



Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap

# Tryckkärlsexplosion i biogasdriven sopbil

Olycksutredning



MSB:s kontaktpersoner:  
Mattias Strömgren, 010-240 56 78  
Erik Egardt, 010-240 50 22

Publikationsnummer MSB1099 - april 2017  
ISBN 978-91-7383-746-0

# Förord

Sent på kvällen den 20 september 2016 inträffade en tryckkärlsexplosion i en fordonsgastank till ett gasdrivet fordon som befann sig i utkanten av Katrineholms tätort. Fordonet var en sopbil som använde biogas som drivmedel. Det blev inga personskador eller brand men händelsen var allvarlig med risk för allvarliga konsekvenser

MSB bedömde att händelsen var av nationellt och internationellt intresse och det var viktigt att den utreddes och dokumenterades så att lärdomar kan dras för framtiden. Därför beslutade MSB att en olycksutredning skulle genomföras och detta uppdrag gavs till Johan Nordström vid Räddningstjänsten Östra Götaland. Uppdraget har främst varit att utreda möjliga orsaker till tryckkärlsexplosionen men också att redogöra för andra säkerhetsmässiga förhållanden som kan relateras till olyckan.

I utredningsarbetet har Scania CV AB, Ragn-Sells AB, Transportstyrelsen och Västra Sörmlands Räddningstjänst bidragit med värdefull information. Erik Egardt vid MSB har bidragit med sakkunskap avseende räddningstjänst vid olyckor med gasfordon. Samarbete har också skett med Polismyndigheten.

Västra Sörmlands Räddningstjänst genomför en utredning av räddningsinsatsen.

MSB vill rikta ett stort tack till alla som bidragit i utredningen och ett särskilt tack till Johan Nordström.

MSB

Enheten för kunskapsutveckling

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning .....</b>	<b>8</b>
1.1 Syfte och uppdrag .....	8
1.2 Avgränsningar.....	8
1.3 Om utredaren .....	8
<b>2. Beskrivning av händelsen .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Teoretisk bakgrund.....</b>	<b>11</b>
3.1 Det aktuella fordonet .....	11
3.2 Organisatoriskt sammanhang.....	12
3.2.1 Hämtningen av hushållsavfall .....	12
3.2.2 Tankstationen för biogas .....	13
3.2.3 Fordonet .....	13
<b>4. Metod .....</b>	<b>14</b>
4.1 Undersökning av inblandade fordonsgastankar och skyddsplåtar .....	14
4.2 Felträdsanalys.....	14
4.3 Intervjuer.....	15
4.3.1 Samtal med chauffören som framförde fordonet i samband med explosionen .....	15
4.3.2 Samtal med representant för insamlingsentreprenörens arbetsledning.....	15
4.3.3 Samtal med annan sopbilschaufför .....	15
4.3.4 Samtal med insamlingsentreprenörens fordons- och utrustningsspecialister. ....	15
4.4 Tillverkarens undersökning av fordonsgastankarna .....	15
4.5 Annan uppgiftsinhämtning .....	15
4.6 Kvalitetssäkring.....	16
<b>5. Resultat från genomförda undersökningar .....</b>	<b>17</b>

---

5.1	Undersökning av de inblandade fordonsgastankarna .....	17
5.1.1	Gastankarnas utformning .....	17
5.1.2	Fordonsgastankarnas infästning i fordonet.....	18
5.1.3	Skador på fordonsgastankarna.....	19
5.2	Undersökning av fordonsgastankarnas skyddsplåt .....	24
5.3	Undersökning av ett likadant fordon .....	28
5.4	Undersökning av farthinder.....	29
5.5	Andra utredningar av händelsen .....	30
5.5.1	Polisutredningen .....	30
5.5.2	Tillverkarens undersökning av fordonsgastankarna.....	31
5.5.3	Annan fotodokumentation .....	31
<b>6.</b>	<b>Analys och diskussion .....</b>	<b>33</b>
6.1	Felträdsanalys.....	33
6.1.1	Möjliga händelseförlopp vid slag mot fordonsgastank .....	38
6.1.2	Utformning av farthinder .....	40
6.2	Intervjuer.....	40
6.3	Lagstiftning .....	41
<b>7.</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>43</b>
7.1	Den initiala tryckkärlsexplosionen .....	43
7.1.1	Direkta orsaker till tryckkärlsexplosionen.....	43
7.1.2	Bakomliggande tekniska orsaker till explosionen .....	44
7.1.3	Bakomliggande brister i systemet människa, teknik och organisation.....	46
7.2	Den andra tryckkärlsexplosionen .....	46
7.3	Regelbundna kontroller av fordonsgastankar.....	47
<b>8.</b>	<b>Förslag till säkerhetshöjande åtgärder .....</b>	<b>48</b>
	<b>Referenser .....</b>	<b>50</b>
	<b>Bilaga 1: Gasdrivna fordon .....</b>	<b>52</b>
	Fordons-, bio- och motorgas .....	52

---

Tankar för fordonsgas .....	52
<b>Bilaga 2: Fiberkompositer .....</b>	<b>53</b>
Glasfiber.....	53
Kolfiber .....	53
Matrismaterial .....	53
Uppbyggnad av fiberkompositer .....	53
Hybridkompositer .....	54
Konstruktion av tryckkärl i kompositmaterial.....	54
Hållfasthet och skador på fiberkompositer.....	54
Skador på fordonsgastankar.....	55
<b>Bilaga 3: Periodisk kontroll av fordonsgastankar.....</b>	<b>56</b>
Europeisk standard .....	56
Svensk lagstiftning.....	57
Regelverk i icke EU-länder .....	58
<b>Bilaga 4: Intervjuer .....</b>	<b>59</b>
Sopbilschauffören .....	59
Lokal arbetsledning.....	59
Annan sopbilschaufför .....	61
Samtal med fordonsspecialister .....	61
<b>Bilaga 5: Felträdsanalys.....</b>	<b>63</b>

# Sammanfattning

Den 20 september 2016 inträffar, i samband med färd, en tryckkärlexplosion i en fordons gasttank av komposittyp tillhörande en sopbil. De två personerna som vistades i fordonet i samband med explosionen klarar sig utan skador men explosionen leder till skador på ytterligare tre av sobilens totalt åtta fordons gasttankar. Räddningsledaren beslutar därför att de skadade fordons gasttankarna ska tömmas innan fordonet får flyttas från platsen. Efter samråd med experter på MSB beslutas att hål ska skjutas genom de skadade tankarna för att på så sätt få gasen att läcka ut under relativt kontrollerade former. I samband med beskjutningen inträffar ytterligare en tryckkärlexplosion i en av fordons gasttankarna.

Olycksutredningen, tar upp bakomliggande och direkta orsaker till den inträffade explosionen. Utredningen baseras på undersökning av tankarna i det aktuella fordonet, litteraturstudier avseende fordons gasttankar av komposittyp, undersökning av en likadan sopbil, intervjuer med personal från insamlingsentreprenören, polisutredningen samt tanktillverkarens egen undersökning av de skadade fordons gasttankarna.

Resultaten från genomförda felträdsanalyser i kombination med tanktillverkarens undersökning har visat att det sannolikt är nötning av grus och sand i kombination med tidigare slag mot tanken som orsakat den initiala explosionen samt att det är mest sannolikt att tanken utsatts för slag från undersidan. Bakomliggande orsaker till explosionen är att sand och grus kunde ansamlas på skyddsplåtarna runt fordons gasttankarna och skava mot dessa; en låg frigångshöjd hos det aktuella fordonet; bristande kunskap om att tankar av kolfiberlaminat kan drabbas av svårupptäckt underliggande sprickbildning om de utsätts för slag samt bristande kännedom om avsikten med de skyddsplåtar som finns runt fordons gasttankarna. Utredningen visar även på att det finns brister i lagstiftningen avseende återkommande kontroller av tankar för fordons gas.

För att minska sannolikheten för att liknande explosioner inträffar i framtiden föreslås att fordon utformas så att fordons gasttankarna är skyddade mot slag underifrån, påkörning samt yttre påverkan av exempelvis sand, grus och sten. Information om att bucklor på skyddsplåtar kan indikera en svårupptäckt sprickbildning i komposittankar samt att tankarna ska kontrolleras om bucklor uppmärksammas på skyddsplåtarna bör spridas till användare av fordons gasdrivna fordon samt till serviceverkstäder. Lagstiftningen bör ställa krav på regelbunden utvändig kontroll av fordons gasttankar i syfte att upptäcka skador på tankarna men även på förhållanden som skulle kunna leda till skador på tankarna. Om antalet fordons gasdrivna fordon fortsätter att öka i Sverige kan det dessutom finnas behov av att höja allmänhetens kunskap om gasdrivna fordon.

# 1. Inledning

Denna rapport redovisar utredningen av orsakerna till den tryckkärlexplosion som inträffade i en biogasdriven sopbil i Katrineholm 2016-09-20.

## 1.1 Syfte och uppdrag

Syftet med utredningen är, enligt utredningsuppdraget, att dra erfarenheter för ett nationellt och internationellt lärande från aktuell olycka.

Olycksutredningen ska ge en tydlig bild över vad som inträffat, redovisa en sammanställning över viktiga erfarenheter samt, i den mån det är möjligt, föreslå säkerhetshöjande åtgärder. Utredningen ska även följa och ta med viktiga slutsatser från tillverkarens och räddningstjänstens utredningar.

Utredningen ska fokusera på följande:

- Olycksförloppet och skadebilden ska klarläggas och dokumenteras.
- Orsaker till explosionen, såväl tekniska som organisatoriska och mänskliga orsaker, ska så långt det är möjligt utredas och beskrivas. Också andra förhållanden som kan relateras till explosionen och konsekvenserna av denna ska i möjligaste mån klarläggas.
- Rutiner och instruktioner för underhåll, tankning, körning och liknande ska belysas.
- Det organisatoriska sammanhanget ska klarläggas då det är flera intressenter som kan ha betydelse för fordonets säkerhet, t.ex. uppdragsgivare (kommunen), utförare (entreprenören), fordonsägare (leasingföretaget), verkstadsunderhåll (fordonsverkstad).

## 1.2 Avgränsningar

Den genomförda räddningsinsatsen ska, enligt utredningsuppdraget, inte utredas. Västra Sörmlands Räddningstjänst genomför en egen utredning av räddningsinsatsens genomförande. Inte heller ska avancerade tekniska materialundersökningar genomföras, dock bör erfarenheter och resultat från de undersökningar som fordonstillverkaren och tanktillverkaren genomför tas tillvara och redovisas i den mån det går att få tillgång till denna information.

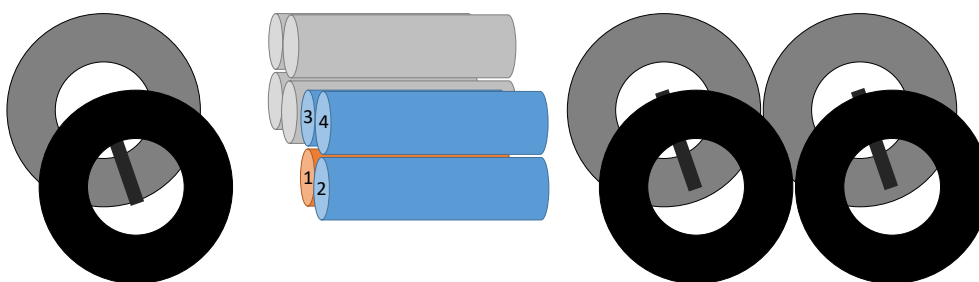
## 1.3 Om utredaren

Olycksutredaren är anställd som brandingenjör vid Räddningstjänsten Östra Götaland och har arbetat med olycksutredningar sedan 2008. Utredaren har, utöver brandingenjörsexamen och Räddningsverkets påbyggnadsutbildning i räddningstjänst för brandingenjörer, en examen från KTH:s magisterprogram i ergonomi och människa, teknik, organisation samt genomgått Karlstad universitets utbildning i kvalificerad olycksutredningsmetodik.



## 2. Beskrivning av händelsen

Vid 22-tiden på kvällen tisdagen den 20 september 2016 inträffar en kraftig tryckkärlexplosion i en biogasdriven sopbil i korsningen mellan Sveavägen och Eriksbergsvägen i Katrineholm. Explosionen inträffar strax efter att fordonet tankats och sker i den nedre inre fordonskastanken på fordonets vänstra sida, se figur 1. Denna tank är en av sammanlagt åtta fordonskastankar av kolfiberkomposittyp på fordonet och explosionen tycks ha skett helt utan yttre påverkan.



**Figur 1 Tankarnas inbördes placering. Det var tank 1 som exploderade initialt och tank 2 som exploderade vid beskjutning (observera att figuren ej är skalenlig).**

De två personerna som befinner sig i fordonet i samband med explosionen klarar sig lyckligtvis utan skador men tryckvågen från tryckkärlexplosionen spräcker vindrutan, ger upphov till gas- och oljeläckage från fordonet samt orsakar skador på tre andra fordonskastankar (tank 2-4 i figur 1). Någon antändning av den utsläppta gasen sker inte men det uppkomna fordonsgasläckaget pågår under hela natten och den kommunala räddningstjänsten spärrar, med anledning av detta, av ett område med 300 meter radie runt fordonet. På grund av reaktionskrafterna vid tryckkärlexplosionen lossnar även den aktuella fordonskastanken (tank 1) från sina infästningar i fordonet och hamnar i spänn mellan en annan tank (tank 2) och ett av fordonets hjul.



**Figur 2 Foto på sobilen efter den initiala tryckkärlexplosionen.**

På morgonen efter tryckkärlsexplosionen, se figur 2, har läckaget av fordonsgas upphört och en tungbärgare anländer för att bärga fordonet. Efter samråd med experter på MSB görs dock bedömningen att de intilliggande tre fordonsgastankarna sannolikt fortfarande är trycksatta och att dessa kan ha skadats så pass allvarligt att det föreligger en explosionsrisk vid en bärgning. Konsekvensen av detta blir att bärgning inte kan genomföras innan de skadade tankarna tömts på sitt innehåll.

Omkring klockan 15:00 dagen efter den initiala tryckkärlsexplosionen beslutar räddningsledaren, efter att tillsammans med experter från MSB vägt olika alternativ mot varandra, att det ska skjutas hål i de tre skadade tankarna med specialammunition för att på så sätt tömma dem på sitt innehåll. I samband med beskjutningen exploderar ytterligare en tank (tank 2 i figur 1), se figur 3, medan de två övriga tankarna (3 och 4) beter sig som förväntat och innehållet pyser ut. Inte heller vid tömningen av tankarna sker någon antändning av utsläppt fordonsgas. Vid 19-tiden, ungefär 21 timmar efter den första explosionen, är samtliga skadade tankar tömda och fordonet kan bärgas från platsen.



**Figur 3** Den andra explosionen som inträffade vid beskjutning av tank 2 enligt figur 1. Delar från tanken flög omkring 100 m.

## 3. Teoretisk bakgrund

I de följande avsnitten återfinns en beskrivning av det aktuella fordonet som var inblandat i tryckkärlsexplosionen samt det organisatoriska sammanhang som fordonet användes i.

I bilaga 1-3 återfinns ytterligare teoretisk bakgrund avseende gasfordon (bilaga 1), kompositmaterial (bilaga 2) och återkommande kontroll av fordonsgastankar (bilaga 3). Informationen i dessa bilagor utgör en grund för slutsatserna och diskussionen i utredningen men behöver inte läsas för förståelsen av rapporten. Om läsaren önskar ta del av informationen i dessa bilagor läses de lämpligen direkt efter detta kapitel.

### 3.1 Det aktuella fordonet

Sopbilen som var inblandad i explosionen tillverkades i oktober 2015 och togs i trafik första gången 2015-12-22 (Transportstyrelsen, 2017). Detta innebär att när explosionen inträffade hade fordonet varit i trafik kortare tid än ett år.

Fordonets åtta fordonsgastankar av kolfiberkomposit är placerade i två lådor mellan framaxeln och den främre boggieaxeln på vardera sidan av fordonet, se figur 4. Av Transportstyrelsens register framgår att tankarna är godkända till juni 2035.



**Figur 4** Foto på det aktuella olycksfordonets högra sida. Gastankarna är placerade i lådan mellan fordonets fram- och bakaxel.

Lådorna som fordonsgastankarna är placerade i är tillverkade av ca 3 mm tjock aluminiumplåt. Lådan är tät på ovansidan, undersidan samt i fram och bakkant men är öppen in mot mitten av fordonet. Enligt uppgifter från lastbilstillverkaren har det gått ut ett servicemeddelande (teknisk kampanj TC170301 distribuerades till samtliga verkstäder 2017-03-10) efter explosionen att lådorna för fordonsgastankarna även ska tätas in mot mitten av fordonet (Wilhelmsson, Muntlig uppgift, 2016) och olycksutredaren har fått bekräftat av

fordonsanvändare att skyddsplåtarna på några fordon har åtgärdats. Till och med 2017-04-04 har 35 av kundens 44 fordon åtgärdats.

Syftet med lådorna runt fordonsgastankarna är att dessa ska skydda fordonsgastankarna mot vatten, salt, grus, UV-strålning samt korroderande vätskor (Scania CV AB, 2017). Lådorna gör det även lättare att upptäcka om tanken utsatts för ett slag eftersom lådan då bucklas. Själva lådan är inte tillräckligt hållfast för att skydda tankarna vid en kraftig yttre påkänning som exempelvis en krock (Wilhelmsson, Muntlig uppgift, 2016).

## 3.2 Organisatoriskt sammanhang

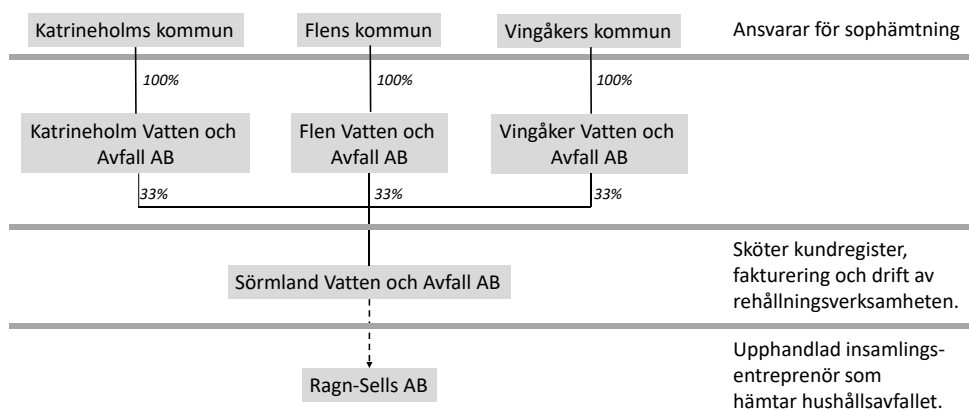
Ett flertal olika organisationer har olika ansvar och uppdrag med koppling till den aktuella sopbilen och hämtningen av hushållsavfall. Eftersom detta kan ha betydelse för utredningen beskriver detta kapitel kortfattat de olika ansvar och uppdrag dessa organisationer har.

### 3.2.1 Hämtningen av hushållsavfall

Katrineholms kommun har enligt renhållningslagen (SFS 1979:596) en renhållningsskyldighet som bland annat innebär att hushållsavfall inom kommunen ska forslas till en behandlingsanläggning.

Katrineholms kommun äger genom det helägda kommunala bolaget Katrineholm Vatten och Avfall AB en tredjedel av bolaget Sörmland Vatten och Avfall AB. De övriga två tredjedelarna av Sörmland Vatten och Avfall AB ägs av de kommunala bolagen Flen Vatten och Avfall AB och Vingåker Vatten och Avfall AB. Sörmland Vatten och Avfall AB sköter på uppdrag av Katrineholms kommun kundregister, fakturering och drift av renhållningsverksamheten. Den faktiska hämtningen av hushållsavfallet sköts av en av bolaget upphandlad insamlingsentreprenör, i detta fall Ragn-Sells AB, se figur 5. Efter omlastning transporteras hushållsavfallet till Tekniska verken i Linköping AB för förbränning (Sörmland Vatten AB, 2017a).

I samband med att Sörmland Vatten och Avfall AB upphandlade en insamlingsentreprenör ställdes, i anbudsförfrågan, krav på att fordonen för hämtning av hushållsavfall skulle drivas med biogas (Grenrud, Muntlig uppgift, 2017).



**Figur 5 Organisationen för hämtning av hushållsavfall i Katrineholms kommun.**

### **3.2.2 Tankstationen för biogas**

I Katrineholms kommun finns endast ett tankställe för biogas – Rosenholm Biogas. Tankstället ägs sedan 2015 av Katrineholm Vatten och Avfall AB men drivs av Sörmland Vatten och Avfall AB. Biogasen vid tankstället kommer från rötningen av avloppsslam vid Rosenholms avloppsreningsverk samt rötning av matavfall (Sörmland Vatten AB, 2017b; Energigas Sverige, 2017).

### **3.2.3 Fordonet**

Den sopbil som var inblandad i explosionen ägs av Scania Finans AB. Fordonet leasas sedan ut till Ragn-Sells AB som är brukare av fordonet. I avtalet mellan Ragn-Sells AB och Scania Finans AB ingår att Scania svarar för service av fordonet vilket görs var tredje månad (4 gånger per år).

## 4. Metod

Kapitlet beskriver den metod som använts för att genomföra olycksutredningen.

### 4.1 Undersökning av inblandade fordonsgastankar och skyddsplåtar

Den 27 oktober 2016 genomfördes en undersökning av de fyra fordonsgastankar som var placerade på sopbilens vänstra sida, det vill säga den sida där den först exploderande tanken var placerad. Även skyddsplåtarna som suttit runt tankarna på fordonets vänstra sida undersöktes. Undersökningen genomfördes som en okulär undersökning vid Scantias anläggning i Södertälje. I samband med undersökningen fördes även en dialog med representant för Scania kring hur tankarna monteras på fordonet samt skyddsplåtarnas funktion.

### 4.2 Felträdsanalys

Delar av utredningen har utgjorts av en felträdsanalys där topphändelsen har satts till "Tryckkärlexplosion". Felträdsanalysen har genomförts, först av olycksutredaren på egen hand och sedan i dialogform 2016-12-15 då brandingenjörerna Madelene Ekholm och Axel Wahle samt inspektörerna Martin Wigilius och Håkan Walfén, samtliga anställda vid Räddningstjänsten Östra Gotland, deltog. Den övergripande frågeställningen vid dialogen var "vad kan orsaka en tryckkärlexplosion?".

De två felträdsanalyserna har sedan jämförts med varandra varefter olycksutredarens felträdsanalys har kompletterats med ett par händelser som förbisetts av olycksutredaren men som framkommit vid dialogen. Slutligen har bashändelserna i felträdet markerats med olika färger beroende på om utredningen har visat att händelsen kan ha inträffat eller ej. Bedömningen om bashändelserna kan ha inträffat baseras på undersökningen av de inblandade fordonsgastankarna, egenskaperna hos kompositmaterialet, intervju med inblandade personer, undersökning av ett liknande fordon, undersökning av ett farthinder i Katrineholms kommun samt uppgifter i polisrapporten. Tillverkarens undersökning av fordonsgastanken och resultaten från denna undersökning har inte legat till grund för felträdsanalysen<sup>1</sup>, men resultatet från tillverkarens undersökning har i efterhand jämförts med resultatet från felträdsanalysen och vägts in i den slutliga bedömningen av orsakerna till

---

<sup>1</sup> Resultaten från tillverkarens undersökning kom olycksutredaren tillhanda efter att den egna felträdsanalysen genomförts. Deltagarna vid den gemensamma felträdsanalysen delgavs resultaten av tillverkarens undersökning först efter genomförd analys.

explosionen. Den grafiska presentationen av felträdsanalysen återfinns i bilaga 5.

### **4.3 Intervjuer**

I syfte att få mer information om händelsen och bakgrunden till händelsen har intervjuer genomförts med personal hos insamlingsentreprenören. Sammanfattningar av de genomförda intervjuerna återfinns i bilaga 4.

#### **4.3.1 Samtal med chauffören som framförde fordonet i samband med explosionen**

Samtal med den chaufför som framförde fordonet då fordonsgastanken exploderade genomfördes 2017-01-30 i Katrineholm.

#### **4.3.2 Samtal med representant för insamlingsentreprenörens arbetsledning**

Samtal med insamlingsentreprenörens arbetsledning genomfördes 2017-01-30 i Katrineholm.

#### **4.3.3 Samtal med annan sobilschaufför**

Samtal med ytterligare en sobilschaufför, som inte var inblandad i den aktuella händelsen, genomfördes i samband med undersökningen av en liknande sobbil i Flen 2017-01-30. Samtalet avsåg om det någon gång uppstått slag underifrån mot skyddsplåtarna runt gastankarna i samband med att han kört den aktuella typen av sobbil.

#### **4.3.4 Samtal med insamlingsentreprenörens fordons- och utrustningsspecialister.**

Samtal med insamlingsentreprenörens fordons- och utrustningsspecialister genomfördes 2017-02-16 i Linköping.

### **4.4 Tillverkarens undersökning av fordonsgastankarna**

Efter att olycksutredaren och representant för MSB undersökt fordonsgastankarna skickades de av lastbilstillverkaren till tanktillverkaren för undersökning. Resultatet av tillverkarens undersökning har återkopplats till olycksutredaren och vägts in i den slutliga bedömningen av orsakerna till olyckan.

### **4.5 Annan uppgiftsinhämtning**

Kontakt med representant för fordonstillverkaren har hållits under utredningsarbetets gång och denne har besvarat utredarens frågor. Fordonstillverkaren har även tillhandahållit kopia på de avsnitt i fordonets förarhandbok som berör gasdrift.

Kontakt har tagits med Transportstyrelsen via myndighetens webbplats angående frågor om Transportstyrelsens föreskrifter. Svar har erhållits från

Lars Rapp som är utredare på sektionen för fordonsteknik på Transportstyrelsen.

2017-01-30 genomfördes en undersökning av en likadan sopbil som den vars fordonstank exploderade. Undersökningen avsåg i huvudsak fordonets frigångshöjd.

Vid telefonsamtal med representant för insamlingsentreprenören framgår att det i kommunen finns farthinder som upplevs som felaktigt utformade och där det skulle kunna uppstå islag i fordonets undersida. Med anledning av denna uppgift har ett farthinder i Katrineholms kommun undersökts 2017-01-30. Valet av vilket farthinder som skulle undersökas gjordes av insamlingsentreprenören. Det aktuella farthindrets utformning har jämförts med de råd för utformning av farthinder som återfinns i Trafikverkets råd för vägars och gators utformning (Trafikverket, 2017).

Kontakt har tagits med Spiromec AB som bland annat är ackrediterade för att utföra återkommande kontroll av andningsluftflaskor av kolfiberkomposit. Syftet med denna kontakt var att få del av företagets erfarenheter från återkommande kontroll av andningsluftflaskor av kolfiberkomposit för rökdykning.

## **4.6 Kvalitetssäkring**

Den slutliga utredningen har kvalitetsgranskats av Marianne Stålheim och Erik Egardt vid MSB. En preliminär version av rapporten har skickats till Ragn-Sells AB, Scania CV AB, Polismyndigheten, Transportstyrelsen och Västra Sörmlands Räddningstjänst för faktagranskning och kommentarer. Synpunkter har erhållits från Ragn-Sells AB, Scania CV AB samt Polismyndigheten och dessa synpunkter har beaktats i den slutliga rapporten.



## 5. Resultat från genomförda undersökningar

Kapitlet redovisar de resultat som erhållits från undersökningar av inblandade fordonsgastankar och skyddsplåtar, undersökning av ett liknande fordon, undersökning av ett farthinder samt polisens och tanktillverkarens undersökningar. Uppgifter som lämnats i samband med intervjuer återfinns i bilaga 4.

### 5.1 Undersökning av de inblandade fordonsgastankarna

Olycksutredaren genomförde 2016-10-27 en undersökning av de, i explosionen, inblandade fordonsgastankarna tillsammans med Erik Egardt, MSB. Vid undersökningen var även Johan Wilhelmsson, Scania CV AB närvarande och kunde svara på frågor.

#### 5.1.1 Gastankarnas utformning

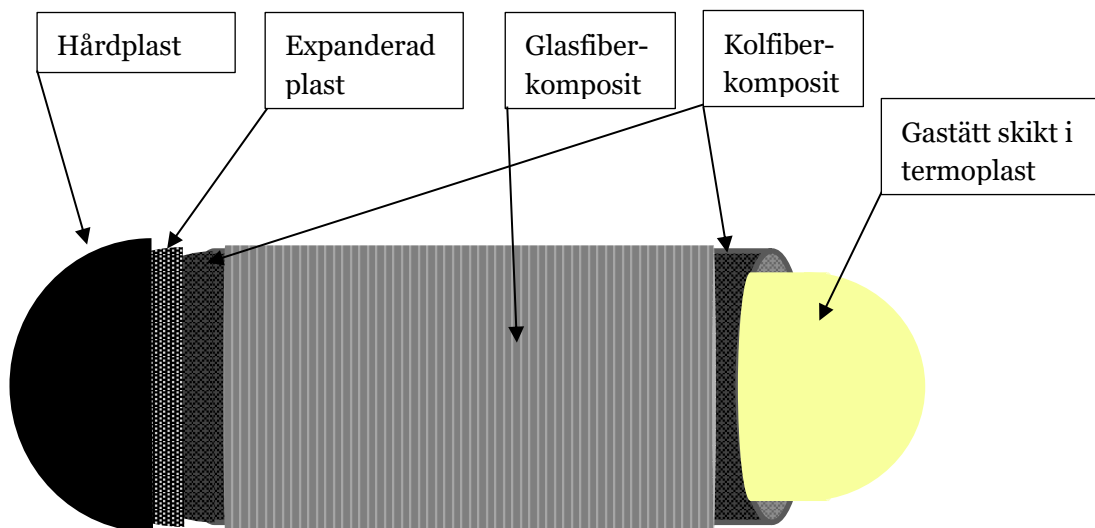
Vid undersökning av gastankarna, se figur 6, framgår att dessa är uppbyggda som en hybridkomposit (läs mer om fiberkompositer i bilaga 2).



**Figur 6** En av fordonsgastankarna från sopbilen som var relativt oskadade efter explosionen

Tankarnas innanmäte består av en termoplast (utan armering) vars uppgift är att fungera som en gastät barriär för att förhindra att gasen läcker ur tanken. Utanför denna finns ett laminat bestående av kolfibrer i olika lager med tre

olika fiberriktningar. Utanpå kolfiberlaminatet finns på mantelytan en glasfiberkomposit med fibrer tvärs gastankens riktning. Tankens ändar (flaskfot och flask topp) är skyddade av ett expanderat plastmaterial (cellplast) utanpå vilket ett lager hårdplast finns. I figur 7 återfinns en skiss över tankarnas uppbyggnad.



Figur 7 Fordons-gastankarnas uppbyggnad.

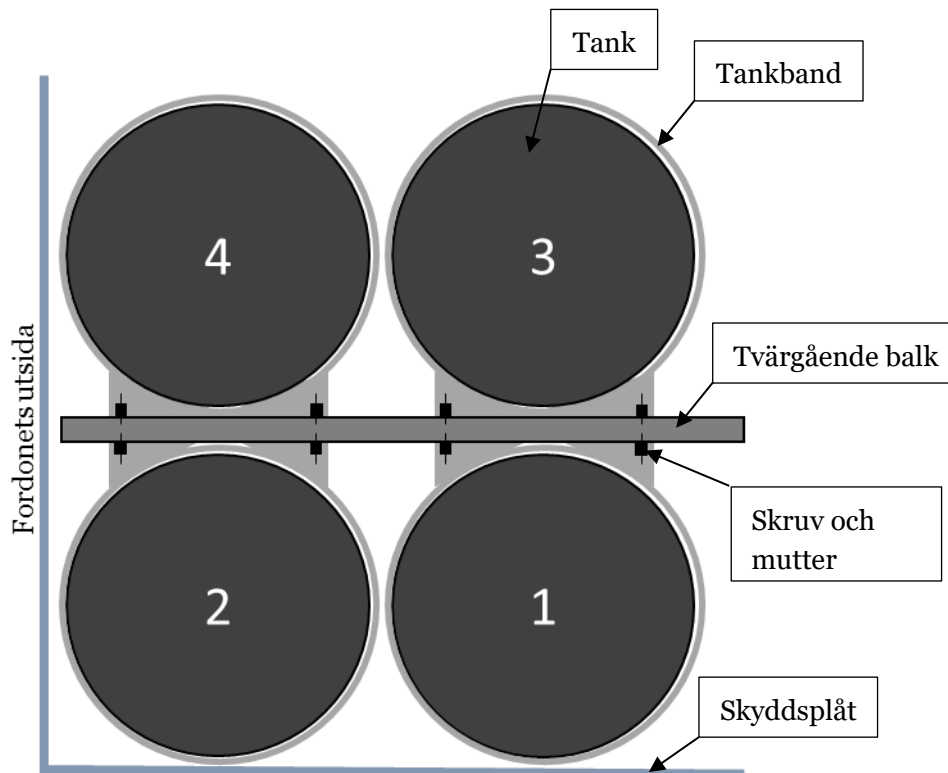
### 5.1.2 Fordons-gastankarnas infästning i fordonet

Fordons-gastankarna har varit fastsatta i fordonet med fyra stycken förankringsband som varit spända runt tankarnas mantelyta, se figur 8. Banden är utformade med ett yttre stålband som tar upp krafterna och innanför detta plast- och gummlister vars uppgift sannolikt är att skydda tankarna från nötning från stålbandet samt förhindra spänningsskorrosion mellan glasfiberkompositen och stålbanden (mer information om spänningsskorrosion finns i bilaga 2).



Figur 8 Tankarnas infästning i fordonet. Tre kulhål kan noteras i tankens överkant. De utstickande fibrer som är synliga på tanken härrör från andra tankar och har fastnat i samband med de explosioner som inträffade.

Fästbanden som är spända runt fordonsgastankarna är i sin tur monterade på två tvärgående balkar som är fästa i fordonets ramkonstruktion. De två övre tankarna är monterade stående på balkarna medan de två undre tankarna är monterade hängande i balkarna, se figur 9.



Figur 9 Skiss över hur tankarna är fastsatta på fordonet.

### 5.1.3 Skador på fordonsgastankarna

Av de fyra fordonsgastankar som var placerade på fordonets vänstra sida uppvisar två tankar enbart kulhål från den beskjutning som skedde i syfte att tömma tankarna. En av dessa tankar uppvisar såväl in- som utgångshål medan den andra tanken endast uppvisar ingångshål.

Två av fordonsgastankarna har exploderat varav den tank som besköts har gått sönder i ett flertal mindre delar. Utgångshålet i denna tank är lokaliserat i direkt anslutning till mantelytans övergång till tankens halvårsformade ände.

Den fordonsgastank som inledningsvis exploderade uppvisar ett flertal skador. Dels skador som är direkt kopplade till den inledande explosionen och dels skador som uppkommit som en följd av de reaktionskrafter som uppstått till följd av explosionen. De sistnämnda skadorna består av dels skador från förankringsbanden när tanken, till följd av reaktionskrafterna, gled genom dessa och dels skador som uppkommit då tanken, sannolikt i relativt hög hastighet, har kolliderat med fordonets bakhjul, se figur 10 och 11.



**Figur 10 Skador på den fordonsgastank som exploderade initialt.**

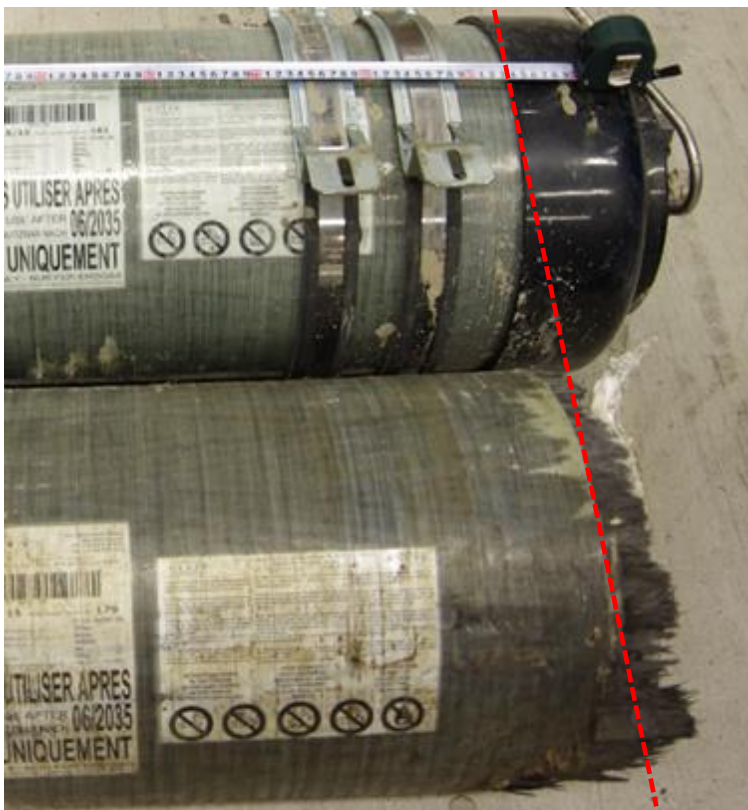


**Figur 11 Den exploderade fordonsgastankens läge efter att ha kolliderat med fordonets bakhjul (Foto: Scania).**

Då skadorna på den del av tanken där den initiala explosionen inträffade jämförs med en oskadad tank, se figur 12-13, kan konstateras att de brott som uppstått på tanken har inträffat mellan den plats där glasfiberarmeringen upphör (övergången mellan mantelyta och den halvsfärformade flaskstoppen) och det yttersta fästbandets infästning.



**Figur 12** Skador på ena sidan av tanken i förhållande till placeringen av förankringsbanden.



**Figur 13** Skador på den andra sidan av tanken i förhållande till placeringen av flaskfoten.

Den exploderade tankens halvfäriska ände har i samband med explosionen flugit iväg men senare återfunnits. Tyvärr är skadorna i anslutning till brottet sådana att resterna av den återfunna delen inte går att passa ihop med övriga delar av tanken. I figur 14-15 återfinns foton på resterna av tankens ände.



**Figur 14 Tankkändens som flög iväg i samband med explosionen (utsida).**



**Figur 15 Tankkändens som flög iväg i samband med explosionen (insida).**

Vid undersökning av den fordonsgastank som exploderade först noterades även flera mindre skador på tankens yttre glasfiberkomposit, se figur 16. Om liknande skador har funnits i anslutning till brottet på tanken har inte kunnat fastställas.



**Figur 16** Exempel på mindre skador på fordonskastanken som exploderade initialt.

Det finns inga skador på det inre gastäta skiktet som tyder på att skiktet skulle ha försvagats som en följd av exempelvis kemiska reaktioner med biogasen. Skiktet uppvisar dock större mekaniska skador som sannolikt har uppstått i samband med explosionen, se figur 17.



**Figur 17** Tankens inre gastäta skikt uppvisar endast skador (bucklor) som sannolikt uppkommit i samband med explosionen. I övrigt är skiktet i gott skick.

Under kolfibern i anslutning till det område där den initiala explosionen sannolikt har sitt ursprung, uppvisar det inre gastäta skiktet en mekanisk skada, se figur 18. Bedömningen är att denna skada, som består av en några millimeter djup intryckning i plasten, sannolikt har orsakats av ett

förankringsband då tanken efter explosionen lossnat och blivit hängande i bandet. Då inga foton finns som kan bekräfta ovanstående bedömning kan det dock inte uteslutas att skadan härrör från en tidpunkt innan den initiala explosionen.

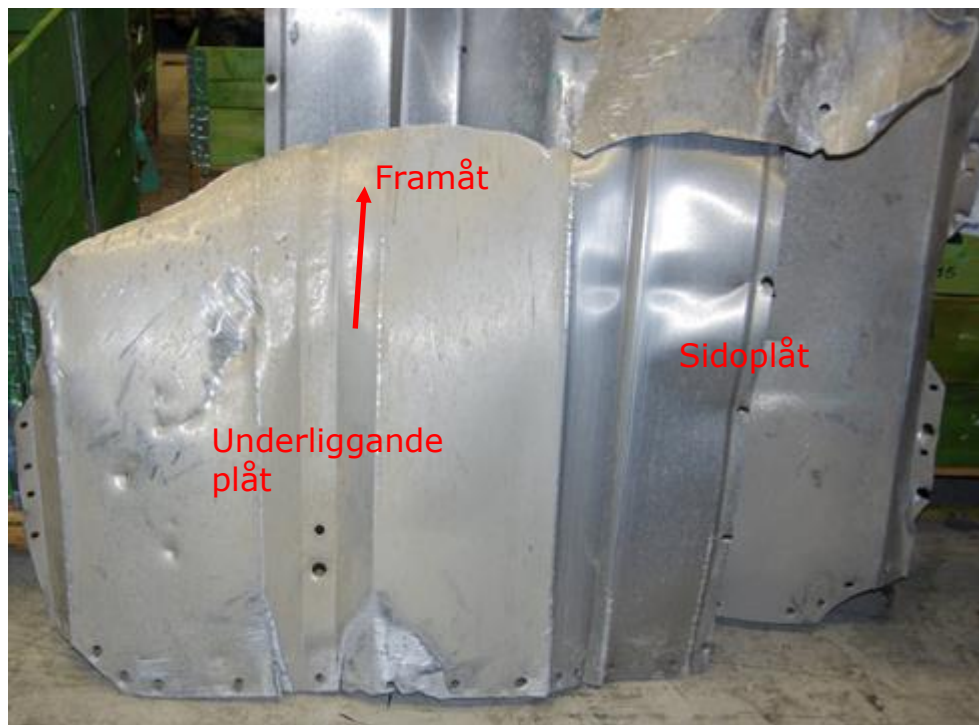


**Figur 18** Skada på tankens inre gastäta skikt som sannolikt orsakats av ett förankringsband efter att den initiala explosionen inträffat.

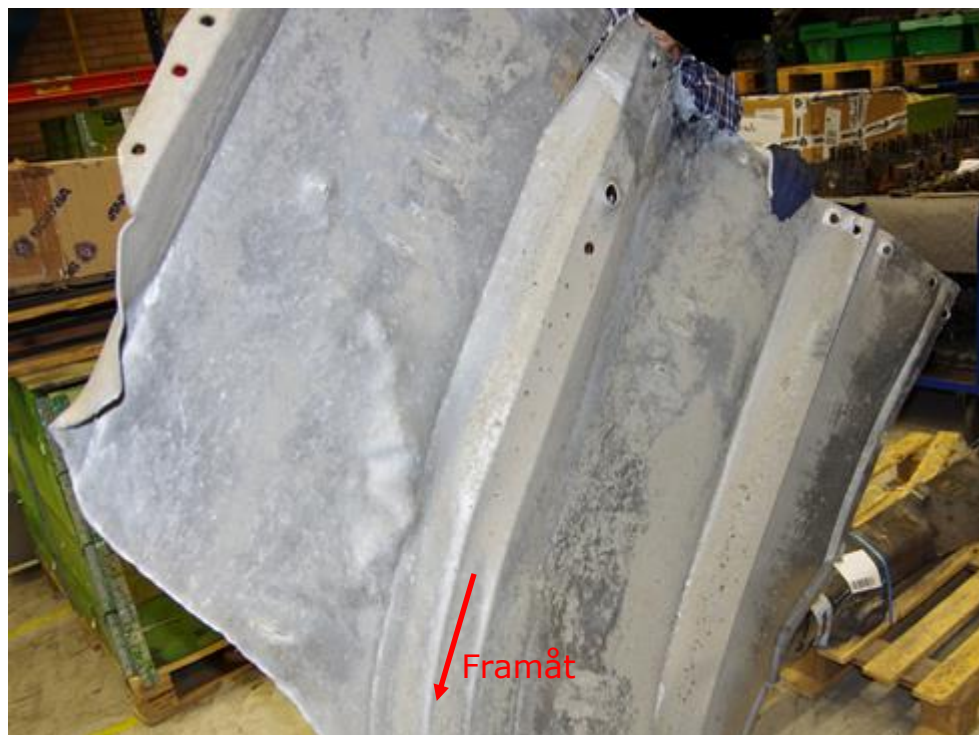
## **5.2 Undersökning av fordonsgastankarnas skyddsplåt**

Vid undersökningen av den skyddsplåt som suttit monterad runt fordonsgastankarna på fordonets vänstra sida kunde konstateras att denna var full med bucklor och repor men även uppfläkt som en följd av explosionen, se figur 19-20.





**Figur 19** Utsidan av skyddsplåten runt fordonsgastankarna. Den vänstra delen av skyddsplåten skyddade tankarnas undersida och den högra delen tankarnas sida.



**Figur 20** Insidan av skyddsplåten runt fordonsgastankarna.

Sannolikt har en del av skadorna på skyddsplåten uppkommit i samband med explosionen, räddningsarbetet och att plåten samlats in och transporterats till fordonstillverkaren. Med anledning av detta är det svårt att uttala sig om vilka skador på skyddsplåten som fanns innan explosionen inträffade. Vad som dock kunde konstateras vid undersökningen var att insidan av skyddsplåten var

ganska kraftigt nedsmutsad vilket indikerar att smuts och grus kan ha ansamlats innanför plåten.

På skyddsplåtens insida finns åtta ganska kraftiga repor, se figur 21. Avståndet mellan dessa skador stämmer in på avståndet mellan förankringsbanden på en av de fordonskastankar som ej var inblandade i explosionen.

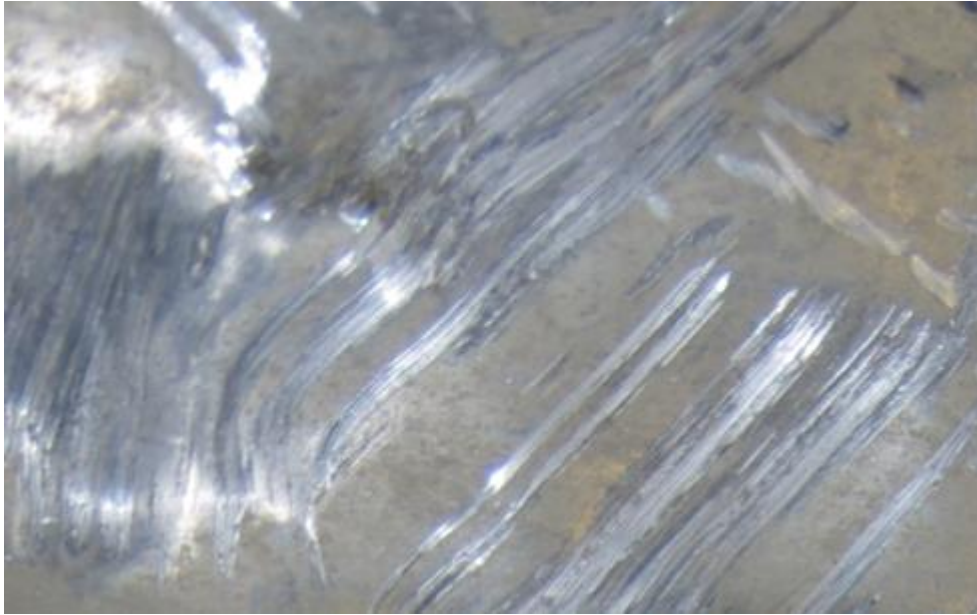


**Figur 21** Insidan av skyddsplåten runt fordonskastankarna. På plåten finns åtta stycken repor vars inbördes avstånd stämmer överens med avståndet mellan fordonskastankarnas förankringsband.

När de aktuella reporna studeras mer i detalj, se figur 22, bedöms dessa vara äldre och har sannolikt inte uppkommit i samband med explosionen. Bedömningen av att skadorna är äldre grundar sig på att skadorna inte har samma metallglans som andra repor som har kunnat återfinnas på skyddsplåtens utsida, se figur 23. Detta innebär att skadorna med stor sannolikhet har uppkommit genom nötning som skett över tid mot fordonskastankens förankringsband. Detta innebär att det går att dra slutsatsen att avståndet mellan de nedersta fordonskastankarna och underliggande skyddsplåt på olycksfordonet sannolikt har varit obefintligt eller mycket litet.



**Figur 22** Detaljbild av skadorna på skyddsplåtens insida.



**Figur 23** Detaljbild av reporna på skyddsplåtens utsida som uppvisar en tydligare metallglans än skadorna på skyddsplåtens insida.

I den underliggande skyddsplåten finns ett större område med skrap och islagsmärken samt ytterligare två, mer isolerade, kraftiga islagsmärken varav det ena slaget har gett upphov till ett hål i plåten (se figur 24-25). Det islag som är markerat med ett A i figur 24 och 25 är lokaliserat förhållandevis nära ett av nötningsmärkena från förankringsbanden.



**Figur 24** Bucklor från islag på den underliggande skyddsplåtens insida.



**Figur 25 Motsvarande islagsmärken på skyddsplåtens utsida som i figur 24.**

Bortsett från att skyddsplåten fläcktes upp av kraften i samband med tryckkärlsexplosionen och att det finns skavmärken från förankringsbanden på insidan av skyddsplåten så tycks de skador som uppkommit på skyddsplåten ha orsakats av en kraft som haft sitt ursprung på utsidan av plåten (d.v.s. riktad in mot fordonsgastankarna). Skadorna på skyddsplåten är vidare koncentrerade till undersidan i anslutning till den inre fordonsgastanken (den som exploderade) men i tankens bakkant (den del där den initiala explosionen inte skedde). Om skadorna har uppstått före eller efter tryckkärlsexplosionen har inte gått att fastställa.

### **5.3 Undersökning av ett likadant fordon**

Undersökningen av en sopbil av samma modell som den vars fordonsgastank exploderade har visat att avståndet mellan vägbana och fordonets framaxel var 20 cm och att avståndet mellan vägbana och skyddsplåtarna runt gastankarna

var 23 cm. Undersökningen visade även att bortsett från framaxeln och hjulen så är skyddsplåtarnas undersida den del av fordonet som är närmast vägbanan. Då fordonets parkeringsbroms appliceras är skyddsplåtarnas frigångshöjd 15 cm.

Undersökningen visade att det är mycket svårt att okulärt kontrollera skyddsplåtarnas undersida på grund av det lilla utrymme som finns mellan marken och skyddsplåtens undersida.

Vid undersökningen uppmättes avståndet mellan fordonets framaxel och den främre boggieaxeln till 370 cm vilket är samma avstånd som anges i Transportstyrelsens register (Transportstyrelsen, 2017).

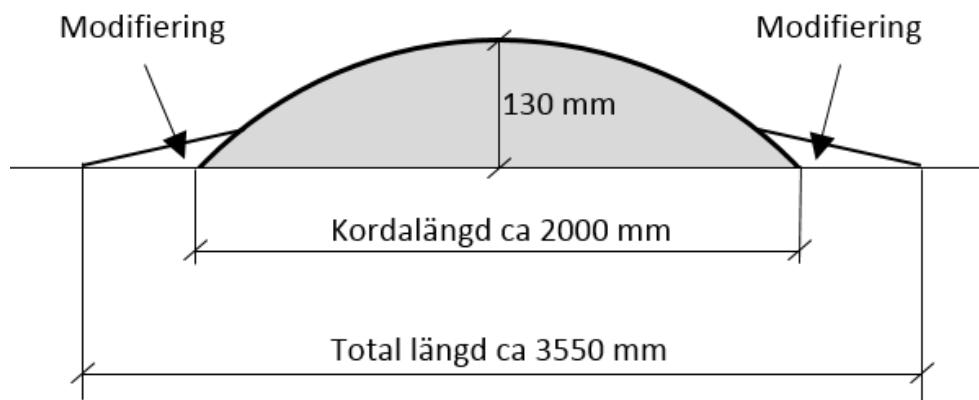
## 5.4 Undersökning av farthinder

I samband med utredningen har det framkommit uppgifter om att det skulle finnas farthinder i Katrineholms kommun som är utformade på ett sådant sätt att det finns risk för islag i fordonsgastankarna. För att undersöka detta närmare besöktes ett av de, enligt uppgift från insamlingsentreprenören, mer besvärliga farthindren i kommunen.

Undersökningen av farthindret visade att farthindret var av typen modifierat cirkelgupp och att farthindrets höjd var 13 cm och att kordalängden var ca 200 cm. Farthindrets totallängd inklusive modifiering var 355 cm, se figur 26-27.



Figur 26 Foto på det undersökta farthindret



Figur 27 Uppmätta mått på det undersökta farthindret (figuren ej skalenlig).

## 5.5 Andra utredningar av händelsen

I följande avsnitt redovisas andra utredningar av den inträffade explosionen och de uppgifter från dessa som legat till grund för slutsatserna i denna utredning.

### 5.5.1 Polisutredningen

Av polisutredningen framgår att det var den inre nedre fordonsgastanken på vänster sida av fordonet som exploderade initialt och att ingen antändning av utläckt gas skedde i samband med explosionen (Polisen, 2016).

Explosionen inträffade efter att fordonet kört 842 meter från tankning och polisutredningen har inte kunnat fastställa om det skett någon påkörning eller annan skada på skyddsplåten som var placerad under den aktuella fordonsgastanken beroende på att tanken och skyddsplåten skadades i samband med explosionen (Polisen, 2016).

Av polisutredningen framgår att sand och grus ansamlats på skyddsplåten under gastankarna på fordonets högra sida, se figur 28 (Polisen, 2016).



**Figur 28** Foto på fordonskastankarna på fordonets högra sida. I skyddsplåten under tankarna har det ansamlats sand och grus (Foto: Polisen).

Slutsatsen i polisens utredning är att det inte ”framkommit något vid undersökning som tyder på att någon medvetet skadat tryckbehållaren” samt att ”den mest troliga orsaken till att en behållare gick sönder /.../ ligger antingen i brister i tillverkningen eller att det skett någon form av förslitning/utmattning av behållarnas material. Det kan även hända att utrustningen inte är anpassad till den miljö den användes i” (Polisen, 2016, s. 9).

### **5.5.2 Tillverkarens undersökning av fordonskastankarna**

Tillverkaren av fordonskastankarna gör, efter undersökning av tankarna, bedömningen att den första tanken sannolikt exploderade som en följd av skav från stenar i kombination med påkörning. När det gäller tanken som exploderade i samband med beskjutning är tillverkarens bedömning att den sannolikt redan var skadad som en följd av den första explosionen. Några skador på de övriga tankarna på fordonet har tillverkaren inte hittat (Wilhelmsson, E-post, 2016).

### **5.5.3 Annan fotodokumentation**

I samband med att personal från Scania genomförde tömning av fordonskastankarna på fordonets högra sida togs, efter att den främre skyddsplåten avlägsnats, ett foto (se figur 29) där det tydligt framgår att det ansamlats smuts och grus på skyddsplåten under gastankarna på fordonets högra sida. Det kan på fotot också noteras att, framförallt de nedre fordonskastankarna, är kraftigt nedsmutsade.



**Figur 29** Foto på fordonsgastankarna på fordonets högra sida i samband med avfackling av gas efter explosionen (Foto: Scania).



## 6. Analys och diskussion

I kapitlet diskuteras den felträdsanalys som genomförts i samband med olycksutredningen, de intervjuer som hållits med inblandad personal samt studierna av lagstiftningen på området.

### 6.1 Felträdsanalys

Som tidigare nämnts (i avsnitt 4.2) har en felträdsanalys med topphändelsen ”Tryckkärlexplosion” genomförts. Den grafiska presentationen av analysen återfinns i Bilaga 5 och i felträdet har de olika bashändelserna klassificerats med olika färger med följande innebörd:

- Grön - Bashändelsen har sannolikt inte inträffat.
- Gul - Bashändelsen kan eventuellt ha inträffat.
- Röd - Bashändelsen har sannolikt inträffat.
- Vit - Det har inte funnits tillräcklig data för att bedöma om händelsen har inträffat.

I tabell 1 kommenteras bedömningen av de olika bashändelserna i felträdsanalysen.

**Tabell 1 Kommentarer till bashändelserna i felträdsanalysen.**

Bashändelse		Kommentar
Nr	Händelse	
1.1	För högt tryck vid tankning	Kort efter att fordonsgastanken på sopbilen exploderat stoppades all tankning vid tankstället för biogas. Därefter genomfördes kontroll av tankstället med avseende på vilket tryck det levererade innan tankstället öppnades på nytt. Vid kontrollen visade det sig att tankstället levererade biogas med rätt tryck (Egardt, 2016).  Inga andra metangasdrivna fordon har exploderat i den aktuella kommunen i anslutning till den aktuella olyckan.

Bashändelse		Kommentar
Nr	Händelse	
1.2.1	Gasen i tanken värms upp	Inga uppgifter som lämnats till olycksutredaren gör gällande att tanken skulle ha varit utsatt för uppvärmning. Sambandet mellan tryck och temperatur i en gas är, enligt allmänna gaslagen, rätlinjigt. Vid provtryckning av tryckkärl görs detta normalt vid ett tryck som är 1,5 gånger högre än normalt fyllningstryck vilket skulle innebära att temperaturen (i Kelvin) skulle behöva öka med 50 % för att trycket i tanken skulle uppnå det tryck som används vid provtryckning. Detta motsvarar en temperatur av ca 150°C. En sådan hög temperatur skulle ge upphov till smältskador på plastliningen i fordonsgastanken, några sådana smältskador har inte kunnat påvisas i tanken.
1.2.2	Defekt termosäkring	Ingen utredning av termosäkringen har gjorts då detta bedöms som överflödigt eftersom gasen ej har värmts upp (se bashändelse 1.2.1).
2.2.1	Tillverkningsfel	Ingen utredning av eventuellt tillverkningsfel har genomförts.
2.1.2	Brister i tillverkningskontroll	Någon egentlig utredning av eventuella brister i tillverkningskontrollen har ej genomförts. Dock är regelverket kring tillverkningskontroll av denna typ av fordonsgastankar omfattande och det bedöms därför som osannolikt att tillverkaren skulle ha brustit i sin tillverkningskontroll.
2.2.1.1.1.1	Felaktig montering av förankringsband vid montering av fordonet	Monteringen av förankringsbanden sker i fordonstillverkarens tillverkningslinje och montörerna har då endast tillgång till verktyg som är inställda så att banden dras med rätt moment.
2.2.1.1.1.2	Felaktig montering av förankringsband vid service	Om tanken av någon anledning bytts eller lossats i samband med service finns risk för att förankringsbanden dragits åt med ett felaktigt moment då kvalitetssäkringen bedöms vara lägre vid arbete i bilverkstad än vid tillverkning. I fordonstillverkarens register finns dock <u>inte</u> registrerat att tankarna på det aktuella fordonet skulle ha bytts. Insamlings-entreprenören har ingen uppgift om att tanken skulle ha bytts.

Bashändelse		Kommentar
Nr	Händelse	
2.2.1.1.2.1	Grus/sten mellan flaskfot och tank	<p>Grus/sten skulle vid användning av fordonet kunnat tränga in mellan flaskfot och tank i samband med omkretsförändringar hos fordonsgastanken som en följd av förändrat tryck i tanken. Sådana stenar/grus skulle kunna ge upphov till nötning.</p> <p>Några stenar/grus har inte kunnat påvisas mellan flaskfot och tank för någon annan fordonsgastank, de undersökta tankarna (som inte var inblandade i explosionerna) var dock inte placerade i direkt anslutning till den undre skyddsplåten på vilken det fanns grus och sten.</p> <p>Brottet på den exploderande tanken är i anslutning till flaskfot.</p> <p>Bedömningen är att sten/grus eventuellt kan ha funnits mellan flaskfot och tank.</p>
2.2.1.1.2.2	Grus/sten mellan skyddsplåt och mantelyta	<p>Grus och stenar mellan skyddsplåt och mantelyta finns dokumenterade på foton från höger sida på det aktuella fordonet. Skyddsplåtarna på fordonets vänstra sida är även nedsmutsade på insidan och bedömningen är att sten och grus sannolikt även funnits innanför skyddsplåtarna på fordonets vänstra sida vilket skulle kunnat ge upphov till nötning på fordonsgastanken.</p>
2.2.1.2.1	Skada uppmärksammas ej	<p>Fordonsgastankarna är dolda bakom skyddsplåtarna och kan inte lätt kontrolleras vid egenkontroll. Undersidan av skyddsplåtarna kan inte kontrolleras utan att bilen hissas upp eller tillgång till spegel eller motsvarande då avståndet mellan mark och undersida är för litet för att det ska gå att kontrollera.</p>
2.2.1.2.2	Uppmärksammas skada åtgärdas ej	<p>Fordonsförarna känner inte till att bucklor på skyddsplåtarna indikerar risk för skada på bakomliggande fordonsgastankar.</p>
2.2.2.1	Slag/kollision vid explosionstillfället	<p>Det bedöms som osannolikt att förarna skulle ha kört på något föremål på den aktuella vägsträckan. I polisutredningen finns inte några uppgifter om att något ytterligare fordon skulle ha varit inblandat i olyckan.</p> <p>Fordonsföraren uppmärksammar inget slag/kollision mot fordonet i samband med explosionen.</p>

Bashändelse		Kommentar
Nr	Händelse	
2.2.2.2.1	Kollision/slag (vid tidigare tillfälle)	Slag och skrap mot undersidan av skyddsplåtarna runt fordonskastankarna inträffade samma dag som olycksutredaren besökte insamlingsentreprenören och har även förekommit tidigare. Fordonskastankarnas frigångshöjd är sådan att det föreligger en beaktansvärd risk för slag/skrap mot skyddsplåtarna under fordonskastankarna. Genomförda kontroller av den aktuella insamlingsentreprenörens fordon har visat att 11 % av sopbilarna hade skador på fordonskastankarna.
2.2.2.2.2.1	Skada (till följd av slag/kollision) uppmärksammas ej	Fordonskastankarna är dolda bakom skyddsplåtarna och kan inte lätt kontrolleras vid egenkontroll. Undersidan av skyddsplåtarna kan inte kontrolleras utan att bilen hissas upp eller tillgång till spegel eller motsvarande då avståndet mellan mark och undersida är för litet för att det ska gå att kontrollera.
2.2.2.2.2.2	Uppmärksammas skada (till följd av slag/kollision) åtgärdas ej	Fordonsförarna känner inte till att bucklor på skyddsplåtarna indikerar risk för skada på bakomliggande fordonskastankar.
2.2.3	Tanken lossnar	Inget i undersökningarna tyder på att tanken skulle ha lossnat innan explosionen.
2.2.4	Tanken beskjuts	Polisutredningen har inte kunnat påvisa något brott. Om tanken beskjutits borde kulhål finnas i skyddsplåten runt tanken, något sådant hål har inte kunnat hittas.
2.3.1	Inre påverkan från ämnen i biogasen	Internationella studier har inte kunnat påvisa att denna typ av tankar skulle påverkas av fordonsgas. Vid undersökning av det aktuella fordonets tankar finns inget som tyder på att fordonets tankar skulle ha påverkats på insidan av biogasen.
2.3.2	Yttre påverkan från kemikalier/UV-ljus	Tankarna satt relativt skyddade mot UV-ljus bakom skyddsplåtar och var förhållandevis nya.
2.4	Utmattning	Enligt uppgift "toppfylldes" sopbilens gastankar ofta, vilket även är ett förfarande som nämns i förarhandboken (Scania, 2017). Toppfyllning innebär att fordonet först tankas varpå fordonet körs en kortare runda för att temperaturen i tankarna ska sjunka. Därefter fylls tankarna på nytt (toppas). Vid fråga till tanktillverkaren om detta kan påverka tankarnas hållfasthet har denne svarat att tankarna dimensioneras för att användas i 20 år vilket bland annat innebär att konstruktionen testas för 20 000 cykler. Även Damberg (2001) och Ashok Leyland (2012)

		<p>skriver att utmattningshållfastheten hos kolfiberlaminat generellt är mycket god.</p> <p>Vid kontakt med ett företag som genomför återkommande kontroll av andningsluftsflaskor av kolfiberkomposit (bland annat åt kommunala räddningstjänster) framgår att:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De inte känner till något fall där en kolfiberkompositflaska för andningsluft exploderat i samband med provtryckning.</li> <li>• Det är ytterst sällan de får in andningsluftsflaskor av kolfiberkomposit som är så skadade att de måste kasseras.</li> <li>• De har inte uppmärksammat något som tyder på utmattningsfenomen hos andningsluftsflaskor av kolfiberkomposit (Ottosson, 2017).</li> </ul> <p>I sammanhanget bör nämnas att kommunala räddningstjänster ofta toppfyller sina andningsluftsflaskor.</p> <p>Sannolikheten för att utmattning ska ha orsakat explosionen bedöms med anledning av ovanstående vara mycket låg.</p>
--	--	---

Slutsatsen från den genomförda felträdsanalysen är att det är mest sannolikt att tryckkärlsexplosionen inträffat som en följd av nötnings-skador eller en tidigare kollision/slag som lett till en försämrad hållfasthet i den aktuella fordonsgastanken. Sand och grus som samlats på den undre skyddsplåten kan dessutom vidarebefordra och i vissa fall koncentrera kraften från mindre islag och skrap i skyddsplåten till fordonsgastankarna. Det är även möjligt att grus som samlats på skyddsplåtarna har gett upphov till upprepade små slag mot fordonsgastankarna.

Slag och slitage mot fordonsgastankarna är dock på egen hand inte tillräckligt för att orsaka en explosion utan det krävs dessutom att systemet människa, teknik och organisation inte förmår fånga upp skadan så att den därför förblir oåtgärdad. Att en uppkommen skada förblir oåtgärdad bedöms kunna ske av två olika anledningar:

- Skadan uppmärksammas inte. Följande faktorer bedöms kunna leda till att en uppkommen skada inte uppmärksammas:
  - Rutiner för regelbunden egenkontroll av fordonsgastankarna eller rutiner för kontroll då en tank blir utsatt för kollision/slag saknas.
  - Personalen känner inte till att en fordonsgastank som blivit utsatt för slag/kollision ska kontrolleras alternativt att personalen saknar kännedom om hur de ska agera om bucklor uppstått på de skyddsplåtar som finns runt fordonsgastankarna. Enligt uppgifter från Scania skyddar inte plåtarna mot en kollision utan ett av syftena med plåtarna är att de ska bucklas så att man lätt kan se att det kan ha uppkommit

en skada på de bakomliggande fordonsgastankarna (Wilhelmsson, Muntlig uppgift, 2016).

- Fordonsgastankarna sitter dolda så att det är svårt att uppmärksamma skador på dessa.
- Fordonsgastankens konstruktion är sådan att det yttre glasfiberlaminatet kan dölja underliggande sprickbildning i kolfiberlaminatet.
- Skadan åtgärdas inte. Följande faktorer bedöms kunna leda till att en uppmärksammas skada inte åtgärdas:
  - Bristande rutiner i organisationen.
  - Otillräcklig kunskap om att en liten yttre skada kan dölja en omfattande sprickbildning i det underliggande kolfiberlaminatet.

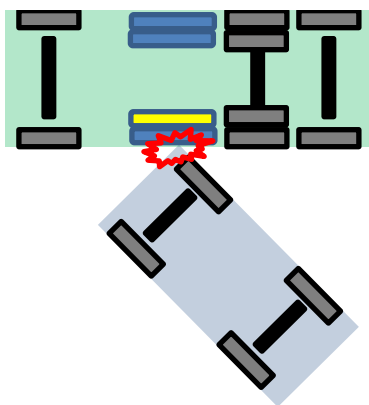
### 6.1.1 Möjliga händelseförlopp vid slag mot fordonsgastank

Eftersom ett (tidigare) slag eller en kollision mot fordonsgastanken är en möjlig orsak till att den exploderat har det bedömts som relevant att se närmare på hur ett sådant slag mot tanken skulle kunna uppkomma. Som nämndes i inledning var den tank som exploderade inledningsvis placerad längst ned och längst in av tankarna på fordonets vänstra sida (tank 1 i figur 1).

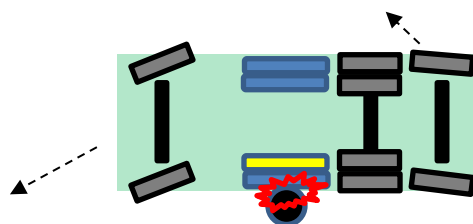
Olycksutredaren ser fem olika tänkbara händelser som skulle kunna leda till kollision med eller slag mot fordonsgastankarna:

- a) Påkörning från ett annat fordon, se figur 30.
- b) Föraren av sopbilen håller en för snäv linje i en kurva och kör emot ett föremål, se figur 31.
- c) Föraren av sopbilen grenslar ett föremål vilket resulterar i ett slag från insidan, se figur 32.
- d) Föraren av sopbilen kör över ett föremål (sten, farthinder) varefter ett islag i fordonsgastankens undersida sker, se figur 33.
- e) Körning över backkrön eller påfart på landsväg i doserad kurva, se figur 34.

Alternativ a, se figur 30, bedöms i första hand skada någon av de yttre tankarna (2 och 4) medan de inre tankarna (1 och 3) bör bli mindre skadade. En händelse av denna typ bedöms därför vara osannolik i detta fall eftersom det sannolikt hade lett till att den yttre tanken var den som fick mest skador och därmed borde ha exploderat. Även i fall b, se figur 31, som skulle kunna orsakas av att föraren håller en för snäv linje i en kurva, bedöms det vara de yttre tankarna som skadas.

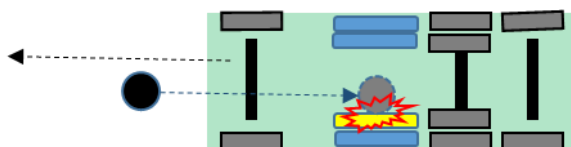


**Figur 30** En påkörning av ett annat fordon bedöms resultera i att de yttre tankarna blir mest skadade (figuren ej skalenlig).



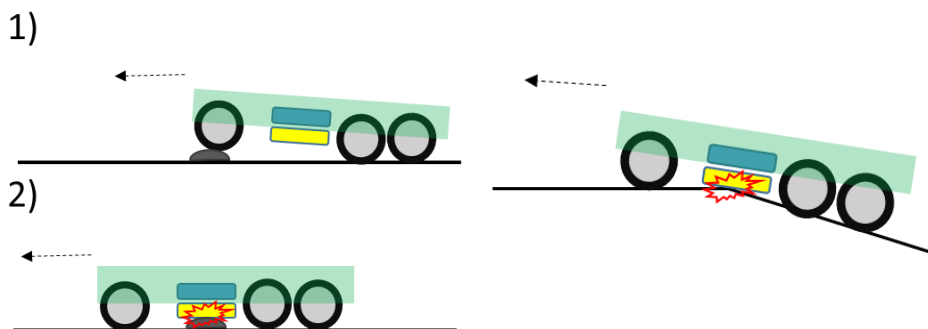
**Figur 31** Om föraren håller för snäv linje i en kurva och kolliderar med ett föremål bedöms de yttre tankarna bli mest skadade (figuren ej skalenlig).

Alternativ c, se figur 32, innebär att föraren grenslar ett hårt föremål och därefter svänger lite så att föremålet kolliderar med en av de inre fordonsgastankarna. Undersökning av ett likadant fordon har dock visat att fordonets framaxel har lägre frigångshöjd än fordonsgastankarna vilket gör att detta scenario bedöms vara osannolikt. Händelsen skulle även kunna uppkomma på körning på skogsbilvägar där det ibland kan förekomma en gräsbelagd ”mittsträng” som är högre än de två hjulspåren.



**Figur 32** Föraren grenslar ett föremål vilket resulterar i ett slag mot fordonsgastanken från insidan (figuren ej skalenlig).

Alternativ d innebär att föraren kör upp på ett föremål exempelvis en sten eller ett farthinder med framhjulet/ framhjulen. När framhjulet kommer ned på andra sidan föremålet slår undersidan av fordonsgastankarna i det aktuella föremålet, se figur 33. Denna typ av islag kan även inträffa om föraren kör ned i ett dike med fram- eller bakhjulen varvid de undre fordonsgastankarna slår i marken. På grund av fordonets låga frigångshöjd kan skador på fordonsgastankarna även inträffa vid körning i en uppförsbacke i anslutning till att backen planar ut (se figur 34). Liknande islag eller skrap mot mark kan även ske i samband med att plan mark övergår i en nedförsbacke eller då en mindre (grus)väg ansluter till en landsväg i en doserad kurva. Alternativ d och e, (figur 33-34) bedöms vara de mest sannolika när det gäller hur en skada genom slag/kollision kan uppkomma på någon av de nedre inre fordonsgastankarna.



**Figur 33** Föraren kör upp på ett föremål (sten/farthinder) med framhjulet och när framhjulet kör ned på andra sidan uppkommer ett slag underifrån mot fordonskastarna (figuren ej skalendig).

**Figur 34** Föraren kör uppför en backe som planar ut varvid de undre tankarna slår i marken.

Islag på undersidan av fordonskastarna kan även uppstå som en följd av att fordonets båda hjul är placerade på var sida om ett farthinder varefter parkeringsbromsen appliceras eftersom fordonet då automatiskt "niger" vilket medför en lägre frigångshöjd.

### 6.1.2 Utformning av farthinder

I Trafikverkets råd för vägars och gators utformning (Trafikverket, 2017) anges att ett 10 cm högt gupp med en kordalängd om 3,0 meter kan passeras av en lastbil med hastigheten 5 km/h utan att obehag inträffar. Vid längre kordalängder kan hastigheten ökas. Då det undersökta guppet är högre (13 cm) och har kortare kordalängd (2 m) än de som återfinns i råden gör detta att lämplig hastighet för att passera guppet är lägre än 5 km/h.

Då det, i utredningen, undersökta farthindret har en sammanlagd kordalängd (inklusive modifieringar) om 3,55 meter innebär detta att den aktuella sopbilens fram och bakaxel samtidigt kan befinna sig på var sida om farthindret då sopbilens axelavstånd mellan främre boggieaxel och framaxeln är 3,7 meter. Då axlarna befinner sig på var sida om farthindret är avståndet mellan ovansidan av farthindret och undersidan av skyddsplåtarna runt fordonskastarna cirka 10 cm. Eftersom fordonets hjulupphängning sannolikt kommer att fjädra i samband med att farthindret passeras bedöms det föreligga en relativt stor sannolikhet för att islag eller skrap mot skyddsplåtarna ska ske om passage av det aktuella farthindret sker med för hög hastighet.

## 6.2 Intervjuer

Av intervjuerna med olika personer hos insamlingsentreprenören framgår att något islag eller kollision inte skedde i samband med att den första fordonskastanken i sopbilen exploderade. Föraren som framförde fordonet i samband med explosionen tror själv att det är ett tidigare islag som orsakat skador på fordonskastanken och som senare fått den att explodera.



I samband med olycksutredarens besök för att ta mått på ett av sopfordonens frigångshöjd framgick att det, under den aktuella dagen, inträffat två islag i skyddsplåtarnas undersida på det undersökta fordonet. Chauffören som körde det aktuella fordonet informerade även om att det är viktigt att ta det extra lugnt över farthinder eftersom det annars finns risk för att skyddsplåtarnas undersida slår i marken, detsamma gäller vid körning på sämre vägar på landsbygden.

Vid samtal med insamlingsentreprenörens fordons- och utrustningsspecialister har framgått att 11 % av insamlingsentreprenörens fordon, vid extra kontroll, har visat sig ha skador på fordonsgastankarna och 39 % av fordonen har haft skador på skyddsplåtarna runt fordonsgastankarna.

Ytterligare uppgifter från intervjuerna återfinns i bilaga 4.

### 6.3 Lagstiftning

Transportstyrelsens nuvarande föreskrifter avseende kontroller av fordonsgastankar är motsägelsefulla. Av Transportstyrelsens föreskrift (TSFS 2013:63) framgår att regelbunden invändig och utvändig kontroll (besiktning) av fordonsgastankar ska ske och att ett intyg ska uppvisas i samband med kontrollbesiktning av fordonet. I föreskrifterna avseende kontrollbesiktning (TSFS 2010:84) finns dock ingen kontrollpunkt om att det aktuella intyget ska uppvisas och vid kontakt med Transportstyrelsen framgår att det i praktiken inte utförs någon återkommande kontroll av fordonsgastankar (Rapp, 2017). Svenska gasföreningen (2004) skriver i sin rapport om återkommande besiktning av högtryckstankar i lätta och tunga metangasdrivna fordon följande:

*VVFS 2003:22<sup>2</sup> ställer krav på återkommande kontroll av tankar i kapitel 6, 61-64 §§. Paragraferna kräver att driftprovning och en utvändig undersökning skall utföras vart annat år. Vid kontrollbesiktning vart fjärde år skall ett intyg medfölja fordonet som visar att minst en, slumpmässigt utvald, bränsletank undersökts invändigt och befunnits uppfylla ställda krav enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 1999:6). Föreskriften skrevs då det i princip inte fanns metangasdrivna personbilar i Sverige. Föreskrifterna var således anpassade efter metengasdrivna [sic!] bussar och är svåra att följa med avseende på personbilar. Det fanns heller inte tillräckliga erfarenheter i landet för att stödja regelverket (Svenska gasföreningen, 2004, s. 5).*

Utredarens bedömning är att regelbunden kontroll av fordonsgastankar inte utförs och att detta har orsakats snarare av praktiska problem att utföra själva

---

<sup>2</sup> Numera återfinns samma bestämmelse i TSFS 2013:63.

kontrollen än ett aktivt ställningstagande till att den regelbundna kontrollen är överflödigt.

I sammanhanget bör dock nämnas att den aktuella olyckan sannolikt inte hade kunnat förebyggas genom regelbunden kontroll av fordonsgastankarna då fordonet var mindre än ett år gammalt vilket innebär att fordonet sannolikt inte hade hunnit underkastas regelbunden kontroll innan explosionen inträffade. Icke desto mindre visar olyckan på att det finns ett behov av regelbunden kontroll då skador, som kan leda till explosion, kan uppkomma genom relativt långsamma förlopp som nötning mot grus/sand eller en tid efter att tanken utsatts för ett kraftigt slag. Samtidigt dimensioneras gastankarna för fordonets förväntade livslängd på upp till 25 år vilket innebär att det finns en beaktansvärd risk för att tankarna under sin livslängd utsätts för såväl slag som nötning om fordonets konstruktion inte ger tankarna ett tillräckligt skydd. Med ett ökat antal metangasdrivna fordon på vägarna ökar samtidigt sannolikheten för att fordonsgastankar på något metangasdrivet fordon ska utsättas för nötning eller slag vilket i sin tur ökar sannolikheten för att en liknande händelse kan ske på nytt och om personer då vistas i fordonets omedelbara närhet finns risk för såväl personskador som dödsfall.

Transportstyrelsen hänvisar i sina föreskrifter (TSFS 2016:22) till UN/ECE R110 när det gäller installationskrav på fordonsgastankar. Av reglementet UN/ECE R110 framgår bland annat att fordonsgastankar, när fordonet är färdigt för användning, ska befinna sig minst 200 mm ovanför vägytan (UN/ECE R110). Det fordon som olycksutredaren undersökte i samband med denna utredning uppfyller således minimikraven avseende fordonsgastankarnas frigångshöjd. Det har dock, vid andra undersökningar avseende fordonsgastankarnas frigångshöjd som genomförts efter den inträffade tryckkärlsexplosionen, uppmärksammats enstaka fordon som haft lägre frigångshöjd än 200 mm (Grenrud, Muntlig uppgift, 2017), se även bilaga 4.

## 7. Slutsatser

Slutsatserna från utredningen har delats in i tre olika avsnitt där avsnitt 7.1 behandlar direkta och bakomliggande orsaker till den initiala (första) tryckkärlexplosionen, avsnitt 7.2 behandlar orsakerna till tryckkärlexplosionen som skedde vid beskjutning av fordonsgastankarna samt avsnitt 7.3 som tar upp återkommande kontroll av fordonsgastankar.

### 7.1 Den initiala tryckkärlexplosionen

Orsakerna till den initiala explosionen har delats upp i direkta orsaker till explosionen, bakomliggande tekniska orsaker till explosionen samt bakomliggande brister i systemet människa, teknik och organisation.

#### 7.1.1 Direkta orsaker till tryckkärlexplosionen

Den undersökning som tillverkaren av fordonsgastanken har genomfört anger att skav från stenar i kombination med påkörningar sannolikt har orsakat att den första tanken exploderade.

Den genomförda olycksundersökningen har inte kunnat fastställa exakt olycksorsak men den felträdsanalys som genomförts pekar på tre möjliga olycksorsaker:

- Nötning eller upprepade mindre slag av grus/sand som funnits mellan skyddsplåt och mantelyta eller mellan flaskfot och gastank,
- Slag mot eller kollision med gastanken,
- En kombination av ovanstående två skadetyper.

Utöver ovanstående tre olycksorsaker visar felträdsanalysen på möjligheten att explosionen av fordonsgastanken inträffat som en följd av ett tillverkningsfel. Denna olycksorsak har inte undersökts i utredningen eftersom det skulle kräva kostsamma tekniska materialundersökningar vilket inte är förenligt med utredningsuppdraget. Då den aktuella fordonsgastanken uppfyller standarden UN/ECE R110 krävs dock att det samtidigt har uppstått ett tillverkningsfel och brister i den omfattande tillverkningskontrollen som bland annat omfattar provtryckning av alla tillverkade gastankar. Sammantaget gör detta att olycksutredaren bedömer sannolikheten för att ett tillverkningsfel ligger bakom explosionen som mycket liten.

Då den felträdsanalys som genomförts inom ramen för denna utredning och fordonstillverkarens undersökning ger liknande resultat blir den sammantagna slutsatsen att nötning av grus/sand under en längre tidsperiod och/eller kraftigt slag mot fordonsgastanken med stor sannolikhet har orsakat den initiala explosionen.

### 7.1.2 Bakomliggande tekniska orsaker till explosionen

Placeringen av fordonsgastankarna på den aktuella fordonstypen bedöms vara mindre lämplig då de sitter lågt och relativt oskyddade på fordonet, se figur 35-36. Insamlingsentreprenören som drabbades av den aktuella explosionen har låtit undersöka samtliga sina sopbilar av den aktuella modellen och har i samband med detta uppmärksammat att 11 % av sopbilarna har skador på fordonsgastankarna och att 39 % av sopbilarna har skador på skyddsplåtarna (Grenrud, Muntlig uppgift, 2017).

Olycksutredarens bedömning är att fordonsgastankarna på den aktuella fordonstypen kan utsättas för slag både från sidan, som en följd av kollision med andra fordon, och underifrån. Den tank som vid den aktuella olyckan exploderade först är dock skyddad av en yttre tank och det bedöms därför som mest sannolikt att ett eventuellt slag mot tanken har kommit underifrån. Islagsmärken finns på den undre skyddsplåten i anslutning till den exploderande tanken men det har inte gått att fastställa om de uppkommit före eller efter explosionen.



**Figur 35** Foto på fordonets vänstra sida. Fordonsgastankarna (markerade med streckad linje) är placerade lågt i förhållande till annan utrustning på fordonet som exempelvis batterier och skåp för utrustning.



**Figur 36 Även på fordonets högra sida är fordonsgastankarna (markerade med streckad linje) placerade lågt i förhållande till annan utrustning på fordonet. Det kan på fotot noteras att även det nedre "trappsteget" för insteg i fordonet är placerat högre upp än fordonsgastankarna.**

Sannolikheten för islag underifrån på den aktuella fordonsmodellen bedöms som förhållandevis stor då fordonsgastankarna är bland de delar av fordonet som har lägst frigångshöjd. Enligt uppgifter till olycksutredaren har dessutom islag inträffat vid flera tillfällen och undersökning av andra sopbilar av samma tillverkare har visat att en relativt stor andel har skador på fordonsgastankarna. Att skyddsplåten under fordonsgastankarna slår i marken bedöms av olycksutredaren kunna ske vid körning över farthinder, körning i backar, på ojämn mark, vid körning på skogsbilvägar samt vid passage av farthinder. I sammanhanget är det dock viktigt att poängtera att det aktuella fordonets placering av fordonsgastankarna uppfyller de minimikrav på frigångshöjd som ställs i Transportstyrelsens föreskrifter (TSFS 2013:63) och reglementet UN/ECE R110.

I en rapport från Svenska gasföreningen (2004, s. 4) framgår att det är viktigt att eventuella skärmar som ska skydda tanken mot stensprut, vägsalt och mekaniska skador vid påkörning "utformas på ett sätt så att det inte kan samlas sten eller annat skräp i skydden". Av Transportstyrelsens bestämmelser om bilar och släpvagnar som dras av bilar (TSFS 2013:63) framgår att komponenter i bränslesystemet som är placerade under fordonet ska vara skyddade mot "islag i ojämnheter, hinder eller liknande i vägbanan samt vara skyddade mot grussprut från hjul och liknande mekanisk påverkan" (TSFS 2013:63, s. 61). Att fordonet uppfyller dessa krav ska kontrolleras i samband med registreringsbesiktning eller provning för nationellt typgodkännande (TSFS 2013:63). I det aktuella fallet har utformningen av de skärmar som suttit runt tanken varit sådan att det har samlats grus och sand i skärmarna vilket

möjliggjort en nötning mot tanken. Den kontroll som utförts i samband med registreringsbesiktning eller provning för nationellt typgodkännande har således inte varit tillräcklig för att säkerställa att fordonet uppfyllt installationskraven på bränslesystemet avseende grussprut mot fordonsgastankarna. Fordonstillverkaren har efter explosionen gått ut med ett servicemeddelande att skärmarna runt tankarna ska åtgärdas så att grus och sand inte kan samlas i dessa.

Det minimiavstånd mellan fordonsgastankar och vägbana som anges i UN/ECE R110 har inte varit tillräckligt stort för att ge erforderligt skydd mot islag underifrån i samband med hämtning av hushållsavfall.

### **7.1.3 Bakomliggande brister i systemet människa, teknik och organisation**

Utöver den tekniska utformningen bedöms även faktorer i systemet människa, teknik och organisation ha bidragit till den inträffade explosionen.

Kravet, enligt reglementet UN/ECE R110, på ett minsta avstånd mellan fordonsgastankar och vägytan om 200 mm bedöms vara otillräckligt för att ge ett erforderligt skydd mot islag underifrån med hänvisning till hur det aktuella fordonet har använts. Olycksutredaren bedömer att hämtning av hushållsavfall, speciellt vid körning på mindre vägar på landsbygden, kan ställa krav på att fordon som har högre frigångshöjd än minimikravet, i UN/ECE R110, används för att undvika att slag mot fordonsgastankarna underifrån inträffar.

Av uppgifter från fordonstillverkaren framgår att syftet med de aluminiumplåtar som sitter runt fordonsgastankarna, utöver att skydda tankarna mot stensprut m.m., även är att möjliggöra upptäckt av eventuella slag/kollisioner mot tankarna. Konstruktörernas tanke har varit att de omgivande aluminiumplåtarna ska bucklas vid ett slag mot tankarna vilket ger en indikation på att bakomliggande fordonsgastank kan ha utsatts för ett slag och bör undersökas. Kunskapen om detta syfte med aluminiumplåtarna runt fordonsgastankarna tycks dock inte vara känt bland användarna av fordonet. Eftersom aluminium inte rostar, på samma sätt som stål, är det inte säkert att en buckla i aluminiumplåtarna åtgärdas lika snabbt som om bucklan hade uppstått på en lackad stålplåt. Det är därför viktigt att kunskapen om att bucklor signalerar att bakomliggande tank kan ha skadats även finns hos användarna av fordonet och inte enbart hos serviceverkstäder.

Sammantaget innebär ovanstående att fordonets utformning i kombination med hur det används gör att det bedöms som sannolikt att islag eller skrap kan ha skett på undersidan av fordonsgastankarna på det aktuella fordonet. I kombination med avsaknaden av kunskap om skyddsplåtarnas hållfasthet och funktion kan detta ha lett till att hårda slag som gett upphov till skador på fordonsgastankarna, inte har åtgärdats.

## **7.2 Den andra tryckkärlsexplosionen**

De tankar som var placerade i anslutning till den tank som exploderade initialt bedömdes i samband med räddningsinsatsen vara skadade varför det

beslutades att det skulle skjutas hål i dessa med specialammunition. De två översta tankarna uppträdde som förväntat och gasen läckte, under kontrollerade former, ut genom de tre hål som sköts i vardera gastank medan den nedre tanken, som var placerad intill den tank som exploderade initialt, kom att explodera vid beskjutning (endast tryckkärlsexplosion, ingen antändning av gasen skedde).

Vid undersökning av tanken som exploderade vid beskjutning kan konstateras att utgångshålet från beskjutningen är lokaliserat i övergången från cisternens mantelyta till den halvsfärsformade änden på tanken. Enligt de litteraturstudier som genomförts är kolfiberkompositer känsliga för spänningskoncentrationer och sådana kan uppkomma vid geometriändringar och hål (Damberg, 2001). Vid en beskjutning av behållaren kommer hålet dessutom att bli ”fult” vilket gör att en stor mängd brottanvisningar skapas och med hänvisning till trycket i behållaren har fordonsgastanken sannolikt spruckit ytterligare och förstorat hålet (Stille, 2016). Tillverkaren av fordonsgastanken framför dessutom att tanken sannolikt var försvagad som ett resultat av den initiala explosionen (Wilhelmsson, E-post, 2016).

Sammantaget orsakades den andra explosionen således sannolikt av en kombination av att fordonsgastanken var försvagad av den första explosionen samt att kulans utgångshål olyckligtvis råkade sammanfalla med en geometriförändring.

### **7.3 Regelbundna kontroller av fordonsgastankar**

Återkommande kontroll av fordonsgastankar utförs inte i Sverige. Den aktuella olyckan hade dock inte kunnat förebyggas genom en regelbunden kontroll av gastankarna då fordonet var mindre än ett år gammalt och en kontroll därmed sannolikt inte hade hunnit genomföras innan explosionen inträffade. Olyckan visar dock att skador, som kan leda till explosion, kan inträffa genom långsamma förlopp som nötning eller genom att fordonsgastanken har utsatts för ett kraftigt slag tidigare under sin livstid. I de fall då nötningsförloppet är långsammare än i det aktuella fallet, vilket bedöms vara mer sannolikt, bedöms regelbunden kontroll vara en viktig åtgärd för att upptäcka skadade tankar och på så sätt förebygga liknande tryckkärlsexplosioner. Regelbunden kontroll skulle även kunna upptäcka sådana förhållanden, exempelvis att tanken är utsatt för nötning från grus, som på sikt skulle kunna leda till skador på tanken.

## 8. Förslag till säkerhetshöjande åtgärder

Följande åtgärder föreslås för att minska sannolikheten för att en liknande olycka ska inträffa i framtiden:

Tillverkaren av den aktuella sopbilmodellen bör informera samtliga ägare av den aktuella sopbilstypen (och ägare till andra fordon av samma märke som har liknande placering av fordonsgastankarna) att dessa bör låta kontrollera fordonsgastankarna med avseende på eventuella skador.

Tillverkaren av den aktuella sopbilmodellen bör modifiera konstruktionen så att risken för slag mot fordonsgastankarna underifrån minskar. Detta görs lämpligen genom att fordonsgastankarna placeras högre upp på fordonet så att sannolikheten för islag i farthinder, stenar och liknande minskar. Alternativt kan ett kraftigt skydd som tar upp krafterna från islaget anordnas under tankarna. Om dessa åtgärder, av tekniska skäl, inte kan vidtas bör slutanvändarna av fordonet informeras om att fordonet, på grund av frigångshöjden, är mindre lämpligt för användning på sämre vägnät där det finns risk för islag underifrån.

Tillverkare av metangasdrivna fordon bör, rent generellt, placera fordonsgastankarna så att de är skyddade mot slag underifrån och påkörning. Skyddsplåtar och liknande bör vara utformade så att grus och sand inte kan ansamlas i dessa och orsaka nötning mot tankarna.

Tillverkare av metangasdrivna fordon bör dessutom tillse att det, av fordonets förarhandbok, tydligt framgår att komposittankar bör kontrolleras av särskilt utbildad personal om de kan ha utsatts för slag eller om bucklor har uppstått på omkringliggande skyddsplåtar. För ökad tydlighet bör detta, om möjligt, även framgå genom märkning på skyddsplåtarna.

Tillverkare av metangasdrivna fordon bör se till att serviceverkstäder får kännedom om att bucklor på fordonsgastankarnas skyddsplåtar kan indikera svårupptäckt underliggande sprickbildning i kolfiberlaminatet och att tankarna i sådana fall, eller vid annan misstanke om skador på tankarna, bör genomgå kontroll av särskilt utbildad personal.

Det bör, i lagstiftningen, ställas krav på obligatorisk och regelbunden utvärdig kontroll av fordonsgastankar och att kontrollen utförs av ett ackrediterat besiktningsorgan. Syftet med en sådan kontroll bör vara att säkerställa att skador som kan påverka tankarnas livslängd inte har uppstått och att inte tankarna är placerade i en sådan miljö, exempelvis utsatta för sand och grus eller kemikalier, att sådana skador skulle kunna uppkomma.

Transportstyrelsen bör säkerställa att den kontroll som görs enligt 6 kap. 63 § TSFS (2013:63) i samband med registreringsbesiktning eller provning för



nationellt typgodkännande är tillräckligt omfattande för att uppmärksamma brister i installationen som på sikt kan leda till skador på fordonsgastankarna.

Om nuvarande utveckling, med ett allt större antal personbilar som drivs av fordonsgas, fortsätter bör allmänhetens kunskap om gasdrivna fordon öka. Detta motiveras av att en sådan kunskapshöjning ökar sannolikheten för att tankar som eventuellt skadats av en yttre händelse, exempelvis slag eller kollision, kontrolleras men även genom att en ökad kunskap kan minska sannolikheten för obehöriga reparationer på gassystemet. Detta skulle exempelvis kunna ske genom att det, i kursplanen för körkort behörighet B, läggs in ett krav på att eleven ska kunna redogöra för de speciella riskerna med gasdrivna fordon och/eller genom informationskampanjer.

Arbetsgivare bör informera personal som kör metangasdrivna fordon om riskerna med slag mot fordonsgastankarna, att skador på fordonsgastankar av komposittyp kan vara svåra att upptäcka samt vad som ska göras om slag mot tankarna inträffar eller om bucklor uppstått på omkringliggande skyddsplåtar.

## Referenser

- AFS 2005:3. (u.d.). *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om besiktning av tryckbärande anordningar samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna* .
- Ashok Leyland. (2012). *Report on CNG Cylinders for Automotive Vehicle Applications*. Chennai: Product Development Ashok Leyland Ltd.
- Damberg, H. (2001). *Komposit handboken*. Stockholm: Industrilitteratur AB.
- Egardt, E. (den 27 oktober 2016). Muntlig uppgift. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Energigas Sverige. (den 19 december 2016). *Antal gasfordon i Sverige 2015*. Hämtat från Gasbilen: <http://www.gasbilen.se/>
- Energigas Sverige. (den 19 december 2016). *Är fordonsgas och motorgas (LPG) samma sak?* Hämtat från Gasbilen: <http://www.gasbilen.se/att-tank-din-gasbil/faqfordonsgas/faqmotorgas>
- Energigas Sverige. (den 10 januari 2017). *Tankställen*. Hämtat från Gasbilen: <http://www.gasbilen.se/Att-tank-din-gasbil/Tankstallen>
- Grenrud, A. (den 2 mars 2017). E-post. Sollentuna: Ragn-Sells AB.
- Grenrud, A. (den 16 februari 2017). Muntlig uppgift. Linköping: Ragn-Sells AB.
- Lindkvist, M. (2016). *Gasdrivna fordon - händelser och standarder*. Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Ottosson, A. (den 24 januari 2017). E-post. Linköping: Spiromec AB.
- Polisen. (2016). Protokoll över fordonsundersökning, diariernr: 5000-K1164815-16. Eskilstuna: Polisen, utredningsenhet Rgn Öst.
- Rapp, L. (den 3 januari 2017). E-post. Borlänge: Transportstyrelsen.
- Scania. (den 24 januari 2017). E-post med Utdrag ur Scantias förarhandbok.
- Scania CV AB. (den 24 januari 2017). *Arbete med gasfordon, utgåva 5 sv-SE*. Hämtat från Scania: [https://til.scania.com/idcplg?IdcService=DOC\\_INFO&dID=278041&dDocName=PIL\\_0001660\\_00](https://til.scania.com/idcplg?IdcService=DOC_INFO&dID=278041&dDocName=PIL_0001660_00)
- SFS 1979:596. (u.d.). Renhållningslag (1979:596).
- Stille, S. (den 27 oktober 2016). E-konversation på Insatsingenjörernas riksförbunds Facebooksida med civilingenjören i kompositteknik Stefan Stille.

- Svensk biogas. (den 19 december 2016). *Fordonsgas*. Hämtat från Svensk biogas: <http://www.svenskbiogas.se/sb/biogas/fordonsgas/>
- Svenska gasföreningen. (2004). *Återkommande besiktning av högtryckstankar i lätta och tunga metangasdrivna fordon*. Stockholm: Svenska gasföreningen.
- Sörmland Vatten AB. (den 10 januari 2017a). *Hushållsavfall*. Hämtat från Sörmland vatten: <http://www.sormlandvatten.se/renhallning/hushallsavfall/>
- Sörmland Vatten AB. (den 10 januari 2017b). *Biogas*. Hämtat från Sörmland Vatten: <http://www.sormlandvatten.se/biogas/>
- Trafikverket. (den 25 januari 2017). *Råd för Vägars och gators utformning, Trafikverkets publikation 2015:087*. Hämtat från Trafikverket: <https://trafikverket.ineko.se/se/tv000233>
- Transportstyrelsen. (den 3 januari 2017). *Fordonsuppgifter för EXE311*. Hämtat från Transportstyrelsen: <https://fu-regnr.transportstyrelsen.se/extweb/UppgifterAnnatFordon/Fordonsuppgifter>
- Transportstyrelsen. (den 19 december 2016). *Gasbilar har tankar med begränsad livslängd*. Hämtat från Transportstyrelsen: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Fordon/Fordonsregler/gastank/>
- TSFS 2010:84. (u.d.). *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om kontrollbesiktning*.
- TSFS 2013:63. (u.d.). *Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om bilar och släpvagnar som dras av bilar*.
- UN/ECE R110. (den 05 januari 2017). *Regulation No 110 of the Economic Commission for Europe*. Hämtat från EurLex: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:120:0001:0108:EN:PDF>
- Viebke, L. (den 15 december 2016). *Fiberkompositlaminering: Handbok kring konstruktion med fiberarmerade härdplatser för hobbybruk och mindre industri*. Hämtat från Fiberkompositlaminering: <http://www.carbontrikes.com/komposit/Fiberkompositlaminering.pdf>
- Wilhelmsson, J. (den 21 december 2016). E-post. Södertälje: Scania.
- Wilhelmsson, J. (den 27 oktober 2016). Muntlig uppgift. Södertälje: Scania.

# Bilaga 1: Gasdrivna fordon

2015 fanns det över 53 000 gasdrivna fordon i Sverige och under den senaste 10-årsperioden har antalet gasdrivna fordon mer än femfaldigats. Majoriteten av de gasdrivna fordonen är personbilar (49 945 st) men det förekommer även gasdrivna bussar (2 372 st) och gasdrivna tunga lastbilar (805 st) (Energigas Sverige, 2016). I Europa finns sammanlagt över 800 000 gasfordon (Lindkvist, 2016).

## Fordons-, bio- och motorgas

Fordonsgas är samlingsnamnet för gasen metan när den används för att driva fordon. Fordonsgas kan utgöras av antingen biogas eller naturgas där naturgasen är en fossil gas som hämtas ur jordskorpan medan biogasen bildas när organiskt avfall, exempelvis avloppsslam eller livsmedelsavfall, bryts ned (Svensk biogas, 2016).

Fordonsgas ska inte förväxlas med så kallad motorgas som består av tryckkondenserad gasol (propan/butan). Det är inte möjligt att använda motorgas i ett fordon för fordonsgas eller vice versa och det har inträffat flera olyckor i Sverige när personer har försökt tanka motorgasdrivna fordon med fordonsgas med hjälp av otillåtna adaptrar (Energigas Sverige, 2016). Fordon som drivs med motorgas är relativt ovanliga i Sverige medan de är relativt vanliga i bland annat Polen, Italien och Tyskland.

## Tankar för fordonsgas

Det finns fyra olika typer av tankar som används i fordon som drivs med fordonsgas. Tre av dessa består helt eller delvis av metall medan den fjärde tanktypen, vilken var den tanktyp som var inblandad i den aktuella händelsen, utgörs av plastkompositcylindrar. Den sistnämnda typen av tank består av ett inre plastskikt, en så kallad "lining", med en yttre fiberkomposit där plastskiktet har en tätande funktion medan fiberkompositen tar upp trycklasterna (Svenska gasföreningen, 2004; Ashok Leyland, 2012). Denna typ av tankar började användas 1991 och har endast drabbats av några enstaka haverier. Utöver faktiska haverier har det förekommit att tankarna har börjat läcka genom det inre plastskiktet (Svenska gasföreningen, 2004).

Erfarenheter från de kontroller som gjorts av tankar för fordonsgas i olika länder har visat att de vanligaste skadorna på tankarna är utvändiga. Inte från något land finns det dokumenterat att invändig korrosion skulle ha orsakat sådana skador på gastankarna att det skulle ha funnits en olycksrisk. Enligt Svenska gasföreningen, fanns det fram till 2004, inte heller några dokumenterade fall där fordonsgasen skulle ha påverkat det inre tätande plastskiktet i en plastkompositcylinder på sådant sätt att det funnits en ökad risk för olycka (Svenska gasföreningen, 2004).

## Bilaga 2: Fiberkompositer

Med fiberkomposit avses vanligen en plast (polymer) armerad med någon form av fiber där de vanligaste är glas-, aramid- eller kolfiber. I kompositmaterialet samverkar två eller flera olika material för att få fram de egenskaper som önskas och fibrernas syfte är att armera plasten så att den blir styvare och får en högre hållfasthet. Egenskaperna hos en fiberkomposit varierar beroende på vilken fiber och plast som används, hur fibrerna är orienterade, andelen fibrer och bindningarna mellan fiber och plast. Generellt kan sägas att ju mer fibrer desto starkare och styvare blir konstruktionen (Damberg, 2001; Viebke, 2016).

### Glasfiber

Glasfiber är det vanligaste armeringsmaterialet i fiberkompositer och har förekommit sedan 1930-talet. Glasfiber har såväl hög draghållfasthet som god korrosionsbeständighet samtidigt som det är en god elektrisk isolator och har ett lågt pris (Damberg, 2001).

### Kolfiber

Kolfibrer har en mycket hög styvhet, hög elasticitetsmodul, hög hållfasthet, hög elektrisk ledningsförmåga, goda utmattningsegenskaper samt låg längdutvidgningskoefficient. Kolfibrer är elektriskt ledande och kan orsaka galvanisk korrosion om de kommer i direktkontakt med exempelvis aluminium eller stål (Damberg, 2001; Viebke, 2016).

### Matrismaterial

Matrismaterialet är normalt en termo- eller härdplast och matrismaterialets uppgift är att binda samman fibrerna samt ta upp och vidareförmedla skjuvbelastningar mellan de olika fibrerna. Det är viktigt att matrismaterialet är valt så att det tål den miljö som den kan komma att utsättas för med avseende på kemikalier och solljus (Viebke, 2016).

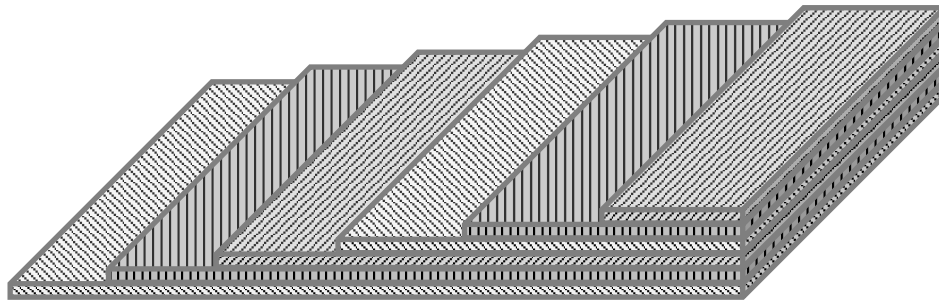
### Uppbyggnad av fiberkompositer

I enkelriktade fiberkompositer, se figur 37, har alla fibrer en och samma riktning. Detta leder till att den största hållfastheten uppnås i fiberriktningen medan hållfastheten (inkl. utmattningshållfastheten) i övriga riktningar är sämre (Damberg, 2001).



Figur 37 Laminat med enkelriktade fibrer (Damberg, 2001).

För att uppnå hållfasthet och styvhet i fler än en riktning kan laminat med flera olika fiberriktningar användas, se figur 38.



**Figur 38 Flerriktat laminat uppbyggt av flera skikt med tre olika fiberriktningar (Damberg, 2001)**

## Hybridkomposit

Genom att blanda glas- och kolfiber i de enskilda skikten eller varva skikt med olika fibermaterial erhålls en så kallad hybridkomposit. Genom en användning av en blandning av kol- och glasfiber kan exempelvis en högre slaghållfasthet erhållas jämfört med en ren kolfiberkomposit (Damberg, 2001).

## Konstruktion av tryckkärl i kompositmaterial

Ett tryckkärl kan betraktas som en rotationssymmetrisk konstruktion och sådana bör ha minst två (och helst tre) olika fiberriktningar (Damberg, 2001).

## Hållfasthet och skador på fiberkomposit

Fiberkomposit är, till skillnad från exempelvis stål och aluminium, anisotropa vilket innebär att materialegenskaperna varierar i olika riktningar. Detta innebär utmaningar för de som ska konstruera ett föremål av fiberkomposit eftersom fiberriktningen måste följa den riktning som de förväntade lasterna i föremålet kommer att ta (Damberg, 2001).

Till skillnad från metaller kan kompositmaterial inte plasticeras vid belastning vilket gör att de är känsliga för spänningskoncentrationer som kan uppkomma vid geometriändringar som exempelvis hål och tjockleksförändringar. Kolfibrer, som möjliggör mer styva konstruktioner än glasfiber, är extra känslig för dessa spänningskoncentrationer (Damberg, 2001). Trots att styrkan och styvheten hos konstruktioner av fiberkomposit ofta är större än hos motsvarande metallkonstruktion så är fiberkomposit ofta känsligare än metaller för punktbelastningar. Detta gäller speciellt för komposit som är armerade med mycket starka fibrer, exempelvis kolfibrer (Viebke, 2016).

De flesta skador på fiberkomposit orsakas oftast som en följd av överkan riktad vinkelrätt eller nästan vinkelrätt mot materialet. Särskilt kanter är känsliga för denna typ av skador och som skydd kan ytskikt av syntetfiber exempelvis akryl, polyester eller aramidfibrer (kevlar) användas (Damberg, 2001).

## Skador på fordonsgastankar

En vanlig orsak till skador på tankar för fordonsgas är felaktigt montage eller återmontage av tankarna. Det är viktigt att fästanordningarna för tankarna alltid monteras med rätt åtdragningsmoment. Eventuella skärmar eller sköldar som ska skydda tanken mot stensprut, vägsalt eller mekaniska skador vid påkörning måste utformas så att det inte kan samlas sten eller annat skräp i skydden. Vid skador på skydden är det viktigt att tanken omgående inspekteras eftersom det finns risk för att även tanken kan ha blivit skadad. Samtidigt kan skador på kolfiberkomposittankar vara mycket svåra att upptäcka på grund av att en liten skada på ytan kan dölja en omfattande sprickbildning under ytan (Svenska gasföreningen, 2004).

Vid monteringen av en tank är det viktigt att tanken inte monteras så att den är i kontakt med skärmar, sköldar, bromsslangar, vajrar eller balkar eftersom sådana kan orsaka skärskador i kompositskalet. Tanken måste även monteras så att den inte kan utsättas för skrapskador vid ovarsam körning (Svenska gasföreningen, 2004).

Glasfiberkomposittankar är känsliga för spänningskorrosion som kan uppstå om tanken utsatts för någon stark kemikalie, exempelvis en syra (från batterier). Spänningskorrosion kan även uppstå i glasfiberkomposittankar om tanken monteras direkt i metallband utan något isolerande distansmaterial då den rost som kan bildas under metallbanden kan vålla ett syraangrepp på tanken (Svenska gasföreningen, 2004).

## Bilaga 3: Periodisk kontroll av fordonsgastankar

Olika länder har tillämpat olika strategier för att genomföra periodisk kontroll av fordonsgastankar och internationella erfarenheter har visat att regelbunden provtryckning av fordonsgastankar är en mycket osäker metod för att fastställa återstående livslängd på en fordonsgastank och då speciellt för tankar av komposittyp. Det har inte i något fall gått att påvisa en skada med tryckprovning som inte har kunnat påvisas med visuell inspektion. Provtryckning av en tank kräver vidare att tanken demonteras och återmonteras samtidigt som studier från USA har visat att en stor del av de skador som upptäcks på tankar är orsakade av en felaktig montering. En demontering för att genomföra provtryckning av tanken med en efterföljande återmontering innebär därmed en ökad sannolikhet för att en skada ska uppkomma. Sammantaget har detta inneburit att de flesta länder numera tar avstånd från tryckprovning som testmetod (Svenska gasföreningen, 2004).

Den strategi som många länder tillämpar när det gäller besiktning av tankarna bygger på att tankarna dimensioneras för fordonets förväntade livslängd (i regel 15-25 år), att tankarna och gassystemet utsätts för en omfattande tillverkningskontroll samt en regelbunden yttre kontroll av tankarna (Svenska gasföreningen, 2004).

### Europeisk standard

I standarden UN/ECE R110 som bygger på en ISO-standard återfinns följande bestämmelse om regelbunden kontroll av gastankar:

#### *Periodic requalification*

*Recommendations for periodic requalification by visual inspection or testing during the service life shall be provided by the cylinder manufacturer on the basis of use under service conditions specified herein. Each cylinder shall be visually inspected at least every 48 months after the date of its entry into service on the vehicle (vehicle registration), and at the time of any reinstallation, for external damage and deterioration, including under the support straps. The visual inspection shall be performed by a competent agency approved or recognised by the Regulatory Authority, in accordance with the manufacturer's specifications: Cylinders without labels containing mandatory information, or with labels containing mandatory information that are illegible in any way shall be removed from service. If the cylinder can be positively identified by manufacturer and serial number, a*



*replacement label may be applied, allowing the cylinder to remain in service (UN/ECE R110, s. 120/36).*

Av standarden framgår således att det är tanktillverkaren som bör lämna rekommendationer för kontroll av tanken men även att återkommande visuell kontroll bör utföras med högst 48 månaders mellanrum.

## **Svensk lagstiftning**

I Sverige genomförs regelbunden yttre kontroll av tankarna i samband med att fordonet kontrollbesiktigas i enlighet med fordonslagen och fordonsförordningen. Enligt Transportstyrelsens föreskrifter om kontrollbesiktning ska bland annat bränsletank, tankband och bränslerör kontrolleras med avseende på fastsättning, täthet och skador genom okulärkontroll underifrån och detta gäller samtliga fordon oavsett bränsleslag. För bilar som drivs med fordonsgas ska detektering dessutom ske av eventuellt gasläckage med hjälp av ett särskilt instrument. Vid ”något läckage”, ”påtagligt bristfällig fastsättning” eller ”påtaglig skada” på någon komponent i bränslesystemet ska den som utför kontrollbesiktningen förelägga ägaren att inom en viss tid låta fordonet genomgå ny kontrollbesiktning eller reparera fordonet vid en ackrediterad verkstad. Om bränsletanken riskerar att lossna eller om ett eventuellt läckage är så stort att det föreligger risk för brand ska körförbud meddelas (TSFS 2010:84).

Utöver ovanstående kontroll som genomförs i samband med själva kontrollbesiktningen ska det, enligt Transportstyrelsens föreskrifter (TSFS 2013:63), vartannat år medföras ett intyg till kontrollbesiktningen om att bränslesystemet driftprovats och undersökts utvändigt samt att det uppfyller de krav som anges i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om besiktning av tryckbärande anordningar (AFS 2005:3). Vart fjärde år ska det, till kontrollbesiktningen, dessutom medföras ett intyg om att minst en slumpmässigt vald tank undersökts invändigt (TSFS 2013:63). Enligt Svenska gasföreningen skrevs den aktuella föreskriften från Transportstyrelsen då det i princip endast fanns metangasdrivna bussar i Sverige och föreskriften är därför svår att tillämpa med avseende på personbilar (Svenska gasföreningen, 2004). I det kontrollprogram som finns i Transportstyrelsens föreskrifter om kontrollbesiktning av fordon (TSFS 2010:84) och som behandlar vilka system och komponenter som ska kontrolleras i samband med kontrollbesiktningen finns ingen punkt som handlar om ovanstående intyg.

Vid kontakt med Transportstyrelsen framgår att bestämmelsen i TSFS 2013:63 om att intyg ska medtas till kontrollbesiktningen har sitt ursprung i en föreskrift från Vägverket, VVFS 2003:22, och att den aktuella bestämmelsen borde ha upphävts för flera år sedan då den, enligt uppgift från Transportstyrelsen, i praktiken aldrig har tillämpats. Enligt uppgifter från Transportstyrelsen pågår det för tillfället ett arbete med att förändra bestämmelserna i TSFS 2010:84 så att föreskriften kommer att ställa krav på utvändigt kontroll på gastankarna i samband med kontrollbesiktningen även om denna kontroll sannolikt inte kommer att bli lika omfattande som i TSFS 2013:63 (Rapp, 2017).

När en gastank nått sin, av tanktillverkaren, angivna livslängd (se figur 39) har fordonsägaren tre val: Byta gastankarna, skrota bilen eller, om fordonet har denna möjlighet, koppla ur gasdriften och enbart köra på annat bränsle (Transportstyrelsen, 2016).



**Figur 39** Märkning på en av olycksfordonets gastankar som anger sista användningsdag.

## Regelverk i icke EU-länder

I USA, där det finns cirka 153 000 fordon som drivs med fordonsgas, finns en standard som anger att kontroll av gastankarna ska genomföras vart tredje år eller efter knappt 8000 mil (Lindkvist, 2016).

I Iran där man sedan 1985 har erfarenhet av naturgasdrivna fordon och där det 2013 fanns cirka 3 200 000 fordonsgasdrivna fordon har man tagit fram egna standarder för gasfordon baserade på de ISO-standarder som finns på området. I de Iranska standarderna finns specifikationer på hur återkommande besiktningar ska utföras och det har även öppnats ett särskilt institut där inspektörer av gasfordon utbildas. I Iran framhålls fyra faktorer som väsentliga för att upprätthålla säkerheten i naturgasdrivna fordon:

1. Att komponenter som är utsatta för högt tryck följer gällande standarder.
2. Att de säkerhetsrutiner som finns för gastankningsstationer följs.
3. Att gastankar omfattas av periodiska kontroller.
4. Att allmänhetens kunskap om naturgasdrivna fordon ökar och då främst i avsikt att undvika obehöriga reparationer och installationer på naturgasdrivna fordon (Lindkvist, 2016).

## Bilaga 4: Intervjuer

I bilagan redogörs kortfattat för samtalen med sopbilsförare och arbetsledningen hos insamlingsentreprenören.

### Sopbilchauffören

Av intervjun med den förare som framförde det fordon vars fordonsgastank exploderade framgår att han inte är ordinarie förare utan ”hoppas in” när det behövs extra personal vid exempelvis sjukdom. Av intervjun framgår vidare att personalen, lite beroende på väderlek, ofta sitter i fordonet när det tankas. I de fall tankning sker kvällstid, i slutet av arbetspasset, ”toppas” ofta tanken på morgonen för att få i mer gas för att fordonet på så sätt ska få en ökad räckvidd. Föraren uppger att ”toppning” inte förekommer i de fall tankning sker under pågående arbetspass.

Föraren känner inte till att ett av syftena med skyddsplåten är att bucklas för att på så sätt indikera att tanken kan ha utsatts för slag.

Föraren känner inte till att det aktuella fordonet skulle ha fått några slag underifrån mot gastankarna.

Chauffören tror själv att det är ett gammalt islag underifrån som orsakat explosionen i den första fordonsgastanken.

### Lokal arbetsledning

Vid intervjun med representant för arbetsledningen vid Ragn-Sells AB i Katrineholm framgår att kunskapen om fordonsgasinstallationerna i fordonet generellt var låg inom företaget innan olyckan. Detta innebar bland annat att arbetsledningen inte hade kännedom om att ett av syftena med skyddsplåtarna runt fordonsgastankarna var att bucklas så att eventuella slag mot tankarna skulle upptäckas i efterhand. Vid intervjun framgick dock att en, till följd av kollision, skadad fordonsgastank har uppmärksamats på en av företagets sopbilar i Norrköping just tack vare att en av skyddsplåtarna hade bucklats.

Om skador uppstår på fordonen finns rutiner för hur dessa ska hanteras.

Det finns inga rutiner för att genomföra egenkontroll av fordonsgastankarna eller skyddsplåtarna regelbundet. Det genomförs ”daglig tillsyn” av fordonen men denna omfattar inte fordonsgastankarna på grund av att det inte går att kontrollera tankarnas status bakom skyddsplåtarna samt att det inte går att kontrollera skyddsplåtarnas undersida på något enkelt sätt då avståndet mellan mark och skyddsplåtens undersida är så litet att det krävs att fordonet hissas upp för att det ska vara möjligt att kontrollera undersidan.

Arbetsledningen upplever att kunskapsnivån även hos Scantias serviceverkstäder avseende gasfordon är låg. När olyckan inträffade försökte företagets arbetsledning få tag på personer med kunskap om fordonet för att

koppla dessa till räddningsledningen. För att få tillgång till mer kompetens om fordonet ringdes därför den lokala serviceverkstadens journummer varpå en fordonstekniker svarade, denne hade dock endast begränsad kunskap om fordonsgasinstallationerna i fordonet.

Av intervjun framgick att 4 av 5 sopbilar i Katrineholms kommun körs ute på landsbygden där vägnätet bitvis är av sämre kvalitet. I vissa fall är vägutformningen sådan att det finns en relativt stor risk att fordonets underrede slår i marken, se figur 40-41.



**Figur 40** Vid hämtning av hushållsavfall är avståndet mellan skyddsplåtarna och marken ibland litet (Foto: Ragn-Sells AB)<sup>3</sup>.



**Figur 41** Samma plats som i figur 27 fotograferad från en annan vinkel (Foto: Ragn-Sells AB)<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Det har, inom ramen för utredningen, inte med säkerhet kunnat fastställas om manuell justering av fordonets fjädring har genomförts eller ej i samband med fotograferingstillfället.

I samband med intervjun framgick även att det har hänt att anställda vid företaget har hittat stenar med en diameter om 4-5 cm på skyddsplåten under fordonets gastankar.

## **Annan sopbilschaufför**

I samband med undersökningen av en sopbil av samma modell som den som var inblandad i explosionen frågade olycksutredaren föraren av detta fordon om han kände till något fall då slag har skett mot undersidan av skyddsplåtarna. Han berättar då att han under det aktuella arbetspasset (samtalet skedde omkring klockan 14:00) haft ett slag och ett skrap, se figur 42, mot undersidan av skyddsplåtarna runt fordonsgastankarna. Det första slaget uppstod då han skulle köra över en snövall varpå undersidan av den högra skyddsplåten slog i snövallen. I det andra fallet skrapade undersidan av den vänstra skyddsplåten i marken i samband med att en uppførsbacke började plana ut.



**Figur 42** Färska skrapmärken på undersidan av den bakre delen av den vänstra skyddsplåten.

I sammanhanget bör nämnas att samtliga av ovanstående händelser inträffade vid körning i tätort på vägar av relativt god utformning (jämfört med enskilda vägar på landsbygden).

## **Samtal med fordonsspecialister**

Insamlingsentreprenörens fordons- och utrustningsspecialister informerade om att det, efter olyckan, har genomförts kontroller av fordonsgastankarna på de flesta (44 stycken) sopbilar av den aktuella modellen hos insamlingsentreprenören. Dessa kontroller visade att 11 % av sopbilarna hade fordonsgastankar som var så skadade att de behövde bytas ut och att 39 % av

fordonen uppvisade skador, exempelvis skrapmärken eller bucklor, på skyddsplåtarna runt fordonsgastankarna. Samtliga fordon som omfattades av den extra kontrollen är mellan ett och två år gamla (Grenrud, Muntlig uppgift, 2017).

Insamlingsentreprenören uppger att de upplever problem med markfrigången på de aktuella fordonen och att det vid kontroll av fordon har visat sig att fordonsgastankarna på vissa bilar endast hade 175 mm frigångshöjd även om majoriteten hade 200 mm frigångshöjd (Grenrud, Muntlig uppgift, 2017). Insamlingsentreprenören informerades, i samband med offert eller ordererkännande, inte av fordonsleverantören att den fordonsgasdrivna versionen av sopbilen i praktiken har ungefär halva frigångshöjden jämfört med en dieseldriven sopbil och har inte heller fått någon information om att den aktuella fordonstypen skulle ha några särskilda begränsningar avseende användning som en generell sopbil (Grenrud, E-post, 2017).

Då fordonets parkeringsbroms appliceras ”niger” fordonet automatiskt, för att underlätta i och urstigning, och fordonsgastankarnas frigångshöjd är då cirka 160 mm. När parkeringsbromsen lossas återgår fordonet automatiskt till normal frigångshöjd. (Grenrud, E-post, 2017).

Sannolikheten för islag och skrap i skyddsplåtar och tankar bedöms av företaget vara förhållandevis stor och kan bland annat inträffa då fordonen, från en mindre grusväg, ska köra upp på en landsväg i en doserad kurva eller om föraren aktiverar parkeringsbromsen med hjulaxlarna placerade på var sida om ett farthinder. Enligt uppgifter från fordonstillverkaren till insamlingsentreprenören ska minsta tillåtna avstånd mellan fordonsgasflaskor och mark vara 20 cm men insamlingsentreprenören ifrågasätter om detta avstånd är tillräckligt för den aktuella fordonstypen med hänvisning till det stora antalet fordon som uppvisar skador (Grenrud, Muntlig uppgift, 2017).

Insamlingsentreprenörens representanter bedömer själva att olyckan har orsakats av att sten, grus och sand har ansamlats innanför skyddsplåtarna runt fordonsgasflaskorna och att en sten sedan koncentrerat kraften till en mindre punkt då skyddsplåten slagit i marken. Insamlingsentreprenören bedömer att kombinationen av fordonsgastankar av kolfiberkomposit och den låga markfrigången är särskilt olycklig och hade föredragit en konstruktion med ståltankar (Grenrud, Muntlig uppgift, 2017).

Av de 44 fordon av den aktuella fordonstypen som insamlingsentreprenören använder har 4 fordon i nuläget åtgärdats så att sannolikheten för att sten och grus ska ansamlas innanför skyddsplåtarna minskat (Grenrud, Muntlig uppgift, 2017).

Insamlingsentreprenören uppger att, de vid leverans av fordonen, helt saknat information och instruktioner från tillverkaren avseende gasinstallationerna i fordonen. Efter att olyckan inträffade har insamlingsentreprenören ställt krav på att information och instruktioner ska införas i Ragn-Sells egna fordonspärm (Grenrud, Muntlig uppgift, 2017).

## **Bilaga 5: Felträdsanalys**

En grafisk presentation av felträdsanalysen återfinns på nästa sida.

