil. Med två kranbilar kunde fordonet lyftas upp på en bärgningsbil och transporteras till skjutfältet. För att minimera riskerna under transporten anordnades en kortege med hjälp av polis och militärpolis, som säkerställde att bärgningsbilen inte behövde stanna på vägen genom stan. Räddningstjänstens ledningsfordon samt en tankbil ingick också i kortegen.

Väl på plats på skjutfältet kunde räddningstjänstens skytt skjuta hål på samtliga flaskor. Totalt krävdes 35 skott, på grund av att det var svårt att säkerställa att samtliga tankar blivit punkterade. Detta då ingångshålen i tankarna var relativt svåra att identifiera, samt att det var svårt att med säkerhet konstatera om skotten passerat genom de tankar som satt innanför den yttre raden. Ett av skotten träffade precis i anslutningen mellan flaska och ventil. I samband med detta skott uppstod en mindre flammande brand vilket tolkades som att brännbar gas från ventilen, och inte från flaskan, antändes.

För att kunna konstatera att samtliga tankar faktiskt var punkterade undersöktes de av personal på plats, som försökte hitta samtliga kulhål i respektive tank. Denna undersökning gjordes utan skyddsutrustning. När samtliga tankar hade kontrollerats avslutades räddningstjänsten kl. 17:44, ca 28 timmar efter att larmet inkom under föregående dygn.

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

I det inledande skedet när branden i fordonet var fullt utvecklad bedömdes de huvudsakliga riskerna vara kärlsprängning och brandspridning till den närliggande villan. För att hantera dessa risker vidtogs flera åtgärder. För att dämpa branden, och därigenom minska risken för brandspridning, användes inledningsvis tankfordonets vattenkanon. Vilket medgav att personal satt skyddad i fordonet ca 20 meter från fordonet under släckningen.

För att skydda allmänheten tillämpades både inrymning och riskavstånd. Personer som befann sig utomhus fick instruktioner om att lämna platsen och förflytta sig 300 meter bort, medan de boende i närheten fick instruktioner om att hålla sig inomhus. Senare spärrades även infartsvägar till platsen av, på ett avstånd om ca 200 meter från olycksplatsen, se Bild 5.

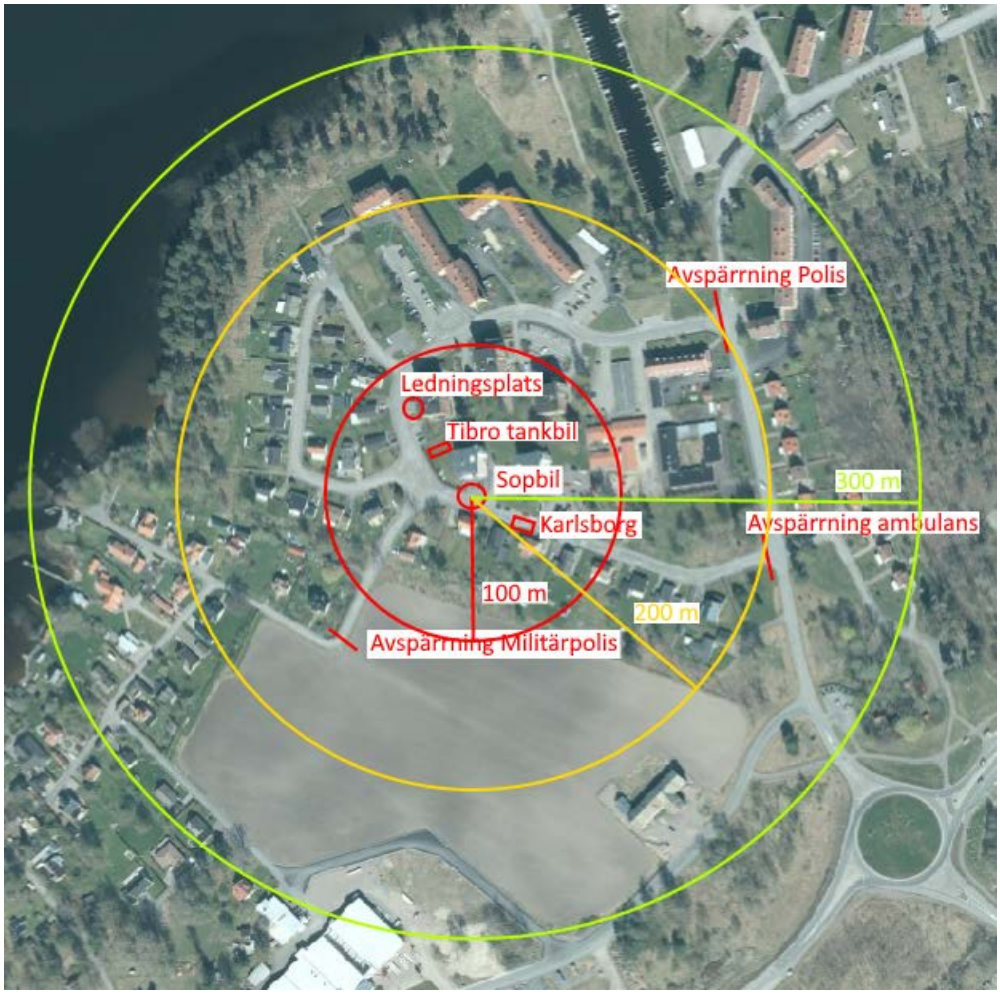


Bild 5. Satellitbild som visar fordonsplacering, avspärrningar och avstånd.

Utvärdering

Under insatsens uppstartsskede identifieras två viktiga riskfaktorer. Både kärlsprängning och brandspridning bedöms ha varit reella risker i det aktuella fallet. Enligt den omvärldsanalys som genomförts finns det flera dokumenterade fall där kärlsprängning har inträffat i samband med brand.

Riskerna med en kärlsprängning är framförallt tryckökning, kaststycken och gasmolnsexplosioner. Vilket hanteras genom skyddsutrustning och riskavstånd. Det är också möjligt att minimera risken för påverkan genom att allmänhet och personal vistas i skydd från fordon och byggnader. Den valda metodiken med inrymning av boende, upprättande av riskavstånd och avspärrningar för allmänheten samt att egen personal arbetar i skyddsutrustning, eller i skydd av byggnader och fordon, bedöms därför vara väl anpassad för de risker som föreligger.

I den MSB-rapport som syftar till att utgöra underlag för zonindelning vid bränder i CNG-fordon rekommenderas nedanstående riskavstånd, beroende av skyddsutrustning.

Tabell 5. Beräknade riskavstånd vid brand i CNG-lastbil[23].

Bränsle	**Fordon**	**Skyddsnivå**			
		Lamställ och dubbla hörselskydd	Hörselkåpa	Hörselpropp	Oskyddad
CNG	Lastbil	19 m	19 m	19-23 m	>200 m

Utöver dessa skyddsavstånd påtalas också risken för att träffas av sekundärsplitter inom 50 meter från fordon med tankar placerade på undersidan. Då personal i huvudsak har befunnit sig i, eller i skydd av byggnader eller fordon, har även denna risk beaktats.

Det kan därmed konstateras att de tidiga åtgärderna i huvudsak har varit tillräckliga för att minimera riskerna för skador på allmänheten eller egen personal. Den aspekt som inte har beaktats fullt ut är framförallt riskerna för hörselskador till följd av en plötslig tryckökning vid kärlsprängning. Denna risk bedöms relativt sällan vara beaktad inom svensk räddningstjänst, och inom RÖS finns ingen fördefinierad skyddsnivå som inkluderar hörselskydd. RÖS har inte heller hörselskydd som är avsedda att kombineras med skyddsnivån larmställ och tryckluftsapparat. Om proppar och vanliga hörselskydd används fås problem med sambandet, då radioapparater inte är kompatibla med hörselskydden.

För allmänheten och oskyddad personal är riskavståndet beräknat till >200 meter. Två av de tre avspärrningarna uppfyller detta avstånd, medan en avspärrning är placerad ca 150 meter från fordonet. Ingen egen personal som arbetade inom avspärrningarna hade hörselskydd.

Utöver risken för kärlsprängning finns även risker med branden, och det faktum att jetflammor kan uppstå, alternativt att brandens intensitet ökar till följd av att gasen i tankarna släppts ut via smältsäkringen. Med facit i hand har samtliga smältsäkringar löst ut i det aktuella fallet och brandintensiteten har därmed varit kraftigt förhöjd under tiden som gasen töms ut. Den

[23] Runefors, M. (2020). *”Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag”*. MSB1620. Lunds Tekniska Högskola, Lund 2020

närliggande villan och de fordon som stod parkerade i närheten uppvisar i efterhand strålningsskador vilket bekräftar att det funnits en reell risk för brandspridning till omgivningen.

Att ingen brandspridning skedde kan bero på att brandens intensitet dämpades genom vattenpåföring. Det är sannolikt också så att utformningen av tankventilerna har påverkat risken för brandspridning. Tankarna på den högra sidan i fordonets färdriktning hade utströmningsanslutningen riktad in under fordonet, vilket har inneburit att jetflammor inte har riktats ut mot villan, om så varit fallet hade risken för brandspridning troligtvis varit ännu högre.

Det är därmed möjligt att vattenpåföringen har varit nödvändig för att hindra brandspridning till villan. Men att påföra vatten riskerar samtidigt att kyla smältsäkringarna på tankarna, och kan då öka risken för kärlsprängning. Denna information kommer fram något längre fram i insatsen, men riskerna med detta beaktas inte vid insatsens uppstart.

Vid en framtida insats är det troligtvis säkrare att inrikta sig på att kyla hotade byggnader eller fordon, för att inte öka risken för en kärlsprängning, som kan få än värre konsekvenser.

5.1.2 Etablering och resursuppbyggnad

Efter den första uppstarten av insatsen kommer fler ledningsresurser till platsen. Etablering av ledningsplats görs i skydd av byggnader eller fordon, inom 100 meter från olycksplatsen. Branden i fordonet har nu minskat i intensitet och det är framförallt däcken som brinner.

Riskbedömningen som gjordes var att det fortfarande förelåg risk för kärlsprängning. I detta skede beaktades också risken med att kyla ner smältsäkringar, varför vatten påfördes i intervaller för att kyla tankarna. I övrigt behölls tidigare riskavstånd och avspärrningar.

I ett senare skede när branden var släckt och tankarna hade sjunkit i temperatur, till runt 50-60 °C, bedömdes ingen risk för kärlsprängning föreligga, så länge ingen åverkan gjordes på tankarna. Det bedömdes dock föreligga risk för gasläckage, varför en explosimeter placerades invid tankarna.

När tankarna svalnat medgav riskbedömningen att personal kunde gå fram för att inspektera tankar och ventiler. När explosimetern inte indikerade något utsläpp av gas konstaterades att den personal som skulle kontrollera tankarna inte behövde bära någon särskild skyddsutrustning utöver larmställ och hjälm. Tiden som personal vistades nära fordonet begränsades dock så att personal enbart vistades där när de hade en konkret uppgift att lösa. I övrigt vistades personal i skydd.

Under denna fas av insatsen inleddes också samverkan med kommunen, som följdes upp vid ett par senare tillfällen. Detta för att kommunen skulle kunna informera om händelsen och de rådande avspärrningarna, samt planera för att stötta eventuella boende som inte kunde återvända hem.

Utvärdering
Placering av ledningsplats skedde inom det beräknade riskområdet för oskyddad personal, 200 m. Placeringen skedde dock i skydd av närliggande byggnader, vilket bedöms vara gynnsamt även vid eventuell tryckvåg. Om skyddet från byggnaderna är tillräckligt för att helt undvika hörselskador i händelse av en kärlsprängning är dock svårt att bedöma.

Det bedöms vara en korrekt riskbedömning att kärlsprängning fortfarande riskerar att inträffa innan tankarnas temperatur stabiliserades på en lägre nivå. Vid en studie som gjorts på

brandpåverkade CNG-tankar i komposit[24] konstateras att tryckökningen i tankarna kunde fortsätta mellan 5-15 minuter, efter att brandpåverkan upphört, trots att kärlen kyldes med vatten. Enligt studien kan tryckökningen pågå mellan 5-30 minuter om kärlen inte kyls, vilket bör innebära att det finns risk för en fördröjd kärlsprängning, när brandpåverkan har avtagit eller upphört, förutsatt att smältsäkringen inte har fungerat som avsett.

Givet den relativt begränsade brandpåverkan som förelåg i den senare delen av brandförloppet bedöms det vara mindre troligt att vattenpåföringen skulle innebära att smältsäkringarna inte skulle fungerat, samtidigt som trycket i kärlen skulle öka till följd av värmepåverkan. Det bedöms dock inte heller ha varit till någon nackdel att kyla tankarna i intervaller, varför det kan anses vara en rimlig försiktighetsåtgärd.

Att risken för kärlsprängning var låg efter att tankarnas temperatur stabiliserats på en relativt låg nivå bedöms vara korrekt. Likaså bedöms det vara korrekt att det ändå finns risk för gasutsläpp. Just risken för läckage efter brandpåverkan lyfts fram i samma studie som konstaterade att tryckökning kan pågå en längre tid efter att uppvärmningen avbryts. Att använda explosimetrar för att indikera läckage bedöms vara en lämplig åtgärd som minimerar risken för oupptäckta läckage av CNG. När inget läckage upptäcks bedöms det därför också vara rimligt att personal som utför en okulär kontroll av flaskorna kan göra detta utan annan särskild skyddsutrustning. Att begränsa antalet personal som vistas intill fordonet, och tiden som de vistas där, bedöms också vara en rimlig åtgärd då det inte finns något behov för personalen att vistas där. Även om riskerna bedömdes vara små i det här skedet fanns ingen anledning att låta personal vistas där, utan att ha någon uppgift, ifall något oförutsett skulle ske.

Det bedöms också ha varit lämpligt att initiera samverkan med kommunen. Vid den första kontakten informerades kommunens säkerhetssamordnare, därefter togs flera kontakter med andra funktioner inom kommunen, t.ex. informatör och kommunchef. Efter händelsen har kommunen återkopplat till räddningstjänsten och informerat om att detta har lett till viss förvirring inom kommunen.

Att all information inte kom in till samma person, fick i det aktuella fallet till följd att olika delar av kommunen aktiverades oberoende av varandra, arbete pågick därför inom flera delar av kommunen utan att de samverkade sinsemellan. För att undvika liknande situationer vid framtida händelser önskar kommunen att kommunikation mellan räddningstjänst och kommun i första hand sköts via säkerhetssamordnare eller annan, för händelsen utsedd, person.

5.1.3 Förberedelser för bärgning, dag 1

Då händelsen bedömdes vara statisk, efter att tankarna hade svalnat, fokuserades riskbedömningen i detta skede främst kring de potentiella åtgärderna som behövde vidtas för att kunna bärga bort fordonet och därefter avsluta räddningsinsatsen. De åtgärder som riskbedömdes och utvärderades var följande:

1. Bärga fordonet direkt.
2. Skjuta tankarna på plats, eller tömma tankar på annat sätt, och sedan bärga bort fordonet.

[24] Gehandler, J. & Lönnermark, A. (2020). *”CNG vehicle containers exposed to local fires”*. RISE Rapport 2019:120_rev1. Borås 2020

3. Bärga bort fordonet och skjuta/tömma tankarna på annan plats.

Centralt för de övervägda åtgärderna är riskerna med att bärga fordonet. Bärgning bedöms medföra en risk för kärlsprängning eller läckage, om fordonets tankar fortfarande är trycksatta, vilket särskilt påtalades av MSB:s ledningsstöd. Om tankarna är trycksatta och dessutom har försvagats till följd av branden, bedöms det finnas risk för att de rämnar om de utsätts för mekanisk påverkan, som slag eller tryck i samband med bärgning.

Bedömningen görs därför att det måste säkerställas att tankarna är trycklösa innan bärgning kan ske. Inledningsvis görs försök att kontrollera ventilernas smältsäkringar, för att se om de löst ut. Efter att sprängskisser över ventilerna har hittats görs bedömningen att åtminstone 7 av 8 tankar har utlösta smältsäkringar. Denna bedömning ifrågasätts dock senare när ledningsstödet från MSB anländer till platsen. Efter diskussioner på plats bedöms det inte vara tillräckligt säkert att tankarna är trycklösa, för att man ska fatta ett beslut om bärgning.

Istället övervägs olika åtgärder för att tömma tankarna, och därigenom säkerställa att de är trycklösa. Det övervägs att skjuta tankarna på plats, och det genomförs också åtgärder för att detta ska kunna göras på ett så säkert sätt som möjligt, genom att containrar placeras runt om fordonet. I samråd med räddningstjänstens skytt fattas dock beslutet att skjutning inte bör ske inom tättbebyggt område med hänsyn till risken för rikoschetter eller kärlsprängning.

Som alternativ till skjutning övervägs avfackling alternativt att demontera smältsäkringarna. Avfackling kräver dock att magnetventilerna är fungerande och kan öppnas, vilket är osäkert efter en brand. Enligt en person med erfarenhet från avfackling av CNG-tankar kan det därför finnas risker med att genomföra en avfackling, och det finns också risk för att metoden inte kan tillämpas.

Demontering av smältsäkringar har enligt ledningsstödet från MSB gjorts vid tidigare tillfällen. Riskerna med detta moment bedöms vara att smältsäkringen ”skjuter iväg”, om det är högt tryck i tanken. Det bedöms också föreligga risk för gasutsläpp och, om antändning sker, även risk för jetflamma eller gasmolnsexplosion. Räddningsledningen på plats bedömer att åtgärden kan vidtas om personalen som utför demonteringen har rätt skyddsnivå, vilken utgörs av larmställ med tryckluftsapparat och explosimeter, samt att personalen instrueras om att inte befinna sig ”framför” smältsäkringen.

Utvärdering

I detta skede av insatsen sker kontinuerlig riskbedömning och utvärdering av möjliga åtgärder, såväl på skadeplats som i den inre ledningen. Generellt kan sägas att arbetssättet är systematiskt, ny information söks från en rad olika företag, personer och myndigheter med expertkompetens på området. Så snart ny information framkommer omprövas de riskbedömningar som redan gjorts. Arbetssättet är i slutändan framgångsrikt, även om förloppet blir utdraget i tid, vilket främst beror på att det är svårt att få klarhet i om tankarna var trycksatta eller ej. Allt arbete sker utifrån premissen att ”ta det säkra före det osäkra” och det viktiga är att besluten inte medför risker för personal eller allmänheten, vilket bör medföra att det anses acceptabelt att räddningsinsatsen pågår under lång tid.

Centralt i riskbedömningen är hela tiden att fordonet är placerat i tättbebyggt område, och att det därmed finns risk för allmänhet och boende i området. Nackdelen med att räddningsinsatsen pågår länge är därför främst avspärrningarna som påverkar de boende i området och som även riskerar att skapa oro i samhället. Avspärrningarnas placering bedöms dock inte ha påverkat

några samhällsviktiga funktioner eller orsakat några större samhällskostnader, då inga större vägar eller liknande omfattades av avspärrningen.

Den långa räddningsinsatsen och de långvariga avspärrningarna hade kunnat undvikas om fordonet hade kunnat bärgas från platsen i ett tidigare skede. Därmed är det viktigt att utreda vilka risker som faktiskt föreligger vid bärgning av ett CNG-fordon som varit inblandat i en olycka. Utifrån den omvärldsanalys som genomförts är det svårt att få ett entydigt svar, varför ett mer utförligt resonemang kring denna riskbedömning görs i kap. 6.1.3 Utifrån den information som fanns tillgänglig under tiden som räddningsinsatsen pågick bedöms det dock ha varit rimligt att avvakta med bärgning tills risknivån i just det här fallet kunde utredas fullständigt.

Beslutet att inte skjuta flaskorna på olycksplatsen bedöms också ha varit korrekt. Även om containrar placerats ut kan riskerna för omgivningen inte uteslutas. Dels finns risken att rikoschetter uppstår om kulor t.ex. träffar marken eller fordonsdelar i metall, dels hade fordonet också behövt beskjutas från två håll, vilket medför att riskerna för rikoschetter eller förlupna kulor kan uppstå i fler riktningar. Med facit i hand krävdes dessutom totalt 35 skott, för att kunna säkerställa att samtliga tankar var punkterade, vilket ytterligare hade ökat risken för att någon av dessa gett upphov till rikoschetter.

Utöver ovanstående finns också risken att en kärlsprängning inträffar, på samma sätt som vid räddningsinsatsen i Katrineholm. Även om området hade utrymts innan skjutning hade en tryckökning kunnat ge egendomsskador om tryckvågen varit tillräckligt för att t.ex. krossa rutor i närliggande byggnation.

I och med att skjutning och avfackling inte kunde användas bedöms det vara rimligt att försöka säkerställa att flaskorna är tomma, genom att demontera smältsäkringarna. Den riskbedömning som gjordes bedöms i stort ha omfattat de risker som manövern medför. Riskerna med att själva smältsäkringen skjuts iväg hanterades genom att ingen vistades framför denna.

Övriga risker minimerades genom personalens skyddsutrustning. Utifrån de beräkningar som gjorts för gasmolnsexplosioner ger de upphov till ett riskområde på fem meter för personer med skyddsutrustning, ingen farlig tryckökning bedöms då uppstå. En jetflamma kan i sin tur bli upp till 19 meter enligt samma källa. Personalen vistades inom dessa riskområden när manövern utfördes vilket innebär att de utsatts för en viss risk. Sannolikheten för att ett utsläpp hade antänts omedelbart bedöms dock vara låg, då det inte finns några uppenbara tändkällor i direkt anslutning till utsläppet. Vid ett eventuellt utsläppt är det också sannolikt att personalen hade hunnit förflytta sig ett antal meter från området, dels då de hade en explosimeter, dels då ett utsläpp vid högt tryck troligtvis hade varit både synligt och hörbart.

Sammantaget har personalen alltså varit utsatta för en viss risk, även om den bedöms vara liten, i samband med ingreppet med att lossa säkerhetsventilerna. Beroende på omständigheterna i övrigt bedöms denna risk kunna vara både större och mindre jämfört med att bärga fordonet.

Både det faktum att det var svårt att säkerställa om smältsäkringarna hade löst ut och det faktum att smältsäkringarna inte gick att demontera på den aktuella typen av flaskventil, bedöms bero på att det finns flera olika typer av flaskventiler på de CNG-fordon som trafikerar svenska vägar, och dessa har olika funktioner. Vid en annan insats med CNG-fordon kan förutsättningarna därför vara annorlunda, och det blir än viktigare att ta reda på vilken typ av ventil det är, samt att ta hjälp av personer med rätt kunskap för att kunna göra bedömningar av om t.ex. smältsäkringar har löst ut.

5.1.4 Bärgning och avslut av räddningsinsats, dag 2

Under den andra dagen gjordes nya försök att säkerställa att tankarna var trycklösa, genom att återigen försöka kontrollera utströmningsanslutningen från smältsäkringen. Denna gång kunde samtliga anslutningar fotograferas med hjälp av en inspektionskamera. Därefter kunde bilderna skickas till Scanias jour för en bedömning.

Scanias jour bedömde att smältsäkringarna med stor sannolikhet hade löst ut men kunde inte garantera att samtliga CNG-tankar var trycklösa. Jouren påtalade också att även de trycklösa tankarna kan innehålla brandfarlig gas, och rekommenderade därför att tankarna skulle skjutas för att säkerställa att tankarna tömdes. För att undvika riskerna med att skjuta tankarna på plats fattades istället beslut om att bärga fordonet till en plats där skjutning kunde ske på ett säkert sätt. Scanias jour tillfrågades om det var säkert att bärga fordonet, och gjorde bedömningen att detta var möjligt.

Under bärgningen in- och utrymdes ett område på 100 meter runt olycksplatsen, samt att de boende inom riskområdet fick anvisningar om att inte vistas i närheten av fönster. När bärgningen var avklarad hävdes avspärrningarna helt på platsen och fordonet transporterades till Försvarsmaktens skjutfält.

På skjutfältet placerades fordonet på anvisad plats och Försvarsmakten säkerställde att området var säkert för att genomföra skjutningen. Räddningstjänstens skytt sköt sedan tankarna från ett avstånd om 80 meter.

Utvärdering
Med hjälp av inspektionskameran kunde utströmningsanslutningarnas utseende dokumenteras och skickas för bedömning till personal på Scanias jour, som hade bättre kompetens för att kunna göra en bedömning. Detta bedöms ha varit en framgångsfaktor för att möjliggöra ett väl informerat beslut om riskerna med en bärgning från platsen, även om jourens bedömning inte gav någon garanti för att tankarna var trycklösa.

Jourens bedömning om att även trycklösa tankar inte nödvändigtvis är tomma på brandfarlig gas bedöms också vara helt riktig. Det bör ses som troligt att det finns brandfarlig gas kvar i tankarna efter att säkerhetsventilerna löst ut, då de enbart säkerställer att tanken tryckutjämnas med omgivningen. Till en början kan därför brandfarlig gas antas fylla tanken, men med samma tryck som omgivningen. Hur lång tid det tar innan gasen späds ut med luft och tillslut försvinner ur tanken, alternativt får en koncentration som understiger LEL, är okänt.

Att upprätta ett riskområde under tiden som bärgningen genomförs bedöms vara ett korrekt beslut, som ligger på den säkra sidan, då någon av tankarna fortfarande kunde varit trycksatta. Det bedöms dock vara högst osannolikt att den brandfarliga gasen i trycklösa tankar ska orsaka skada på omgivningen. En antändning som medför att explosiv atmosfär antänds i någon av tankarna hade eventuellt kunnat ge vissa konsekvenser, men sannolikheten för en sådan antändning bör vara mycket låg. Det bedöms också vara osannolikt att en sådan antändning ska ske till följd av en bärgning.

Inför skjutningen av tankarna bedöms det också ha varit rätt beslut att förflytta fordonet till ett skjutfält, som är avsett för skjutning med militär ammunition och där riskerna för omgivningen kan minimeras. Att beskjuta tankarna med ett säkerhetsavstånd på 80 meter bedöms vara tillräckligt. Personer som vistas inom 200 meter bör dock ha hörselskydd, enligt tidigare resonemang om tryckpåverkan.

Vid skjutningarna uppstod svårigheter med att konstatera att tankarna faktiskt blev träffade och att de kunde betraktas som trycklösa. Kompositmaterialet i tankarna ”slöt” sig efter att de träffats av skotten, och det blev därför svårt att med säkerhet säga att de träffats. De inre raderna av tankar var också svårare att komma åt för inspektion. I praktiken ledde detta till att flera skott sköts mot varje tank, för att vara på säkra sidan, samt att personal behövde krypa runt i de trånga utrymmena kring tankarna.

Personalen som undersökte tankarna bar ingen skyddsutrustning, vilket i sig inte bedöms utgöra ett säkerhetsproblem på grund av gasen, men det är troligtvis olämpligt att utsätta personalen för de ämnen som finns i sot och brandrester från fordonsbranden.

En anledning till att skotthålen var svåra att upptäcka är förmodligen att tankarna faktiskt var trycklösa. Om de varit trycksatta bör det vara mer uppenbart om de träffas eller ej. Det bör dock utredas vidare om det går att använda andra metoder för att få ett bättre resultat, t.ex. använda sig av IR-kamera, särskild ammunition eller liknande. Detta blir särskilt viktigt om fordonstankar av olika anledningen skulle behöva beskjutas på allmän plats, då bör det eftersträvas att avlossa så få och så säkra skott som möjligt.

5.2 Ledning av räddningsinsats enligt sjustegsmodellen

Insatsen startades upp av styrkeledaren i Karlsborg, och räddningsledarskapet övertogs sedan av RCB, som anlände på plats strax efter insatsledare. Som nämnts ovan lades stort fokus på riskbedömningen för egen personal och allmänhet, under hela insatsen. Information om lägesbild, riskbedömning och restriktioner förmedlades löpande till personalen vid flera ledningsmöten.

Utvärdering
Vid den aktuella händelsen bedöms insatsledning i allt väsentligt ha fungerat ändamålsenligt. Arbetssättet skiljer sig dock från det som beskrivs i sjustegsmodellen. Riskbedömning och val av åtgärder har omprövats och ändrats löpande, utifrån ändrat läge eller nytillkommen information. Det uttalades dock aldrig någon formell zonindelning, MMI eller TP, vilket avviker från arbetssättet som beskrivs i sjustegsmodellen.

För att öka tydligheten och säkerställa att all personal på skadeplats ges förutsättningar att agera korrekt utifrån rådande lägesbild, riskbedömning och restriktioner bör sjustegsmodellen följas vid liknande händelser. Detta bedöms vara särskilt viktigt vid långdragna lågintensiva insatser som den aktuella, där stora delar utgörs av väntan för personalen. Utan förståelse för insatsens mål eller händelseförloppet riskeras att personal blir otålig, och i värsta fall agerar på ett sätt som inte följer de restriktioner som fastslagits. Det kan också vara av värde för insatsledningen själva att formulera ett tydligt mål med insats, för att klargöra vad som ska uppnås, och bedöma när räddningsinsatsen kan avslutas.

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

Den aktuella händelsen är i grunden en relativt okomplicerad händelse, som snabbt blir statisk, men där fordonets drivmedel medför att riskbedömningen, för allmänhet och för egen personal, är betydligt svårare jämfört med en fordonsbrand med mer traditionella drivmedel. Riskbilden som uppstår vid bränder i gasfordon är inte lika klarlagd, vilket gäller såväl sannolikheten för, som konsekvensen av, eventuella följdhändelser kopplade till drivmedelstankarna som t.ex. kärlsprängning eller jetflamma.

Att riskbilden är relativt okänd, medför också problem med att besluta om korrekta riskminimerande eller säkerhetshöjande åtgärder för allmänhet och egen personal. Detta gäller dels under själva brandförloppet, dels efter att branden har slocknat. I det aktuella fallet har osäkerheter kring den faktiska riskbilden medfört ett stort och långdraget arbete med att säkerställa statusen på tryckkärlen efter att branden var släckt.

Vid räddningstjänstens framkomst och under själva brandförloppet bedöms risken för kärlsprängning vara som störst, och det finns flera dokumenterade fall där kärlsprängningar har inträffat. Detta ställer höga krav på den inledande riskbedömningen, men även om en passiv insats genomförs blir det nödvändigt att avgöra när det är tillräckligt säkert för personalen att gå fram för att kontrollera de brandutsatta tankarna. Efter en brand i ett gasfordon av den aktuella typen blir det centralt för riskbedömningen att på något sätt kunna kontrollera tankarna i syfte att utreda följande:

1. Finns det trycksatt gas kvar i tankarna?
2. Är tryckkärlen försvagade till följd av olyckan?

Det finns ett antal olika metoder för att ta reda på ovanstående, och det är inte säkert att man kan få några säkra svar i det enskilda fallet. Beroende på resultatet av ovanstående frågeställningar, behöver sedan en bedömning göras om huruvida fordonet kan bärgas på ett säkert sätt, alternativt om ytterligare riskreducerande åtgärder måste vidtas på plats.

Resterande delar av denna diskussion syftar därför till att föra ett resonemang om de faktiska riskerna, och vilka metoder samt åtgärder som kan bli aktuella att använda sig av, utifrån den aktuella insatsen samt den genomförda omvärldsanalysen.

6.1.1 Riskbedömning under brandförlopp med avsvalningsfas

I det aktuella fallet kyldes fordonet och gastankarna inledningsvis, av personal som befann sig i skydd från fordon eller byggnader. Detta gjordes i syfte att dämpa brandens intensitet för att hindra vidare brandspridning. Den inre ledningen påtalade efter en tid att vattenbegjutning av branden riskerar att kyla tankarnas smältsäkringar, varför vattenbegjutningen avbröts.

Detta bedöms ha varit rätt beslut. Utifrån den granskade litteraturen bedöms kylning av smältsäkringar vara en orsak till flera inträffade kärlsprängningar. Tankventilernas konstruktion med smältsäkringar bedöms också vara relativt driftsäkra, varför det är bättre att hålla avstånd till fordonet och istället kyla närliggande objekt om det finns möjlighet att göra detta på ett säkert sätt.

I litteraturen framhålls att riskerna med en brand i en CNG-lastbil, utomhus med tankar placerade under fordonet, framförallt vara; kärlsprängning, jetflamma, antändning av gasmoln samt sekundärsplitter. Utöver detta finns även risken med däckexplosioner, som också förekommer i andra fordonsbränder.

Lämpligtvis bemöts dessa risker genom att besluta om zonindelning med riskavstånd i kombination med skyddsutrustning. Utifrån omvärldsbevakningen, och framförallt MSB:s rapport om zonindelning vid olycka med gasfordon[25], bör följande avstånd kunna användas som riktvärden under det pågående brandförloppet.

Tabell 6. Lämplig zonindelning vid brand i CNG-lastbil utomhus, med tankar på fordonets undersida.

Avstånd från fordon [m]	**Zon**	**Skyddsutrustning**	**Restriktioner**
0-20	Förbudszon	-[1]	Ingen personal tillåts vistas inom förbuds-zonen[1].
20-50	Het	Larmställ, tryckluftsapparat samt hörselskydd[2]	Endast personal med tilldelad uppgift vistas i området. Allt arbete ska ske i skydd av byggnader, fordon eller motsvarande.
50-200	Varm	Hörselskydd[2]	Som säkerhetsåtgärd bör personal vistas i skydd av fordon eller byggnader så långt det är möjligt
>200	Kall	Ingen	

[1]. Undantag bör kunna göras för kortvariga livräddande insatser. Då ska personalen bära samma skyddsutrustning som för het zon.
[2]. Hörselskydd bör utgöras av hörselkåpor som ger minst 34,9 dB dämpning mot lågfrekvent buller.

I allt väsentligt uppfylldes ovanstående skyddsnivå vid insatsen, med undantag för att hörselskydd inte var en del av skyddsutrustningen, samt att ingen zonindelning uttalades.

Risken för kärlsprängning till följd av branden bör vara relativt begränsad, förutsatt att ingen kylning av smältsäkringarna utförs. Det finns dock fortfarande en risk om tankarna av någon anledning är försvagade, eller om brandpåverkan blir alltför lokal. När brandförloppet börjar gå mot sitt slut, och brandpåverkan mot tankarna är begränsad, bedöms det vara möjligt att släcka den kvarvarande branden och därefter kyla tankarna under avsvalningsfasen.

Enligt RISE-rapporten som utfört försök med lokal brandpåverkan av CNG-tankar[26] rekommenderas att tankarna kyls med vatten under avsvalningsfasen. Detta då trycket i tankarna kan fortsätta öka under en tid efter att brandpåverkan har upphört. Det framgår inte av rapporten hur stor den fördröjda tryckökningen är, men tiden begränsas av vattenbegjutning.

För att vara på säkra sidan bör riskbedömningen ta höjd för att det kan finnas en viss risk för en sen eller fördröjd kärlsprängning. Efter att branden har släckts bör därför inte personal tillåtas

[25] Runefors, M. (2020). *”Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag”*. MSB1620. Lunds Tekniska Högskola, Lund 2020
[26] Gehandler, J. & Lönnermark, A. (2020). *”CNG vehicle containers exposed to local fires”*. RISE Rapport 2019:120_rev1. Borås 2020

att gå fram till fordonet innan tankarna har kylts till omgivningstemperatur. Om tankarna av någon anledning inte kan kylas med vatten bör en tidsperiod ansättas som säkerhet, tillsammans med kontroll av temperatur med IR-kamera. Enligt RISE-rapporten kunde tryckökningen fortgå i upp till 30 minuter, om tankarna inte aktivt kyldes.

När temperaturen i tankarna har gått ner bedöms risken för kärlsprängning vara ytterst begränsad, om ingen påverkan görs på tankarna, och händelsen blir därmed relativt statisk. I detta skede bör en förnyad riskbedömning göras, för att bedöma om det är möjligt att kontrollera tankarna. Exempelvis kan förbudszonen tas bort och inkluderas i het zon, med tillägget att personal som vistas nära fordonet ska bära explosimeter. Detta då det finns risk för att framförallt kompositttankar börjar läcka efter att ha varit värmepåverkade.

Gränsen mot kall zon bör inledningsvis hållas kvar, då avspärrningar redan bör vara på plats, och då det kan finnas behov av ett riskavstånd vid en eventuell beskjutning, bärgning eller liknande.

6.1.2 Riskbedömning efter brandförloppet

Riskbedömningen efter brandförloppet kretsar inledningsvis kring att kontrollera tankarna för att kunna konstatera om någon tank fortfarande är trycksatt, samt om tankarna är försvagade till följd av brandpåverkan eller mekanisk påverkan.

Det lättaste sättet att kontrollera om tankarna är trycksatta, efter en brand, bör vara att kontrollera om smältsäkringarna har löst ut. Smältsäkringar sitter på en, eller båda, ändarna av respektive tank. Om en tank har en eller två smältsäkringar avgörs av dess längd. I den aktuella händelsen gick det inledningsvis att kontrollera ventilerna på den sida av fordonet som var mest brandskadat. Genom att rapportera in ventiltillverkarens namn till den inre ledningen gick det även att få fram en sprängskiss av den aktuella ventiltypen.

Den första bedömningen som gjordes på plats var att smältblecken hade löst ut. Detta baserades på att en pistong med o-ring syntes genom anslutningen för utströmmande gas, se Bild 6 och Bild 7. Vid den första kontrollen var det svårt att komma åt alla säkerhetsventiler och det syntes olika tydligt, beroende på grad av brandpåverkan.

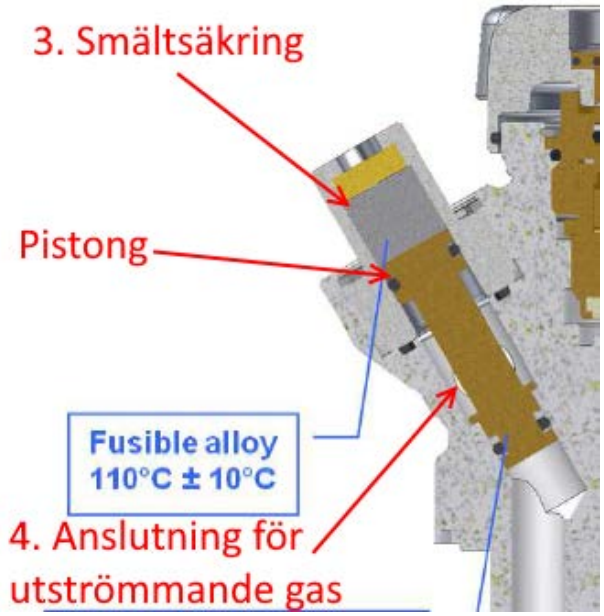


Bild 6. Del av sprängskiss för den aktuella ventiltypen. Smältsäkringen utgör mothåll för en pistong som trycks uppåt av gastrycket i tanken, när säkringens material smälter, och därmed öppnar anslutningen för utströmmande gas.

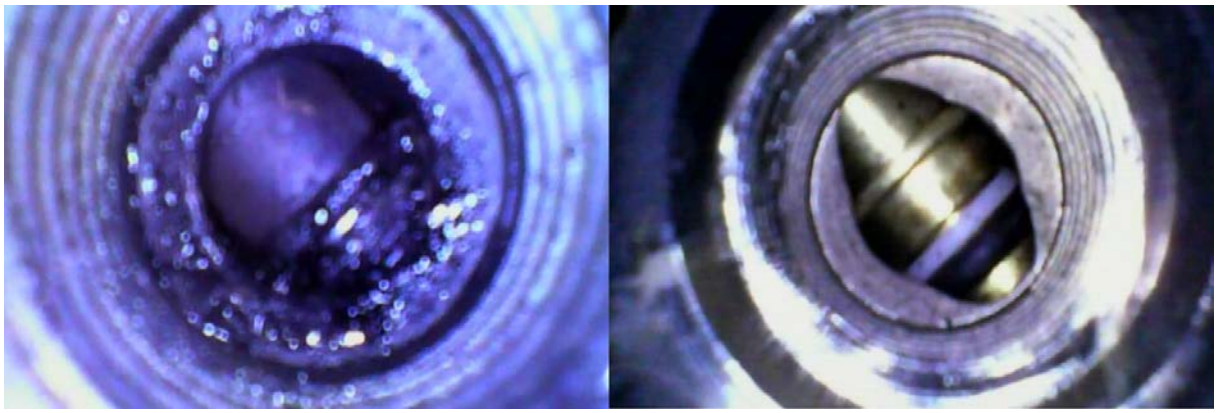


Bild 7. Foton tagna in genom anslutningen för utströmmande gas på två ventiler som varit olika brandpåverkade. På bilderna syns den nedre o-ringen på pistongen, vilket innebär att smältsäkringen har löst ut.

Räddningsledningen var dock osäker i sin bedömning och försökte få en bekräftelse från Scanias jour, eller MSB:s ledningsstöd, på att utseendet faktiskt innebar att tankarna var trycklösa. Scanias jour hade inte möjlighet att komma till platsen och när en noggrannare kontroll genomfördes tillsammans med MSB:s ledningsstöd ansågs inte utseendet utgöra tillräcklig bekräftelse. Ledningsstödet baserade sin bedömning på erfarenhet från tidigare händelser där det i efterhand kan konstateras att tankventilerna troligtvis var av en annan modell, som lämnade anslutningen helt öppen in mot tanken, efter att säkringen löst ut.

I ett försök att kontrollera om smältsäkringen hade löst ut monterades en form av ballong på anslutningen, för att se om det gick att trycka luft in i tanken. Detta misslyckades också, vilket tolkades som att smältsäkringen inte löst ut. Förmodligen berodde detta antingen på att ballongen anslöts direkt på smältsäkringens topp, istället för anslutningen för utströmmande gas. Alternativt kan ballongen ha anslutits rätt, men pistongen kan då ha täppt till anslutningen när flödet gick ”bakåt” in i tanken.

Under dag två användes en inspektionskamera för att få bättre bilder av samtliga smältsäkringar. Då kunde också bilderna skickas till Scanias jour, för att få en bekräftelse på bedömningen. Även om jouren inte kunde garantera att utseendet innebar att samtliga tankar var tryckavlastade så stärktes den egna bedömningen. Vid en liknande olycka i framtiden kan ett sådant förfarande korta ner tiden för insatsen avsevärt.

Den andra delen av riskbedömningen, som handlar om att konstatera om tankarna kan vara försvagade till följd av branden, är svårare att göra vid en okulär bedömning. Vid tiden för räddningsinsatsen fanns ingen kunskap hos räddningstjänstens personal för att göra en kvalificerad bedömning. Jouren från Scania hade inte heller möjlighet att komma ut till plats, och det är oklart om det finns personal med rätt utrustning och kompetens för att göra en tillförlitlig bedömning, ute på skadeplats, efter en brand eller annan olycka. Sannolikheten för att en tank ska vara försvagad kan dock klargöras något utifrån omvärldsbevakningen.

Det finns flera dokumenterade fall av tryckkärlsexplosioner som beror på att tankarna har varit försvagade, vilket har föranlett kärlsprängningar, framförallt i samband med tankning. Försvagade tankar har också rämnat under färd, som t.ex. vid olyckan i Katrineholm, där ytterligare en tank rämnade när den besköts på plats, vilket bedömdes bero på att tanken blivit försvagad i samband med att den närliggande tanken rämnade.

Gemensamt för de dokumenterade fallen verkar dock vara att tankarna har försvagats till följd av någon form av mekanisk påverkan. Därefter har de rämnat till följd av tryckökning eller annan ytterligare mekanisk påverkan t.ex. vibrationer, slag/stötar eller beskjutning.

Om någon av tankarna har utsatts för mekanisk påverkan i samband med en olycka, eller vid en brand om t.ex. någon av de närliggande tankarna rämnar, finns det därför en reell risk att tanken är försvagad.

I RISE-rapporten om brandpåverkade CNG-tankar anges dock att brandutsatta stål- och kompositttankar återfår en god hållfasthet så snart de når normala temperaturer. Denna slutsats baseras på egna försök, samt bekräftas av en tidigare studie.

Risken för att tankarna ska vara försvagade ”enbart” till följd av en brand bedöms därför vara betydligt mindre sannolikt. Till detta kan läggas att det också bedöms vara relativt osannolikt att smältsäkringar, som aktiveras vid 110 °C, inte löser ut vid en totalbrand i fordonen. Detta förutsätter dock att ingen släckning/kylning sker under brandförloppet. Det kan givetvis förekomma felfunktion hos en enskild smältsäkring, men då bedöms i första hand risk för kärlsprängning föreligga under brandförloppet, men om detta inte inträffar så kan tanken vara trycksatt även efter en brand.

Sammantaget bedöms risken för försvagade och trycksatta CNG-tankar vara störst vid andra olyckor än brand. Med det sagt kan risken inte uteslutas utan vidare kontroller, även i brandfallet.

6.1.3 Risker vid bärgning

Riskbedömningen under insatsens första dag baserades på att tankarna fortfarande kunde vara trycksatta och bärgning bedömdes därmed vara för riskfyllt. Det är dock oklart vilka risker en bärgning faktiskt utgör, även här kan omvärldsbevakningen ge en viss vägledning.

Av de studier, rapporter och olycksutredningar som omfattas av omvärldsanalysen finns inga dokumenterade fall av kärlsprängning, eller andra olyckor, som inträffat i samband med bärgning eller transport efter en olycka. Det finns dock flera fall av tryckkärlsexplosioner som uppstått när försvagade tankar har utsatts för mekanisk påverkan.

Det bör därför finnas en risk för att trycksatta försvagade tankar utsätts för slag, vibrationer eller stötar vid en bärgning med efterföljande transport, och att detta blir den utlösande faktorn som slutligen får tanken att rämna. Hur stor risken är att tanken utsätts för mekanisk påverkan vid själva bärgningsmomentet bör variera från fall till fall, beroende på typ av olycka och vilken typ av åtgärder som krävs för att bärga fordonet.

Riktlinjer från NFPA inkluderar t.ex. att CNG-tankar ska besiktigas av särskilt utbildad personal, för att bedöma om det är säkert att bärga fordonet. Enligt tidigare resonemang är det dock oklart om denna typ av kompetens finns tillgänglig i Sverige.

Scanias produktinformation för räddningstjänst anger att en skadad tank bör skjutas från säkert avstånd, då den riskerar att rämna vid tryckökning pga. t.ex. uppvärmning av solljus. I de flesta fall bör det således vara rimligt att i möjligaste mån tillse att potentiellt skadade tankar töms på gas inför en bärgning. Det bör också i vissa fall vara möjligt att vidta säkerhetsåtgärder för att skydda tankarna inför och under en bärgning, för att undvika uppvärmning eller ytterligare mekanisk påverkan.

Säkerheten för bärgaren, egen personal och allmänheten ska givetvis väga tyngst i en bedömning av om bärgning är möjlig. Samtidigt behöver konsekvenserna av att avvakta med bärgning också vägas in beslutet.

Beroende på var fordonet är placerat kan konsekvenserna av att ha avspärrningar upprättade under lång tid bli både stora och kostsamma för samhället. Det kan också vara så att tryckavlastningen av tankarna i sig kan medföra risker för omgivningen.

Vid den aktuella insatsen bedömdes t.ex. skjutning av tankarna medföra en för stor risk för kärlsprängning, rikoschetter eller liknande. Bärgning kan därför i vissa fall vara ett alternativ som är att föredra, trots vissa risker. Utifrån resonemanget under föregående rubrik bör risken för kärlsprängning i samband med bärgning värderas utifrån förutsättningarna i det enskilda fallet. Om bärgning utförs i osäkra fall bör skyddsavstånd och skyddsutrustning anpassas för en potentiell kärlsprängning.

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:

- En brand i anslutning till CNG-fordonstankar bör inte kylas pga. risken för att kyla smältsäkringarna och därigenom riskera kärlsprängning.

- Vid brand i ett CNG-fordon finns framförallt risk för:
  - Jetflamma.
  - Antändning av gasmoln.
  - Kärlsprängning.
  - Splitter och kaststycken.

- Den riskfaktor som blir dimensionerande för riskavståndet är tryckvågens förmåga att skada människors hörsel.

Följande riskavstånd och skyddsutrustning kan användas som riktvärde under brandförloppet, när en CNG-lastbil, med tankar på fordonets undersida, brinner utomhus:

Tabell 7. Förslag till zonindelning vid brand i CNG-lastbil utomhus, med tankar på fordonets undersida. Anpassad efter MSB:s beräkningsunderlag för zonindelning[27].

Avstånd från fordon [m]	**Zon**	**Skyddsutrustning**	**Restriktioner**
0-20	Förbudszon	-[1]	Ingen personal tillåts vistas inom förbuds-zonen[1].
20-50	Het	Larmställ, tryckluftsapparat samt hörselskydd[2]	Endast personal med tilldelad uppgift vistas i området. Allt arbete ska ske i skydd av byggnader, fordon eller motsvarande.
50-200	Varm	Hörselskydd[2]	Som säkerhetsåtgärd bör personal vistas i skydd av fordon eller byggnader så långt det är möjligt
>200	Kall	Ingen	

[1] Undantag bör kunna göras för kortvariga livräddande insatser. Då ska personalen bära samma skyddsutrustning som för het zon.
[2] Hörselskydd bör utgöras av hörselkåpor som ger minst 34,9 dB dämpning mot lågfrekvent buller.

- Tankar bör kylas med vatten under avsvalningsfasen, för att minska tiden som trycket fortsätter att stiga i tanken, efter att värmepåverkan har upphört.

[27] Runefors, M. (2020). *”Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag”*. MSB1620. Lunds Tekniska Högskola, Lund 2020

- Efter att tankarna har kylts krävs en bedömning av om tankarna är trycksatta samt om de blivit försvagade innan en eventuell bärgning från platsen.
    - Tankar som utsatts för mekanisk påverkan riskerar att bli försvagade och rämna vid tryckökning eller ytterligare mekanisk påverkan.
    - Tankar som ”enbart” är brandutsatta återfår till stor del sin ursprungliga hållfasthet efter att de svalnat till normal temperatur.

- Kontroll av tankventil och smältsäkringar kan bekräfta om tanken är trycksatt eller ej.
    - Det finns olika typer av tankventiler, vilket innebär att kontrollmetod kan variera beroende på typ av ventil.
    - En tank där smältsäkringarna har löst ut kan fortfarande innehålla brandfarlig gas vid atmosfärstryck.

- Det är svårt att få expertstöd för bedömningen av tankar och tankventiler, i dagens läge är det i slutändan räddningstjänstens personal som får bedöma riskerna och fatta beslut om åtgärder utifrån de genomförda kontrollerna.

7.2 Framgångsfaktorer

Nedan beskrivs de framgångsfaktorer som framkommit i insatsutvärderingen.

- Snabbt agerande för att upprätta skyddsavstånd vid uppstarten av insatsen.

- Säkerheten för allmänheten och den egna personalen var i fokus från start.

- Riskbedömningen var tydligt uttalad över tid och omprövades flera gånger utifrån händelseutvecklingen samt när ny information blev tillgänglig.

- Riskreducerande åtgärder vidtogs kontinuerligt och förberedelser gjordes för eventuellt nödvändiga åtgärder, t.ex. skjutning.

- Riskbedömning och riskreducerande åtgärder bedöms ha varit korrekta och relevanta utifrån den kunskap man hade om händelsen.

- Tidig resursuppbyggnad i inre ledning.

- Systematiskt arbete med att söka information och expertkompetens från externa parter.

- Arbetet i den inre ledningen var brett och lösningsorienterat, många alternativa åtgärder utreddes parallellt.

- Tidig samverkan med kommunen.

- Bra kontinuerlig samverkan mellan inre- och yttre ledning.

7.3 Utvecklingsområden

Nedan beskrivs de utvecklingsområden som framkommit i insatsutvärderingen

- Tillämpning av sjugstegsmodellen vid insatsledning: Ett uttalat MMI och en tydlig zonindelning bedöms ge bättre förutsättningar för en helhetsförståelse och samlad lägesbild hos alla som medverkar i insatsen. Dels under uppstartskedet och brandförloppet, dels när insatsen blir lågintensiv och utdragen.

- Avslut av räddningsinsats och hävande av avspärrningar: Det bör eftersträvas att avsluta räddningsinsatsen tidigare än vad som skedde i det aktuella fallet. Detta får dock aldrig ske på bekostnad av brister i säkerheten, men vid en liknande insats framöver kan flera fördröjande moment undvikas med ett bättre besluts- och kunskapsunderlag.

- Riskbedömning kopplad till hastig tryckökning: Hörselskydd bör införas som en del i skyddsutrustningen för egen personal, vid risk för kärlsprängning eller annan händelse med hastig tryckökning som följd.

- Kontaktvägar till kommunen: Kommunen bör ges bättre förutsättningar att samordna sina åtgärder i samband med räddningsinsats. Vid samverkan med kommunen bör det eftersträvas att i möjligaste mån använda en och samma kontaktperson. När kommunen saknar TiB kan säkerhetssamordnare vara en lämplig första kontakt.

7.4 Förslag på åtgärder

Nedan ges förslag på åtgärder för att förbättra organisationens operativa förmåga, samt för att bättre kunna hantera liknande händelser framöver.

- Upprätta eller revidera intern riktlinje för insatser vid händelser med gasfordon. Riktlinjen bör baseras på tillgänglig kunskap om de risker och riskreducerande åtgärder, som till viss del lyfts fram i denna rapport, och kunna användas som beslutsstöd vid framtida insatser samt som underlag för utformning av övningar. MSB kommer även upprätta en vägledning för räddningsinsatser med gasdrivna fordon som kan inarbetas i den interna riktlinjen framöver.

- Utreda vilka alternativ som finns på marknaden och därefter införskaffa hörselskydd, som kan användas tillsammans med övrig skyddsutrustning, vid insatser med risk för kärlsprängning eller hastig tryckökning av annan anledning.

7.5 Förslag på punkter för vidare utredning

Följande punkter bör utredas vidare:

- Kartläggning av tillgängliga metoder som finns för att bedöma statusen på potentiellt skadade tryckkärl. Detta kan vara i form av kunskapsunderlag, utrustning eller extern kompetens.

- Kartläggning av tillgängliga metoder som finns för att tryckavlasta skadade tryckkärl och vilka risker eller begränsningar respektive metod medför. Detta bör även inkludera en utökad undersökning av de ingående metoderna, t.ex. lämpliga val av ammunition och annan teknisk utrustning som används vid beskjutning.

8 Källförteckning

Eriksson, L. & Mattsson, M. (2015). *Taktikboken*. Malmö: Informationsbolaget

Gehandler, J. & Lönnermark, A. (2020). *”CNG vehicle containers exposed to local fires”*. RISE Rapport 2019:120_rev1. Borås 2020

MSB (2014). *”Metangasdrivna fordon – Rekommendationer vid olycka”*, MSB731. Karlstad 2014.

MSB (2015). *”Brand i fordonsgasdriven personbil – Risker vid insatser”*, MSB900. Karlstad 2015.

Nordström, J. (2017) *”Tryckkärlsexplosion i biogasdriven sopbil: Olycksutredning”*. MSB1099, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm 2017

OMB Saleri S.P.A. *”Automatic tank-valve VEGA for CNG automotive use”*. Italien, Brescia.

Runefors, M. (2020). *”Zonindelning vid räddningsinsatser mot fordon med alternativa bränslen – Beräkningsunderlag”*. MSB1620. Lunds Tekniska Högskola, Lund 2020

Scania CV AB (2020) *”Produktinformation för räddningstjänst – Lastbilar och bussar”* 00.01-06 Utgåva 8. Scania CV AB Sweden

Stenius, C., Nordström, J., Svensson, J., & Olsén, M. (2020) *”Olyckor med Gasfordon – En omvärldsanalys av metodik och olyckor 2016-2019”*. MSB1510, Totalförsvarets forskningsinstitut FOI, Norrköping 2020.

Transportstyrelsen (2021), Fordonsuppgifter (transportstyrelsen.se), (Databas) Elektronisk tillgänglig: 2021-06-21