



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Olycksutredning

Utsläpp av vätgas vid vätgasanläggning

Mariestad 2 och 25 mars 2022



**Utsläpp av vätgas vid vätgasanläggning – Mariestad 2 och 25 mars
2022**

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
Enhet: Enheten för lärande från olyckor

Foto omslag: MSB

Publ nr: MSB2611 – september 2025
ISBN: 978-91-7927-642-3

Förord

Vätgas som drivmedel till fordon är fortfarande en relativt ny företeelse. De vätgasanläggningar för fordonsbränsle som fanns i Sverige år 2022 var få till antalet. Dessa var i huvudsak att betrakta som pilotanläggningar där tekniken kring vätgasproduktion, lagring och tankning till stora delar höll på att utvecklas. Olyckor som berör vätgas är därför viktiga att utreda för att få kunskaper och erfarenheter kring tekniska lösningar, händelseförlopp, säkerhetssystem och räddningsinsatser. MSB visade intresse för de två olyckorna med utsläpp av vätgas som inträffade i mars 2022 på vätgasanläggningen i Mariestad. Båda olyckorna ses som allvarliga även om de inte medförde någon brand, explosion eller några personskador. Vätgas är förenat med särskilda risker och fysiska egenskaper som gör att det finns säkerhetsmässiga utmaningar vid hantering och lagring. För att få mer kunskap och erfarenheter från de två olyckorna med vätgas i Mariestad beslutade MSB att genomföra en olycksutredning med fokus på händelseförlopp, teknisk uppbyggnad samt orsaker.

Enheten för lärande från olyckor

Avdelningen för räddningstjänst och skydd av befolkningen

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING	6
1.1 Syfte och uppdrag	6
1.2 Avgränsningar	6
1.3 Utredarna	7
1.4 Utredningens genomförande	7
2 BAKGRUND	8
2.1 Fakta om vätgas	8
2.2 Geografisk placering	9
2.3 Omkringliggande verksamheter	10
2.4 Övergripande beskrivning av vätgasanläggningen	10
3 BESKRIVNING AV VÄTGASANLÄGGNINGEN	13
3.1 Produktionsdelen	13
3.2 Tankstationen	17
4 HÄNDELSEBESKRIVNINGAR	19
4.1 Gasutsläpp vid tankstationen 2 mars 2022	19
4.2 Gasutsläpp med räddningsinsats vid produktionsdelen 25 mars 2022	20
5 ANALYS	23
5.1 Orsaker till gasutsläppet den 2 mars	23
5.2 Orsaker till gasutsläppet den 25 mars	25
5.3 Andra aspekter på utsläpp av vätgas	34
5.4 Analys av räddningsinsatsen den 25 mars	35
6 SLUTSATSER	37
6.1 Vätgasutsläppet i tankstationen den 2 mars	37
6.2 Vätgasutsläppet i produktionsdelen den 25 mars	37

Sammanfattning

Vid en vätgasanläggning i Mariestad inträffade två olika utsläpp av vätgas under mars 2022. Anläggningen bestod av en solcellspark, en produktionsdel och en tankstation för fordon. I anläggningen fanns även vätgaslager. Byggnaderna var av typen containersystem. Solcellsparken försörjde produktionsdelen med elenergi. Stora delar av vätgasanläggningen är avvecklad år 2025. Endast tankstationen finns kvar men har flyttats till annan plats i samma område.

Båda utsläppen innebär att brandfarlig och explosiv vätgas läckte ut utomhus nära andra verksamheter. Vätgas är väldigt lättantändlig men också en mycket lätt gas som snabbt stiger och späds ut i det fria. Ingen brand eller explosion inträffade.

Det första utsläppet inträffade den 2 mars då en förbipasserande privatperson hörde ett högt visslande ljud från anläggningen. Personen kontaktade då företaget som skickade ut personal. Läckaget hade inträffat vid en rörkoppling till en högtryckstank på 950 bar. Utsläppet gick inte att stoppa, det beslutades att hela innehållet på cirka 80 kg vätgas i högtryckstanken skulle tömmas ut kontrollerat. Räddningstjänsten larmades inte till denna händelse.

Den 25 mars inträffade ett nytt utsläpp när ett rör lossnade från en rörkoppling i en annan del av anläggningen. Räddningstjänsten larmades då genom ett automatiskt gaslarm klockan 11:08. Vid framkomst konstaterades ett pågående utsläpp. Läckaget hade inträffat i ett gaslager som bestod av 44 sammankopplade gasflaskor. Då det inte fanns några ventiler mellan gasflaskorna gick det inte att stoppa utsläppet utan hela gaslagret på omkring 32 kg tömdes på vätgas. Räddningstjänsten och personal från anläggningen försökte mäta gaskoncentrationerna för att bedöma brand- och explosionsriskerna. Gasdetektorer kopplade till den automatiska larmanläggningen visade på låga värden.

Orsakerna till det första utsläppet har inte kunnat klarläggas men det är känt att det hade genomförts underhållsarbete vid högtryckstanken innan olyckan.

Vid det andra utsläppet lossnade ett rör och utredarnas bedömning är att orsakerna var brister i monteringen av en rörkoppling. Muttern till kopplingen har varit otillräckligt åtdragen och röret har inte varit tillräckligt instuckat i kopplingen. Det framkom också att det inte hade genomförts någon fullskalig provtryckning med säkerhetsfaktor av gassystemet innan det togs i drift.

Anläggningens gasdetektor som räddningstjänsten använde för bedömning av gashalt hade troligen blivit ”mättad” när den utsattes för en hög koncentration av vätgas och slutade då att visa tillförlitliga värden. Detta medförde att räddningstjänstens personal då sannolikt utsattes för en högre risk än förväntat då de inledningsvis befunnit sig inom riskområde.

1 Inledning

Under mars 2022 inträffade två olika utsläpp av vätgas vid en vätgasanläggning med vätgasproduktion och tankstation i utkanten av Mariestads tätort. MSB fick kännedom om händelserna och inledde dialog med den kommunala räddningstjänsten och senare även med ansvarig aktör för vätgasanläggningen. Dialogen avsåg hur MSB kunde få del av erfarenheter och lärdomar kring händelserna. Detta resulterade i att MSB beslutade att genomföra en olycksutredning för att få klarhet om händelserna och orsakerna bakom vätgasutsläppen. Beställare av utredningen är chefen för Enheten för lärande från olyckor på MSB.

1.1 Syfte och uppdrag

Syftet med olycksutredningen är att få en beskrivning av händelserna, få underlag för utveckling av säkerheten kring vätgashantering samt få en del erfarenheter från räddningsinsatsen vid utsläppet den 25 mars.

Utredning ska bland annat belysa följande aspekter:

1. **Händelseförlopp och troliga orsaker**
Utredningen ska ge en bild av händelseförloppen och troliga orsaker till de båda utsläppen.
2. **Provtryckning och material**
Utredningen ska ge en övergripande bild av hur provtryckning och kontroller av anläggningens täthet skett innan idrifttagandet samt vilka typer av rörkopplingar som använts vid läckageplatserna och om de varit avsedda för vätgas.
3. **Montering**
Utredningen ska ge en övergripande bild av hur montering av rörkopplingar för vätgas skett i anläggningen.

Utredningsuppdraget har omarbetats och minskats ner en del under utredningsarbetets gång.

1.2 Avgränsningar

Utredningen ska i första hand inte presentera några åtgärdsförslag. Men i de fall åtgärdsförslag ändå kommer fram under utredningsarbetet ska de främst avse åtgärder som skulle kunna förbättra skyddet för produktionsanläggningar och tankstationer för vätgas.

Utredningen ska inte omfatta hela räddningsinsatsens genomförande men ska ge en kort sammanfattning av larmning och det inledande skedet av räddningsinsatsen.

1.3 Utredarna

Olycksutredningen har genomförts av Ulf Bergholm och Mattias Strömgren vid Enheten för lärande från olyckor på MSB. Båda arbetar med frågor kopplade till olycksutredning och lärande med utgångspunkt från kommunal räddningstjänst.

Ulf Bergholm har arbetat med olycksutredningar sedan 2006 ifrån kommunal räddningstjänst och på senare år nationellt. Han undervisar i nationella utbildningar i olycksutredning samt har erfarenhet ifrån operativ räddningstjänst under 25 år.

Mattias har över 20 års erfarenhet kring olycksutredning och lärande samt undervisar i nationella utbildningar i olycksutredning. Han har även forskarstuderat inom olycksutredning samt har erfarenheter från operativ räddningstjänst.

1.4 Utredningens genomförande

Utredning har genomförts genom intervjuer, olycksplatsundersökning, dokumentgranskning och analys av insamlad information. De primära datakällorna som använts har varit:

- Intervjuer med företrädare för Mariestads Energi AB
- Intervjuer med företrädare för Räddningstjänsten Skaraborg
- Platsbesök 2022-05-05
- Dokumentation över anläggningen
- Manualer och instruktioner för rörkopplingar
- Visuellt undersökning av rör och rörkopplingar

Det ena händelseförloppet har analyserats med hjälp av metoden MTO-analys.

Arbetet med olycksutredningen har pågått under lång tid och prioritering av andra arbetsuppgifter har medfört att arbetet legat vilande under längre perioder.

Utredningen präglas av en del osäkerheter i analyser och tillgängliga data. Framför allt har datakällorna varit få och det har varit svårt att verifiera vissa uppgifter.

De begränsningar som funnits i utredningsarbetet kan ha viss betydelse för resultaten av olycksutredningen, framför allt med viss reservation för detaljerade tekniska aspekter. Sammantaget bör ändå olycksutredningsrapporten kunna bidra med viktiga erfarenheter för säkerheten kring vätgasinstallationer.

2 Bakgrund

I detta avsnitt redovisas grundläggande fakta om vätgas samt en övergripande bild av vätgasanläggningen och det geografiska området.

2.1 Fakta om vätgas

Väte¹ är det lättaste grundämnet och är en extremt brandfarlig gas med låg densitet. Det antänds mycket lätt och brinner med en i stort sett osynlig låga och med en temperatur på omkring 2000 °C. Vätgas har mycket låg antändningsenergi, har stort brännbarhetsområde och kan bilda explosiva blandningar i luft.

Blandningar mellan luft och vätgas kan ge stor tryckuppbyggnad vid gasmolnexplosioner och det finns risk för detonation vid vissa situationer.

Energiinnehållet är per viktenhet större än för något annat bränsle men per volymenhet så blir energiinnehållet lågt. Eftersom gasen har lågt energiinnehåll per volymenhet så krävs det stor lagringsvolym eller höga tryck, upp mot 900 bar, för att kunna lagra större energimängder. Gasen kan även kylas ner till vätska vid temperaturer under -253 °C. Vätgas kan i vissa fall gå in i metaller och orsaka väteförsprödning vilket kan leda till läckage. Eftersom vätgasmolekylen är väldigt liten så är den också svår att innesluta och kan därför, lättare än andra gaser, spridas genom konstruktioner eller material. Vätgas är dessutom luktfri och saknar lukttillsats.

Tabell 1. Egenskaper för vätgas

Vätgas (hydrogen)	H ₂
Kokpunkt	-253 °C
Flampunkt	-240 °C
Brännbarhetsområde	4–75 vol. % Vid 18–58 % finns ökad risk för detonation
Färg	Färglös
Lukt	Luktfri
Vattenlöslighet	Svårslöslig i vatten
Densitetstal	0,1 (Luft = 1,0)

Källa: MSB RIB, Light Water Reactor Hydrogen Manual 1983.

¹ Källor:

Nationalencyklopedin, väte. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/väte> (hämtad 2023-10-16);

Vätgas Sverige, Vad är vätgas?. <https://vatgas.se/fakta/vad-ar-vatgas/> (hämtad 2023-10-16);

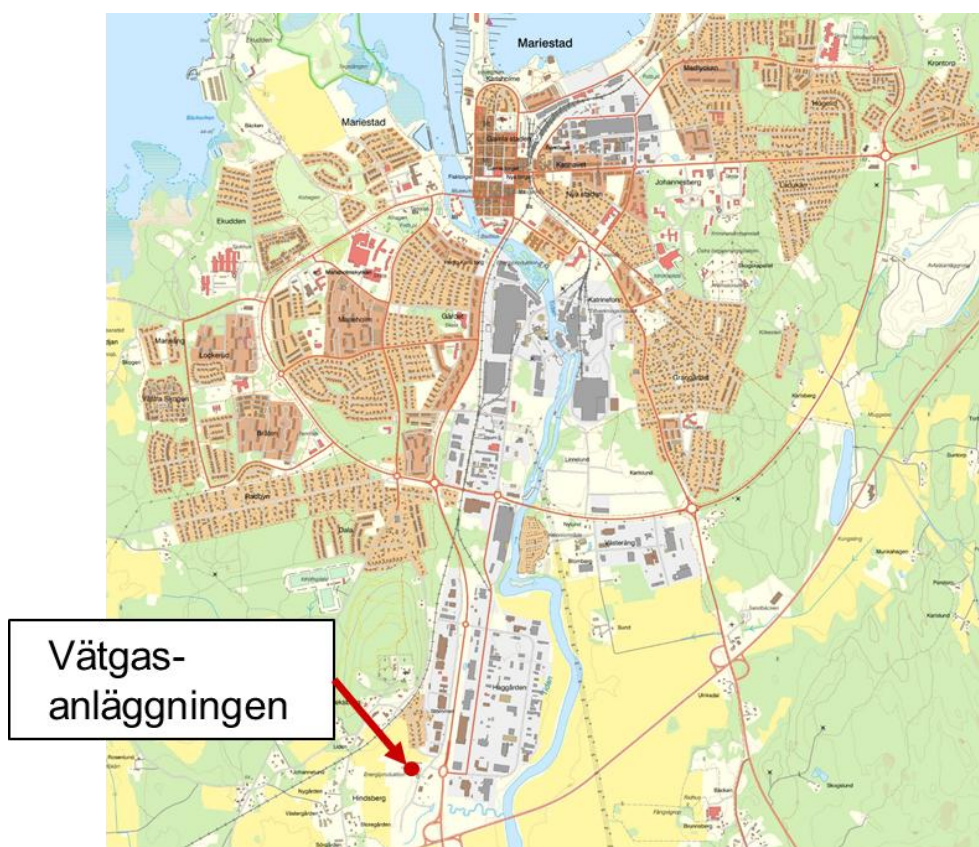
MSB RIB Farliga ämnen, väte, komprimerad. <https://rib.msb.se/fa> (hämtad 2023-10-16)

MSB (2022), Räddningsinsatser vid händelser med gasdrivna fordon. Publikationsnummer: MSB1993

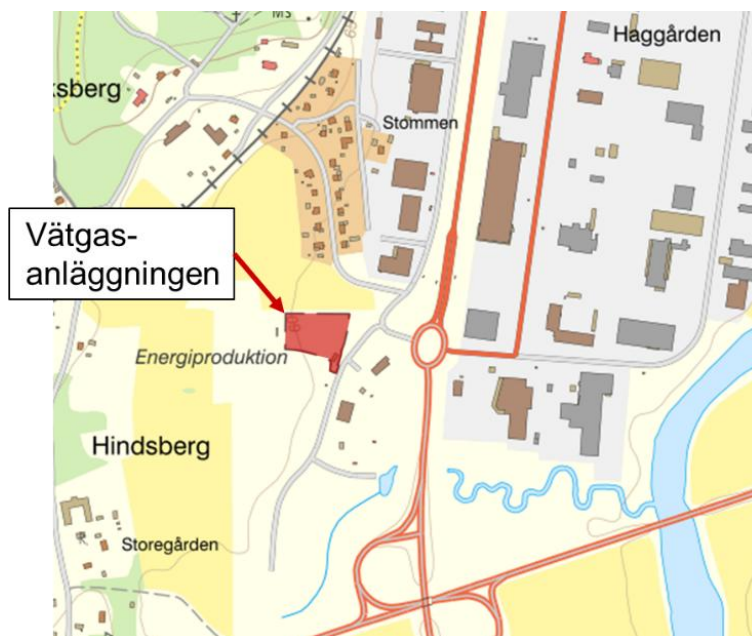
2.2 Geografisk placering

Vid olyckstillfällena låg vätgasanläggningen i utkanten av ett handels- och företagsområde i den södra delen av Mariestad. Anläggningen var till stora delar omgärdad av åkermark. I öster fanns trafikområden, restauranger och handel. Norr om anläggningen fanns även några bostadstäder. Vätgasanläggningen låg nära trafikplats Haggården, väg E20, riksväg 26 samt Göteborgsvägen som är den södra trafikleden in till Mariestads tätort. Hela vätgasanläggningen inklusive solcellsparken omfattade cirka 7 000 m².

Efter olyckorna har stora förändringar skett. Flera delar av vätgasanläggningen har avvecklats och år 2025 finns endast tankstationen kvar. Tankstationen har flyttats några hundra meter för att ge plats åt en ombyggnad av väg E20. Den fortsatta beskrivningen av vätgasanläggningen görs med utgångspunkt så som den såg ut när olyckorna inträffade 2022.



Figur 1: Kartbild över Mariestad som visar placeringen av vätgasanläggningen.



Figur 2: Placeringen av vätgasanläggningen i södra delen av Mariestad.

2.3 Omkringliggande verksamheter

De närmaste verksamheterna är två restauranger och en konventionell tankstation för fordonsbränsle. Avståndet till restaurangerna är 47 respektive 55 meter från vätgastankstationen. Avståndet till den konventionella tankstationen är också 47 meter. Närmaste bostäder ligger på ett avstånd av 170 meter norr om vätgastankstationen. Avstånd till trafikleden Göteborgsvägen in mot Mariestad är 120 meter och till E20 är det 380 meter. Ett större handels- och företagsområde med både publika verksamheter och fåmansföretag finns som närmast 150 meter från vätgastankstationen.

2.4 Övergripande beskrivning av vätgasanläggningen

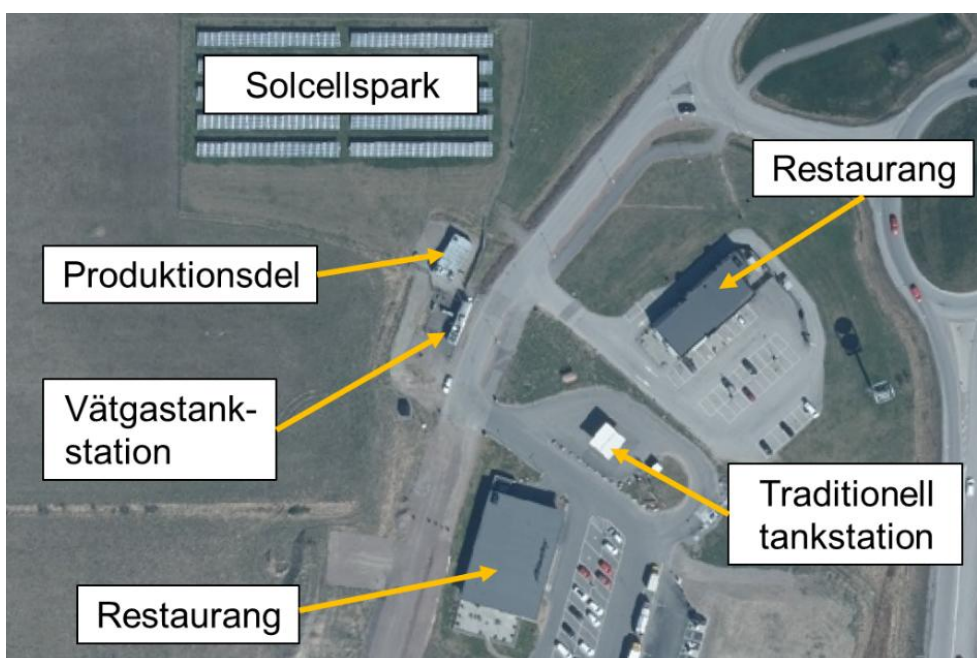
På anläggningen finns en solcellspark, en produktionsdel för vätgas och en vätgastankstation. Byggnaderna är av typen containersystem. Solcellsparken försörjer produktionsdelen med elenergi.



Figur 3: Container som innehåller vätgastankstationen.



Figur 4: Containrar som innehåller produktionsdelen.



Figur 5: Översikt över de olika delarna i vätgasanläggningen samt närliggande verksamheter.

Vätgasanläggningen som helhet invigdes i maj 2019 som en av de första solcellsdrivna vätgastankstationer i världen. Tankstationen är avsedd för vätgasdrivna fordon och utgör en del av den svenska infrastrukturen för vätgastankning som är under uppbyggnad.

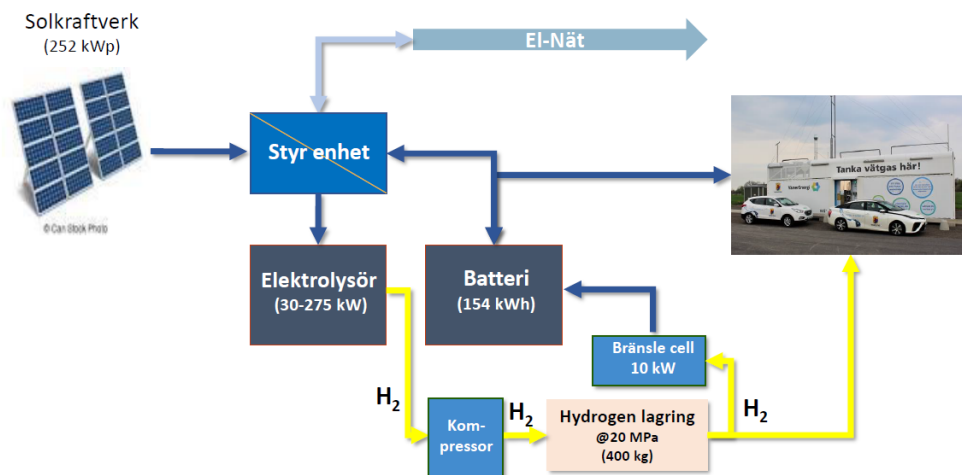
Energisystemet med sol och vätgas har utvecklats genom ett samarbete mellan Mariestads kommun och privata företag. Vid tidpunkten för gasutsläppen drevs vätgasanläggningen av det kommunala energibolaget VänerEnergi AB.

3 Beskrivning av vätgasanläggningen

Vätgasanläggningen tillverkar och lagrar vätgas för fordonsdrift. Den är uppdelad på följande delar:

- Solcellspark med 800 solcellspaneler. Elen från solcellerna används för produktionen av vätgas.
- Produktionsdel med produktion av vätgas i två elektrolysörer. I produktionsdelen finns ett lågtryckslager för vätgas. I produktionsdelen finns även ett mindre batterienergilager och bränsleceller för produktion av el från vätgas.
- Tankstation där vätgas tankas till vätgasdrivna fordon. I denna del finns ett högtryckslager för vätgas samt ett mindre vätgaslager i transportabla gasflaskor.

Den principiella uppbyggnaden av vätgasanläggningen visas i figur 6.



Figur 6: Schematisk skiss över vätgasanläggningen. El från solceller producerar vätgas med hjälp av elektrolysör. Vätgasen lagras i gasflaskor och används sedan till tankning av vätgasdrivna fordon. Vätgasen kan även användas för att producera el igen för distribution ut på elnätet. (Källa: VänerEnergi)

3.1 Produktionsdelen

Produktionsdelen består av sex containrar som innehåller elektrolysörer, kompressor, vätgaslager samt bränslecell och batterier. Vätgasen produceras av två elektrolysörer på 5 kW som drivs med el från solcellsparken. El från elnätet kan också användas till vätgasproduktionen.

I produktionsdelen finns ett lågtryckslager där vätgas lagras i 472 gasflaskor i stål med ett tryck på upp till 200 bar. Det finns även ett buffertlager på 16 gasflaskor med ett tryck på 30 bar. Varje gasflaska har en volym på 50 l vilket ger en

sammanlagd maximal volym på 24 400 l i gaslagret. Vid 200 bars tryck motsvarar det maximalt omkring 350 kg vätgas. En kompressor finns för att öka trycket från elektrolysörens cirka 30 bar till lagringstrycket på 200 bar. Gasflaskorna är parallellkopplade i 6 grupper och fördelade på 3 olika containrar, se figur 7.



Figur 7: Gasflaskorna är parallellkopplade och placerade i tre olika containrar.

I produktionsdelen finns även ett mindre batterienergilagret och bränsleceller för produktion av el från vätgas, se figur 8.



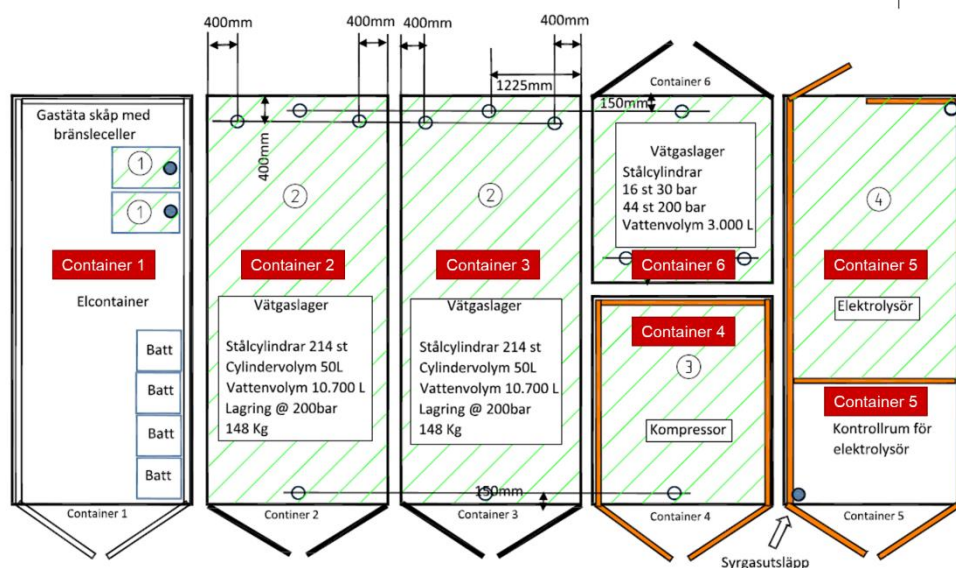
Figur 8: Containermodul med bränsleceller längst in och batterienergilagrar längst fram till höger.

Vätgasen förs över till tankstationen via en fast rörledning men överföringen sker manuellt vid behov.

Säkerhetsanordningarna består bland annat av olika avstängningsventiler och flödesbegränsare, säkerhetsventiler, ventilationsöppningar i golv och tak, torrörssprinkler med anslutning för räddningstjänstens slangsystem samt brand- och gaslarm som är vidarekopplat till räddningstjänsten. Klassning och riskbedömning av explosionsfarliga områden har gjorts för samtliga utrymmen. Inga säkerhetsfunktioner är gemensamma för produktionsdelen och tankstationen.

Produktionsdelen hade separat tillstånd för hantering av brandfarlig vara.

Tillståndet gällde under perioden 2020-07-03 – 2022-07-31 och tillät hantering av 24 400 l vätgas i cistern ovan mark inomhus fördelat på grupper av stålflaskor i containrar.



Figur 9: Planritning över produktionsdelen. Den består av 6 olika containrar som innehåller elektrolysörer, kompressor, vätgaslager, batterier och bränsleceller. Källa: Klassningsplan Mariestad Haggården, detaljritning 2019 -04-10, EX651.6:02 (rev. 03).

Installation av produktionsdelen

Produktionsdelen har byggts och installerats på plats. Det innebär att gasflaskor, rör och rörkopplingar för vätgasen har monterats i containrarna där de placerats i vätgasanläggningen.

Monteringsanvisningarna för rörkopplingar angav att muttrarna skulle dras ”fingertight” för hand och därefter 1 ¼ varv. En mätbricka skulle användas för att säkerställa att kopplingen var korrekt monterad.

Provtryckning av produktionsdelen

Inför att produktionsdelen skulle tas i bruk genomfördes endast en begränsad provtryckning eftersom uppfattningen då var att om anläggningen inte läcker vid 30 bar så läcker den heller inte vid högre tryck. Läcksökningen genomfördes i två steg, först trycksattes anläggningen till 10 bar med nitrogen och spårgas. Då upptäcktes något enstaka läckage som åtgärdades. Därefter höjdes trycket till 30 bar, varefter ytterligare ett fåtal läckage identifierades och åtgärdades.

Samtliga kopplingar inom gaslagret har täthetskontrollerats genom månadsvisa läcksökningar. Mindre läckage (10-100 ppm) har identifierats vid ett antal tillfällen och då har dessa åtgärdats genom att kopplingen dragits åt försiktigt tills läckaget upphört.



Figur 10: Kompressor i produktionsdelen som ökar trycket på vätgasen till 200 bar.

3.2 Tankstationen

Tankstationen ligger alldeles intill produktionsdelen men utgör en separat del av vätgasanläggningen. Den innehåller mellanlagringstankar med olika tryck, ett högtryckslager för vätgas, högtryckskompressor samt ett mindre vätgaslager i transportabla gasflaskor. Tankstationen är uppbyggd i en prefabricerad container och består i huvudsak av en sammanhållen enhet.

Tankstationen är publik vilket innebär att vem som helst kan tanka ett vätgasdrivet fordon där.



Figur 11: Vätgastankstationen med ett mindre vätgaslager i transportabla gasflaskor.

Vätgasen förvaras i ett mindre mellanlager på tankstationen, bestående av gastankar med ett tryck på upp till 200 bar. En kompressor höjer trycket till cirka 950 bar i en gastank som utgör högtryckslagret. De vätgasdrivna fordonen tankas sedan till ett tryck på cirka 700 bar. Tankstationen kräver ett högre tryck för att kunna fylla fordonens gastankar med 700 bar.

Tankstationen hade ett eget tillstånd som gällde för perioden 2016-11-25 – 2025-11-30 för hantering och försäljning av brandfarlig vara som omfattade 2 400 l vätgas.

Montering och provtryckning av tankstationen

Tankstationen har monterats på fabrik och levererades som en färdig enhet till vätgasanläggningen. Utredarna har inga uppgifter om hur montage eller provtryckning av gasinstallationerna har skett.

4 Händelsebeskrivningar

4.1 Gasutsläpp vid tankstationen 2 mars 2022

Situation innan gasutsläppet

Under året innan utsläppet hade det varit ett flertal tekniska problem med tankstationen men det är okänt för utredarna vilken typ av problem det varit. Strax innan olyckan inträffade hade service genomförts på tankstationen. Rörskopplingen till högtryckstanken var då bortkopplad för att kunna inspektera tanken invändigt. Läckaget bedömdes ha inträffat i denna rörskoppling.

Gasutsläppet

Den 2 mars på dagen hörde en förbipasserande privatperson ett högt pysande eller visslande ljud från tankstationen. Personen kontaktade då VänerEnergi som skickade ut personal till platsen för kontroll. Personalen konstaterade att det var ett pågående utsläpp av vätgas. Mätning med indikeringsinstrument på cirka 3 m höjd över marken visade en vätgaskoncentration på 50 % av undre explosionsgräns (LFL²).

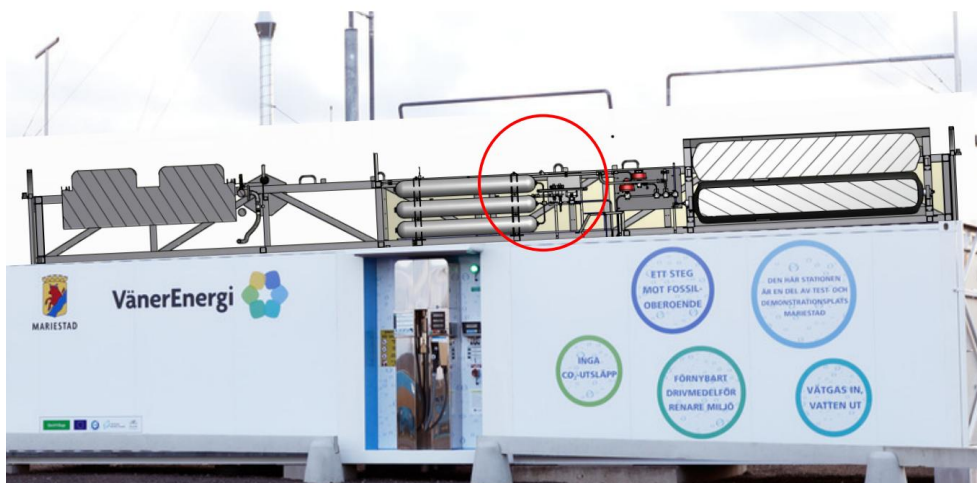
Personalen kontaktade företaget som hade fjärrövervakning av tankstationen från Danmark. En tryckminskning noterades i högtryckstanken som normalt har cirka 950 bar. Beslut togs att släppa ut vätgas kontrollerat för att minska trycket i tanken. Mätningar visade på cirka 10–100 ppm vätgaskoncentration vid marknivå.

Därefter gjordes ett nödutsläpp av vätgasen genom två högre avblåsningsrör. Gastanken tömdes så fort som möjligt men helt kontrollerat så att tanken inte skulle ta skada. Vid för snabb tömning kan det inre tätskiktet i gastanken ta skada vilket kan medföra risk för otätheter och försämrad hållfasthet i tanken.

Det initiala utsläppet inträffade i anslutning till en rörskoppling som var monterad i högtryckstanken och bedömdes omfatta cirka 10 kg vätgas med ett tryck på cirka 950 bar. Det fanns ingen möjlighet att stoppa utsläppet eftersom det inte fanns någon avstängningsventil mellan tanken och rörskopplingen. Utsläppet fortsatte under tiden som nödtömning av tanken utfördes. Mätningar på 2,5 m höjd över marken påvisade ingen explosiv atmosfär runt stationen vid gasutsläppet. Totalt tömdes cirka 80 kg vätgas ut och tankstationen stängdes ner och försattes i ett ”säkert läge”.

Räddningstjänsten larmades aldrig till denna händelse. De fick vetskap om vätgasutsläppet efter att det hade inträffat.

² LFL = Lower Flammability Limit (på svenska: undre gräns för brännbarhetsområde). I praktiken är LEL (Lower Explosive Limit) och LFL identiska värden och uttrycks vanligtvis som procent av volymen i luft (t.ex. 4 % för vätgas) eller i miljondelar (40 000 ppm för vätgas).



Figur 12: Fotomontage av tankstationen där en schematisk bild visar gasinstallationerna och berörda tankar på taket som annars är dolda av plåtar. Utsläppet bedöms ha skett i anslutningen till en högtryckstank (se röd ring) som var placerad ovanpå tankstationens tak. Källa: VänerEnergi

4.2 Gasutsläpp med räddningsinsats vid produktionsdelen 25 mars 2022

Situation innan gasutsläppet

Ända sedan produktionsdelen togs i drift i juli 2020 har kompressorn inte fungerat som planerat och aldrig kunnat ge mer än cirka 100 bars tryck. Strax innan olyckan hade man lyckats laga kompressorn så att den gav det planerade trycket på 200 bar.

På förmiddagen innan utsläppet skedde genomfördes en läcksökning vid kopplingar i gaslagret inne i container 6. Det fanns då inget som påvisade något läckage. Ingen personal fanns på plats när gasutsläppet inträffade en stund senare.

När vätgasutsläppet inträffade i container 6 var trycket i gasflaskorna cirka 120 bar. Container 3 hade samma tryck medan container 2 höll på att fyllas och höll cirka 30-40 bar. Container 6 hade varit uppe i liknande tryck vid några tidigare tillfällen, men inte högre.

Larm till räddningstjänsten och inledande åtgärder

Larm inkom till räddningstjänsten som ett automatiskt gaslarm klockan 11:08:08, 2022-03-25.

Då första enhet kom fram till platsen identifierades direkt att ett utsläpp pågick men det var oklart var någonstans i anläggningen. Händelsen hanterades som en skarp händelse direkt i början. Det initiala riskområdet bedömdes till 100 meter i vindriktningen. Räddningspersonalen informerades om riskerna med ämnet. Indikeringsinstrument och hörselskydd användes. Personal uppmanades att befinna sig i skydd av byggnader och fordon. Riskområdet för explosiv blandning

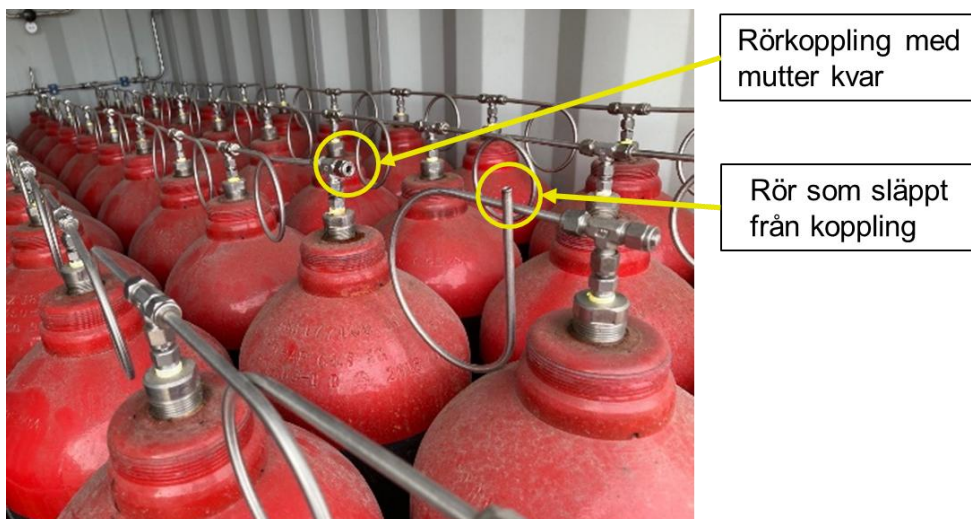
där utsläppt förekom bedömdes initialt som litet. Vätgas har ett densitetstal på 0,1 mot luft som har 1,0 vilket gör att vätgasen stiger och späds ut snabbt.

Räddningstjänsten bedömde initialt att det inte förelåg explosiv atmosfär invändigt i containern då det fast installerade gasvarningssystemet vid anläggningen visade värden på 22-58% av LFL. Räddningstjänsten fick därefter information om att mätvärdena kunde vara missvisande. De gjorde då en ny riskbedömning och ansåg att det fanns risk för explosion. Beslut togs om att övergå till en passiv insats. Riskområdet och avspärningar utökades till 300 meter. Verksamheter inom riskområdet utrymdes alternativt inrymdes och infartsvägar till området spärrades av.

Efter ytterligare kontroller med hjälp av vätgasanläggningens personal misstänktes utsläppet vara lokaliserat på en rörledning mellan kompressorn och gaslagret. Detta visade sig senare vara felaktigt. För att utesluta utsläpp i container 5 med elektrolys tas kontakt med företaget som hanterar övervakning av anläggningen. Inget tryckfall kunde konstateras i den delen av anläggningen.

Fortsatt arbete med att identifiera läckaget

När det inte längre hördes något utsläpp togs beslut togs att gå fram och öppna dörrarna till container 6 där utsläppet bedömdes vara samt undersöka orsaken till utsläppet. Avläsning skedde i ett larmskåp 30 meter från anläggningen. Mätvärdet visade då 35% av LFL och det bedömdes vara säkert att gå fram för att mäta manuellt med indikeringsinstrument vid utsidan av containern vid ett högt placerat ventilgaller. Räddningspersonal i skyddsutrustning gick fram med vinden i ryggen. Mätningen med indikeringsinstrumentet visade på mycket låga värden. Beslut togs att öppna dörrarna och därefter minska riskområdet. Orsaken till utsläppet konstaterades i detta läge till att rör hade lossnat i en koppling till ett tryckkärl inne i vätgaslagret.



Figur 13: Fotot visar röret som släppt från en koppling. Foto: Räddningstjänsten Skaraborg

Gaslagret i container 6 bestod av 4 rader med 11 flaskor i varje. Eftersom det inte fanns någon avstängningsventil mellan de enskilda gasflaskorna i gaslagret kunde utsläppet inte stoppas. Det medförde att hela gaslagret på omkring 32 kg i container 6 tömdes på vätgas.

Boende i villaområdet norr om anläggningen informerades om händelsen och trafiken på Göteborgsvägen in mot Mariestad stoppades under insatsen.

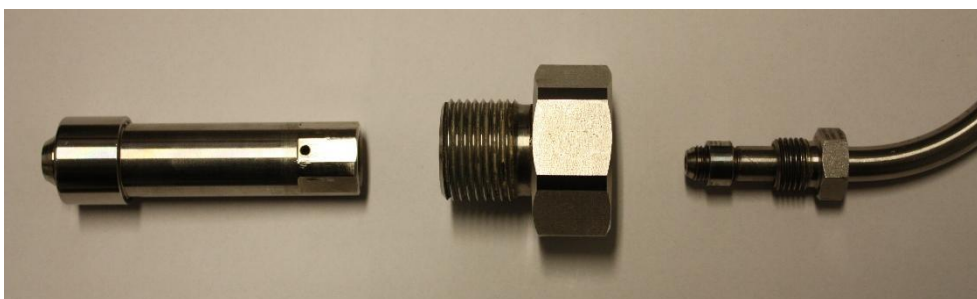
5 Analys

5.1 Orsaker till gasutsläppet den 2 mars

Rörkoppling i högtryckstank

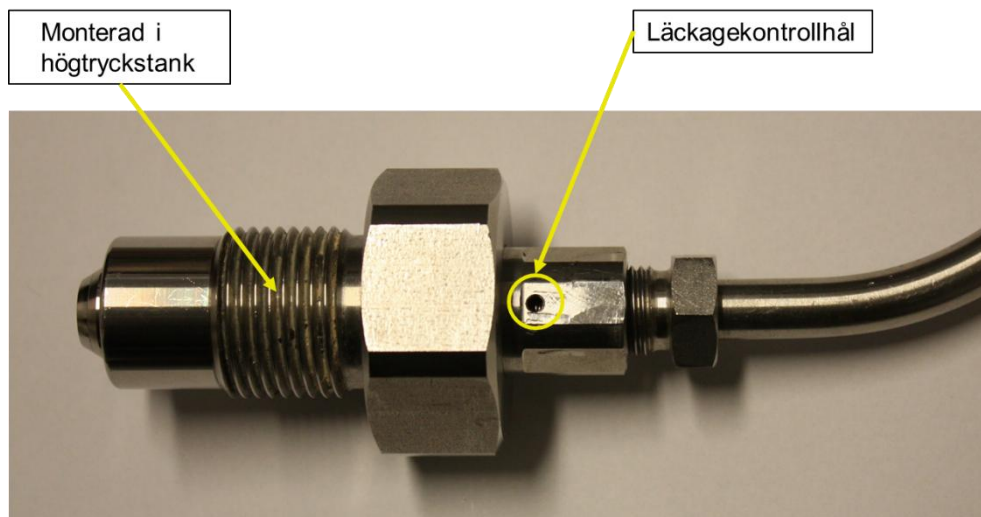
Den service som hade genomförts på tankstationen innan olyckan innebar att rörkopplingen till högtryckstanken, där läckaget inträffade, hade demonterats och återmonterats.

Rörkopplingen består av flera delar som monteras ”i varandra” och skruvas in i högtryckstanken, se figur 14. Det finns ett läckagekontrollhål på en av hylsorna, se figur 15. Syftet med läckagekontrollhålet är att kunna upptäcka mindre läckage med hjälp av olika metoder för läcksökning.



Figur 14: Rörkopplingen består av flera delar som sätts samman och skruvas in i gastanken.

Eftersom rörkopplingen består av många delar med flera kontaktytor och förskruvningar så finns det flera möjliga läckageställen. Det har i efterhand inte gått att fastställa exakt var i rörkopplingen som läckaget inträffade.



Figur 15: Foto som visar den kopplingsdel där utsläppet bedöms ha inträffat.

Orsaksbedömning

Efter olyckan demonterades rörkopplingen och skickades till tillverkaren av tankstationen för kontroll. Tillverkaren har endast gjort en enkel undersökning av rörkopplingen. Det finns ingen rapport från undersökningen men tillverkaren har framfört en hypotes om att läckaget kan ha orsakats av vibrationer från kompressorn i kombination med högt tryck. Bristande klamring av rörledningen och för få infästningspunkter skulle kunna ha bidragit till läckaget. De menar även att säkerhetssystemen har fungerat som avsett, att utsläppet inträffade i ex-klassad zon utan att antändning skedde samt att läckaget bedöms vara en engångshändelse ("single event"). För att förhindra vibrationer och risk för nya läckage föreslog tillverkaren att fler infästningspunkter skulle monterats längs rörledningens sträckning.

Utredarna har därefter fått rörkopplingen för fortsatt undersökning. Rörkopplingen uppvisar inga synliga skador och det finns inga synliga spår efter läckaget. Två av kopplingsdelarna, en hylsa och en mutterdel, är märkta *1.4404/316L* och *Max 1500 bar*. Märkningen talar om vilken stålsort delarna är tillverkade av och att de är gjorda för tryck upp till 1500 bar. Stålsorten 1.4404/316L ett rostfritt, syrafast och lättbearbetat stål. Stålet har mycket goda korrosionsegenskaper och är vanligt inom konstruktion, bygg och processindustri.³ Både forskare och produkttillverkare anger att stålsorten är vanlig för vätgas.⁴ De två kopplingsdelarna är även märka med produktnummer samt *EV METAL DK*, som är namnet på tillverkaren. På tillverkarens webbplats hittas inte just denna rörkoppling men företaget marknadsför produkter som är avsedda för vätgas.⁵ Övriga rördelar från olyckan som utredarna fått saknar märkningar men ser ut att vara någon typ av rostfritt stål.

Utredarna har inte kunnat ta del av någon dokumentation eller andra uppgifter som visar hur rörkopplingen varit monterad i gastanken och inte hur kopplingen har demonterats och hanterats före eller efter olyckan. Gastanken har inte varit möjlig att undersöka och det har inte gått att återmontera rörkopplingen i tanken för att genomföra täthetskontroll. Sammantaget gör detta att fördjupad teknisk undersökning inte har bedömts genomförbar.

Det finns ett stort antal möjliga orsaker och faktorer till varför läckaget inträffade. Vibrationer, monteringsfel, brister i tätningar, mekaniska skador och materialfel är exempel på vanliga fel i gasinstallationer som kan leda till läckage.⁶ I den aktuella händelsen har tillverkaren av tankstationen framfört att vibrationer, i kombination med höga tryck, skulle kunna vara en möjlig orsak. Tankstationen är en serietillverkad enhet som är monterad på fabrik och borde varit konstruerad för att klara förväntade vibrationer och tryck utan att läckage uppstår. Om vibrationer och det höga trycket orsakade utsläppet så bör de bakomliggande orsakerna även

³ <https://www.valbrunanordic.se/rostfri-stang/stalsorter/1-4404/> (webbplatsen besökt 2025-02-14)

⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350630724010884> (webbplatsen besökt 2025-02-14)

⁵ <https://www.evhydrogen.dk/products> (webbplatsen besökt 2025-02-14)

⁶ <https://www.chemengonline.com/leak-prevention-small-bore-piping-tubing/?printmode=1> (webbplatsen besökt 2025-04-09)

kunna sökas i brister i design, konstruktion, materialval, produktionsteknik, service och underhåll, etc. Utredarna har inte undersökt dessa aspekter vidare.

Utifrån den begränsade information från olyckan och den läckande rörkopplingen som utredarna har fått del av så går det inte att fastställa orsakerna till varför vätgasutsläppet inträffade. Att rörkopplingen nyligen hade varit demonterad i samband med service och sedan återmonterad väcker dock en del frågor. Kan kopplingen ha blivit felaktigt återmonterad, har tätningar fallerat eller åtdragningsmoment inte varit korrekta? Om det funnits någon brist i återmonteringen så är det inte orimligt att vibrationer från exempelvis kompressorn kan ha varit en utlösande orsak till läckaget.

5.2 Orsaker till gasutsläppet den 25 mars

Analys av gasutsläppet

Som stöd i analysen av gasutsläppet har metoden MTO-analys⁷ använts. Den redovisar ett kronologiskt händelseförlopp med förklaringar i form av orsaker och andra faktorer som utgår från Människa, Teknik och Organisation. Metoden innehåller även en barriäranalys som visar saknade, brustna och fungerande säkerhetsbarriärer. I figur 16 redovisas MTO-analysen av olycksförloppet vid gasutsläppet den 25 mars.

När produktionsdelen byggdes genomfördes provtryckning till 30 bar och detta ersatte då en fullskalig provtryckning med säkerhetsfaktor. Under utredningsarbetet har framkommit uppgifter om att det tidigare funnits olika tolkningar av hur reglerna för provtryckning skulle tillämpas. Avsaknaden av den fullskaliga provtryckningen ses i analysen som en saknad barriär.

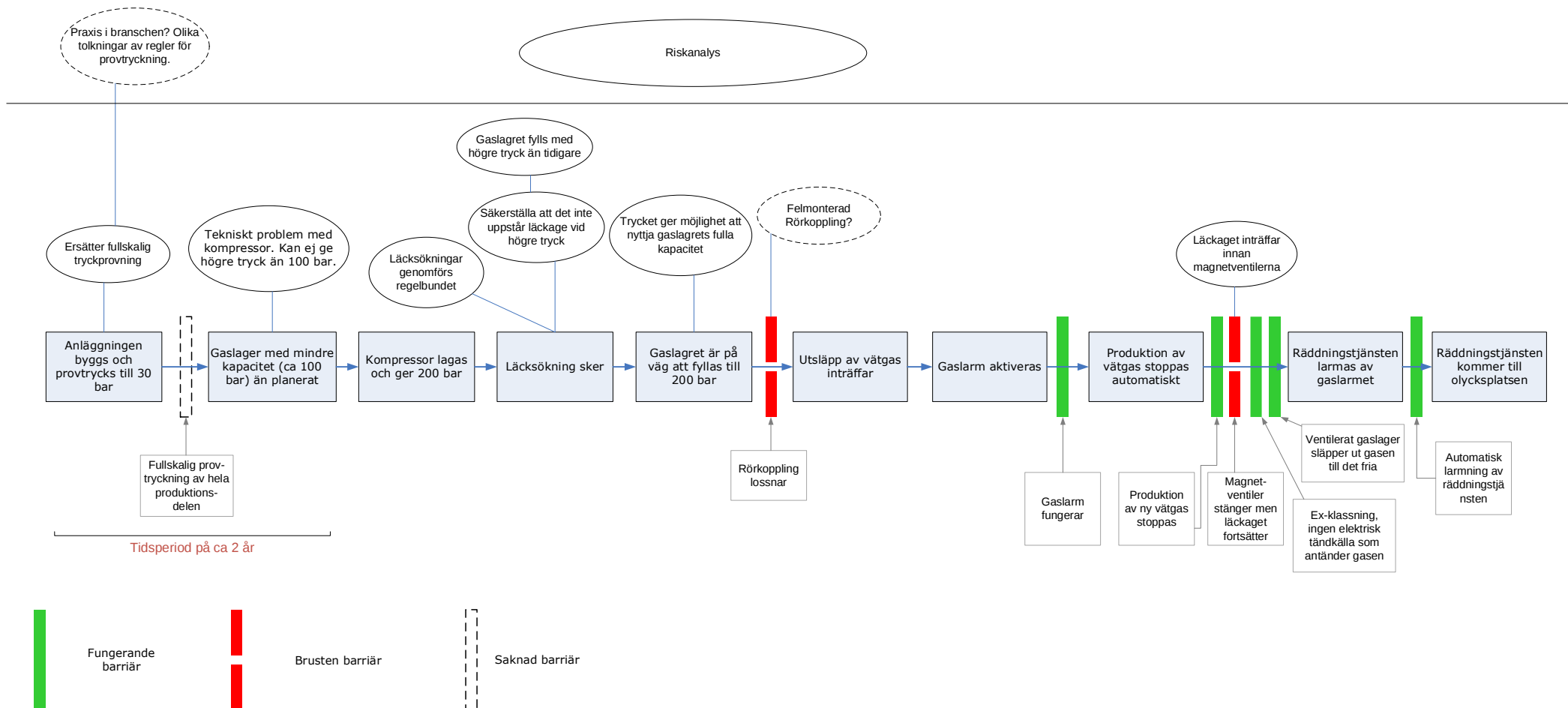
Kompressorn i produktionsdelen hade aldrig fungerat som planerat sedan den togs i drift i juli 2020. Den hade inte gett mer än cirka 100 bars tryck. Strax innan olyckan hade kompressorn lagats så att den kunde ge det planerade trycket på 200 bar. Gaslagret hade därför tidigare aldrig haft fullt lagringstryck på 200 bar och därmed heller inte kunnat lagra den avsedda gasmängden. Men då kompressorn var lagad så började gaslagret fyllas till fullt tryck. En läcksökning hade genomförts några timmar innan röret lossnade och gasutsläppet inträffade.

När utsläppet inträffade vid cirka 120 bars tryck aktiverades gaslarmet, produktionen stängdes ner och räddningstjänsten larmades automatiskt. Dessa är exempel på fungerande barriärer. Även ventiler stängde automatiskt men eftersom läckaget inträffade innan ventilerna så ses detta som en brusten barriär eftersom utsläppet inte kunde stoppas eller begränsas genom dessa ventiler.

I samband med tillståndsprocessen för produktionsdelen upprättades en riskanalys som tar upp flera av de risker som är relevanta. Utsläpp av vätgas är en sådan risk. Riskanalysen beskriver även flera viktiga barriärer som syftar till att förhindra

⁷ Metoden finns i flera versioner och under flera olika benämningar. Den är bland annat beskriven i Rollenhagen, C., 2003. *Att utreda olycksfall - Teori och praktik*. Studentlitteratur, Lund.

utsläpp, begränsa utsläpp och hindra antändning. Flera av de barriärer som syftade till att begränsa ett utsläpp har fungerat som planerat. Den i riskanalysen beskrivna barriären ”Se till så att ledningar för brandfarlig gas är täta vid normal användning” brast dock vid den aktuella olyckan.



Figur 16: MTO-analys som redovisar olycksförloppet vid vätgasutsläppet den 25 mars.

Lossnat rör vid koppling

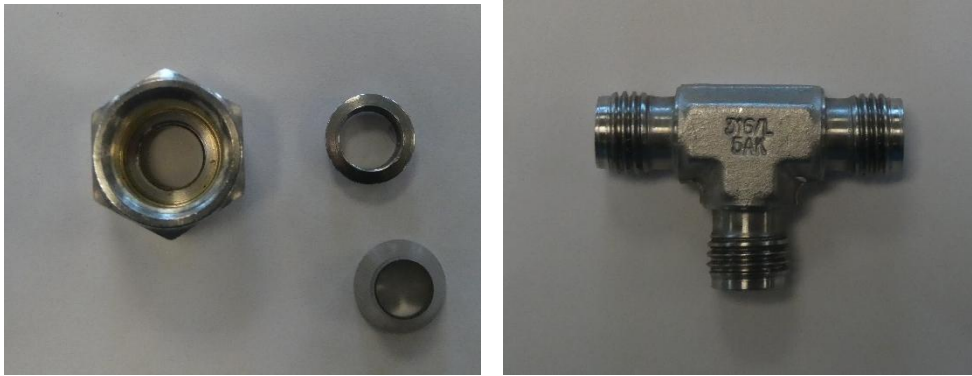
Den direkta orsaken till gasutsläppet den 25 mars stod klar tidigt. Ett rör hade släppt från en koppling i gaslagret i container 6. I figur 13 syns tydligt hur röret släpp från en T-koppling. Röret lossnade helt och separerade från kopplingen. Ingen del av kopplingen satt kvar på röret. Den rörände som inte lossnade var monterad i en T-koppling till en annan gasflaska.

Då det inte fanns någon avstängningsventil eller annan anordning som kunde stoppa eller begränsa utsläppet innebar det att all vätgas i det aktuella gaslagret läckte ut.

Röret som släppte var från början böjt ett helt varv i form av en expansionslinga som var tänkt att möjliggöra exempelvis värmeexpansion av röret samt kunna ta upp mindre rörelser mellan gasflaskorna utan att risk för läckage. Figurerna 17-19 visar röret och kopplingsdelarna efter att de demonterats efter olyckan.



Figur 17: Gasröret som lossnade från en rörkoppling i container 6. Den änden av röret som saknar mutter var innan olyckan monterad i rörkopplingen. Den saknade muttern och de två konorna satt kvar i rörkopplingen.



Figur 18: Fotot till vänster visar mutter och två konor som satt monterade på röränden som släppte från kopplingen. Fotot till höger visar en rörkoppling av T-modell som var monterad i gasflaskan. T-kopplingen var ihopkopplad med intilliggande gasflaskor med korta rör.



Figur 19: Muttern och konorna på den andra röränden. Denna rörände bedöms i allt väsentligt ha varit korrekt monterad i en T-koppling till annan gasflaska och har demonterats efter olyckan.

Utredarna har fått ta del av den aktuella rördelen samt kopplingen och undersökt dessa visuellt. Det går inte att se några synliga skador eller spår på röret eller kopplingen, som bedöms komma från gasutsläppet. De spår som går att se på röret kommer sannolikt från monteringen av rörkopplingen. Utredarna har undersökt de båda rörändarna med hjälp av mikroskop⁸ för att bättre kunna se dessa spår.

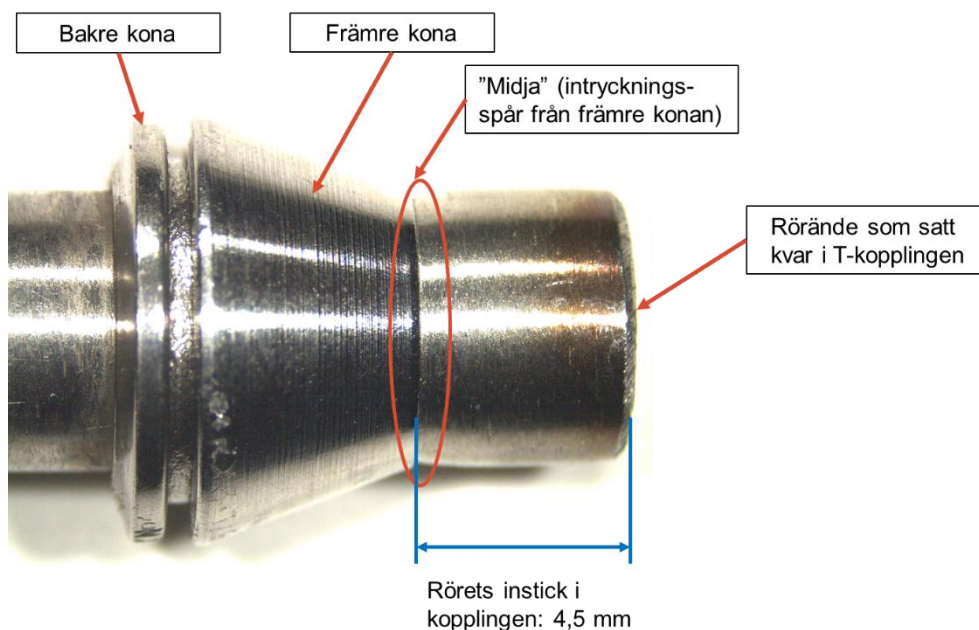
Delarna till rörkopplingen är märkta enligt följande:

- Mutter där röret lossnade: HY-LOK 316/L 6M.5NZ.S.KOREA
- Liten kona där röret lossnade: ..HY-LOK.316/L.2K(H eller Y)
- Kona där röret lossnade: ..HY-LOK.316/L.2KN..

⁸ Leica EZ4 StereoZoom®

Beteckningen HY-LOK är namnet på tillverkaren och 316L är beteckning för stålsort. Vad övriga beteckningar står för är inte känt. I avsnitt 5.1 framgår att stålsorten 316L är vanlig för vätgasinstallationer. Röret saknar märkning men bedöms vara någon form av rostfritt stål.

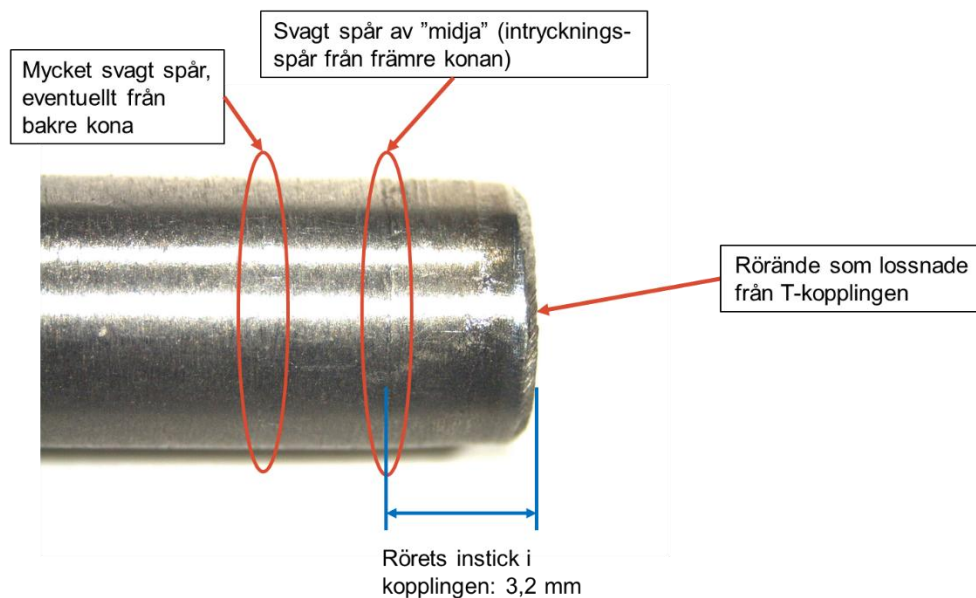
Den rörände som satt kvar i en rörkoppling till en annan gasflaska bedöms i allt väsentligt ha varit korrekt monterad. Det går att se en "midja" på röret vid den högra delen av den främre konan, se figur 20. Midjan utgör en svag intryckning i röret och är en korrekt deformation av röret och utgör en del av tätheten och hållfastheten i rörkopplingen. Både den främre och den bakre konan sitter fast på denna del av röret. Den främre konan har gått emot rörkopplingens yttre del och den fria delen av röret till höger om konan utgör det tidigare insticket i kopplingen. Insticket är 4,5 mm. Utredarna har inte kunnat verifiera om röret har bottnat helt (gått emot den inre delen av kopplingen). Bedömningen är ändå att röret troligen bottnat eller varit tillräckligt instuckat i rörkopplingen. Det har heller inte gått att verifiera åtdragningsmomentet på den mutter som satt på denna rörkoppling men eftersom muttern har klämt åt konorna så att de tydligt sitter fast på röret och gett den förväntade midjan så har muttern troligen varit rätt åtdragen. Den samlade bedömningen är att denna rörände i allt väsentligt varit korrekt monterad.



Figur 20: Den felfria röränden fotograferad i mikroskop. Båda konorna sitter fast på röret. Den främre konan har skapat en "midja", det vill säga en intryckning i röret. Rörets instick i kopplingen är 4,5 mm.

På den rörände som lossnade finns inte mutter eller konor kvar på röret, se figur 21. De satt kvar i kopplingen och röret gled ur kopplingen. På denna del av röret ses ett svagare spår av "midja" från den främre konan. Insticket i kopplingen är 3,2 mm, vilket är kortare än på den korrekta röränden i figur 20.

Den något svagare midjan tyder på att muttern troligen inte var tillräckligt hårt åtdragen, eftersom det är kraften från muttern som pressar in konan i röret och skapar midjan vid åtdragningen. Det kortare insticket i kopplingen talar för att röret inte hade bottenat, eftersom insticket ska vara lika stort på alla rörändar.



Figur 21: Den rörände som lossnade fotograferad i mikroskop. Inga konor satt fast på röret efter olyckan. Den främre konan tycks här ha skapat en något svagare "midja", det vill säga intryckningen i röret efter den främre konan. Rörets instick i kopplingen är 3,2 mm vilket talar för att det inte har bottenat.

Utredarna har ingen information om hur rördelarna har hanterats efter olyckan. Det har därför bedömts att någon ytterligare detaljerad teknisk analys av rördelarna inte varit aktuellt att genomföra inom ramen för denna utredning.

Hypotes 1

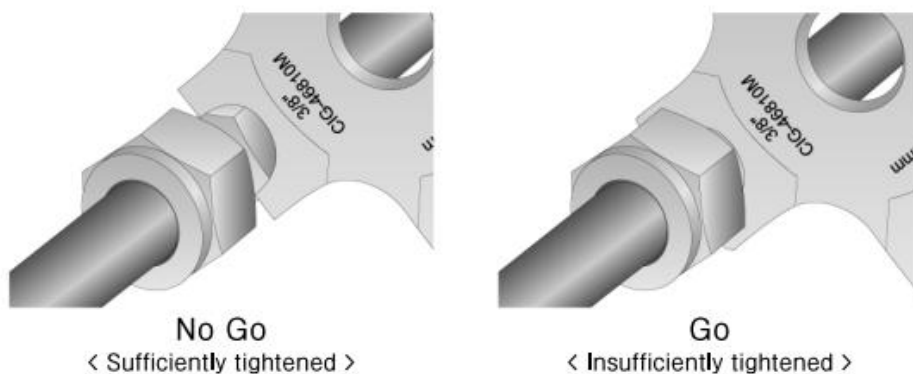
En hypotes som framförts av VänerEnergi är att brister kan ha uppstått vid monteringen av röret i T-kopplingen. Hypotesen är att röränden inte varit instucken tillräckligt långt i kopplingen och att det påverkat hållfastheten negativt i anslutningen mellan rör och koppling. Röret ska bottena i kopplingen när muttern dras åt. VänerEnergi menar att röret först kan ha varit instucket tillräckligt långt vid monteringen men att röret sedan eventuellt har glidit ur kopplingen något innan muttern drogs åt. Om röret inte bottenade i kopplingen så skulle det kunnat bli för liten del av röret som skulle ta upp de krafter som uppstår när trycket ökade.

Hypotes 2

Utredarna har en hypotes om att muttern inte var korrekt åtdragen och därför inte kunde hålla kvar röret i kopplingen när trycket ökade. Detta eftersom spåren på den rörände som lossnade tyder på att muttern inte var tillräckligt åtdragen.

Monteringsinstruktion för rörkopplingen

Enligt monteringsinstruktionen från tillverkaren⁹ av kopplingen ska röret bottna helt i kopplingen och sedan ska muttern dras åt för hand tills den sitter ”fingertight”. Sedan ska en markering göras på muttern och den ska dras 1¼ varv med verktyg. Markeringen på muttern är till för att veta att man dragit muttern rätt antal varv. Därefter ska en kontroll av monteringen göras med en mätbricka som inte ska kunna träs in mellan muttern och kopplingen när muttern är korrekt åtdragen, se figur 22. Utredarna har inte undersökt om monteringsinstruktionen var annorlunda vid tiden för installation av produktionsdelen.



Figur 22: Illustrationer som visar hur mätbrickan används för att bedöma om muttern är korrekt åtdragen eller ej. "Go" betyder att mätbrickan går att få in i skarven mellan muttern och koppling medan "No Go" betyder att mätbrickan inte går att få in i skarven. Källa: Hy-Lok Tube Fitting Installation Instruction (Hy-Lok Corporation)

Både hypotesen om att röret inte hade bottnat i kopplingen och hypotesen om att muttern inte var korrekt åtdragen skulle kunna leda till gasläckage och även att röret lossnar. I monteringsinstruktionen från tillverkaren beskrivs båda dessa hypoteser som möjliga orsaker till läckage, se de två översta orsaksbeskrivningarna i mittenkolumnen i figur 23. Monteringsanvisningen beskriver dock inte scenariot att rörledningen lossnar helt från kopplingen.

⁹ Hy-Lok Tube Fitting Installation Instruction (Hy-Lok Corporation) <https://hy-lok.eu/resources/instruction-operation-manuals/> (hämtad 2025-04-09)

3. Tubing leaks at fitting after initial installation	Fitting was not turned 1-1/4 properly	Check for sufficient pull-up with a Gap Inspection Gauge.
	Tubing not bottomed in fitting body	Cut-off swaged tubing and replace them.
	Tubing has deep longitudinal scratched or is nicked or otherwise damaged	Replace tubing or cut-off the damaged section of tubing. Then reconnect it.
	Fitting body was turned instead of nut Galling seal surface of body and front ferrule	Always connect fittings by turning the nut while keep holding body.

Figur 23: Beskrivning av möjliga orsaker till läckage vid montage av rör på rörkoppling. Orsaksbeskrivningen är hämtad från monteringsanvisningen från tillverkaren av rörkopplingen. Källa: Hy-Lok Tube Fitting Installation Instruction (Hy-Lok Corporation)

Utredarnas bedömning

Resultaten från undersökningen ger stöd för att muttern varit otillräckligt åtdragen och röret inte tillräckligt långt instuckat i kopplingen. Båda hypoteserna är därmed möjliga förklaringar till olyckan men hypotes 2, det vill säga att muttern varit otillräckligt åtdragen, bedöms vara den mest troliga förklaringen till varför röret lossnade. Utredarnas samlade bedömning är att de direkta orsakerna till olyckan är brister i monteringen av rörkopplingen.

I figur 17 ses att röret med expansionsslingan har böjt sig tillbaka (rätat ut sig) ett kvarts varv i samband med olyckan. Det är oklart varför röret har rätat ut sig 90 grader men det skulle kunna vara en rekyleffekt när gas under högt tryck tömdes ut genom röret.

Mer om brister vid montering av gaslagret

Hela produktionsdelen monterades på plats. Den valda tekniska lösningen för gaslagret med omkring 500 gasflaskor innebar en stor mängd kopplingar, rördelar, ventiler och andra anordningar som skulle monteras så att allt blev tätt och klara de aktuella gastrycken i systemet. VänerEnergi gav en beskrivning av montering av rörkopplingarna som i stort stämmer överens med de monteringsinstruktioner som tillverkaren av rörkopplingen utfärdat. Det finns inga detaljerade uppgifter om hur monteringen genomförts i verkligheten och det går därför inte att bedöma om monteringen i alla delar följt tillverkarens anvisningar. Utredarna har heller inte fått någon information om hur monteringsarbetet kvalitetssäkrades eller kontrollerades.

De bakomliggande orsakerna och faktorerna förblir okända i detta fallet men det finns ett antal frågor som kan vara relevanta att lyfta upp kopplat till monteringsarbetet:

- Skedde monteringen helt enligt tillverkarens anvisningar?
- Hade personalen tillräcklig utbildning i montering av rörkopplingar?
- Fanns det kontrollfunktioner som säkerställde att rören var intryckta i botten på alla kopplingar?
- Fanns det kontrollfunktioner som säkerställde att muttrarna var korrekt åtdragna? Användes avsedd mätbricka enligt monteringsanvisningarna?
- Kan fett på rördelar eller muttrar bidragit till att den första delen av åtdragningen av muttrarna för hand inte blev korrekt?
- Är monteringsmetoden att för hand dra muttrarna ”fingertight” en tillförlitlig metod som säkerställer att det blir rätt åtdragningsmoment i slutändan?
- Kan vibrationer haft betydelse för att rörkopplingen lossnade?

Material

Det har inte funnits förutsättningar för utredarna att fullt ut undersöka vilka material, rörledningar och kopplingar varit tillverkade av och om de var lämpliga för användning till vätgas. Det finns å andra sidan inget som talar emot att de komponenter som användes var lämpliga eller ämnade för vätgas med de aktuella tryck som anläggningen var projekterad för.

Avsaknad av provtryckning

Provtryckning görs normalt för att säkerställa täthet och hållfasthet i trycksatta system. Provtryckningen genomförs som regel med en bestämd säkerhetsfaktor vilket innebär att provtrycket är högre än det planerade drifttrycket. Vid en sådan provtryckning kan då eventuella läckage och hållfasthetsbrister uppmärksammas och åtgärdas innan anläggningen tas i drift. Det finns ett omfattande regelverk kring trycksatta anordningar och hur provtryckning ska genomföras. Utredarna gör ingen analys av regelverket och om eventuella avvikelser funnits mot regelverket.

Utredarna konstaterar emellertid att ingen fullskalig provtryckning av hela produktionsdelen och gaslagret hade genomförts med ett provtryck med säkerhetsfaktor som översteg det planerade drifttrycket. Detta ses i analysen som saknad barriär eftersom en provtryckning troligen skulle ha uppdagat bristerna i rörkopplingen som lossnade och därmed förhindrat vätgasutsläppet den 25 mars.

5.3 Andra aspekter på utsläpp av vätgas

Brand och explosion

Läckage av vätgas under höga tryck kan spontant orsaka antändning av vätgasen. Vid en olycka på en publik vätgastankstation i Norge 2019 inträffade först ett

mindre läckage som sedan övergick till ett större läckage av vätgas vid en plugg på en 950 bars gastank. Vätgasen blandades med luftens syre och antändes vilket resulterade i en kraftig explosion. Orsaken till antändningen bedömdes i ett preliminärt skede kunna bero på spontanantändning eller grus som kom i rörelse. Vid olyckan i Norge kom olycksutredningen fram till att läckaget berodde på otillräckligt åtdragna skruvar i gastankens plugg.¹⁰ Ingen antändning eller explosion inträffade vid vätgasutsläppen i Mariestad den 2 och 25 mars.

Väteförsprödning

Väte har egenskaper som kan påverka metaller så att sprickbildning och läckage kan uppstå. Vätet kan tränga in i metallen och försämra de mekaniska egenskaperna och försvaga materialet vilket kan bli sprödare och känsligt för sprickbildning.¹¹ Någon teknisk undersökning för att hitta eventuell väteförsprödning i materialen har inte gjorts i denna utredning men det finns inga indikationer på att rör eller kopplingar har haft strukturella försvagningar eller sprickor vid det två aktuella väteutsläppen.

5.4 Analys av räddningsinsatsen den 25 mars

Den 25 mars under räddningsinsatsen indikerade gaslarmets gasdetektor 30-50 % av LFL inne i container 6. Om gasdetektorn varit rätt kalibrerad vid utsläppet skulle detta innebära att det inte skulle förkommit någon explosiv miljö i containern. Det är osannolikt med avseende på läckagets storlek att det inte skulle varit någon explosiv miljö inne i containern.

Efter utsläppet indikerade gasdetektorn konstant 20 % av LFL inne i containern. VänerEnergi kontaktade då ett företag som kontrollerade gasdetektorn. Beskedet var att gasdetektorn kan bli ”mättad” om den utsätts för en alltför hög koncentration av vätgas och slutar då att visa tillförlitliga värden.

I början av räddningsinsatsen användes ett initialt riskavstånd på 100 m. Denna bedömning grundade sig bland annat på de låga mätvärdena som anläggningens gasdetektor visade. När information sedan framkom att mätvärdena kunde vara felaktiga så gjordes en ny riskbedömning och riskavståndet utökades till 300 m. Det är troligt att räddningstjänstens personal inledningsvis utsattes för en högre risk än förväntat då de förlitade sig på mätvärden ifrån gasdetektorn, som med stor sannolikhet var felaktiga.

¹⁰ <https://nelhydrogen.com/status-and-ga-regarding-the-kjoerbo-incident/> (sidan besökt 2025-02-13), <https://mb.cision.com/Public/115/2852735/8189422a0b076d6c.pdf> (sidan besökt 2025-02-13), https://mozees.no/wp-content/uploads/2019/10/Hansen_Hydrogen-safety_Kjoerbo-incident-overview-and-perspectives.pdf (sidan besökt 2025-02-13)

¹¹ <https://www.msb.se/contentassets/0cb4505a592d4b51bca158a8fb3fd0d0/faktablad-vateforsprodning.pdf> (hämtad 2025-04-09)

Under insatsen indikerade personal från företaget även med ett manuellt mätinstrument utanför containern. Detta instrument visade på 20–25 % av LFL på cirka 2 meters höjd.

Utanför container 6 i marknivå har det inte gått att få fram fakta på om det varit explosiv miljö eller inte. Vätgas är en mycket lätt gas (0,1 mot luft 1,0) vilket gör att den stiger snabbt och blandas ut i luften vilket minskar risken för explosion.

Vid centralapparatens placering cirka 30 meter ifrån läckaget i container 6 indikerades nivåer på cirka 500–1000 ppm. Detta värde motsvarar cirka 0,05 – 0,01% vätgas vilket inte var en explosiv miljö.



Figur 24: Centralapparat för brand- och gasalarm som var placerad cirka 30 m från produktionsdelen.

6 Slutsatser

6.1 Vätgasutsläppet i tankstationen den 2 mars

- Utredarna har inte kunnat klarlägga några orsaker till varför läckaget inträffade vid rörkopplingen till högtryckstanken. Det arbete med demontering och återmontering av rörkopplingen som genomfördes strax innan läckaget ger emellertid grund för en hypotes om att någon brist kan ha uppstått vid återmonteringen vilket sedan orsakat läckaget.

6.2 Vätgasutsläppet i produktionsdelen den 25 mars

- Utredarna bedömer att det var brister i monteringen av rörkopplingen som har orsakat vätgasutsläppet. Muttern har varit otillräckligt åtdragen och röret har inte varit tillräckligt instuckat i kopplingen.
- Bristerna uppmärksammades inte förrän olyckan inträffade, eftersom ingen fullskalig provtryckning med säkerhetsfaktor genomförts av hela gassystemet i produktionsdelen innan den togs i drift.
- Gasdetektorn blev troligen ”mättad” när den utsattes för en hög koncentration av vätgas och slutade då att visa tillförlitliga värden.
- Räddningstjänstens personal kan inledningsvis ha befunnit sig inom riskområde då gasdetektor i containern kan ha visat felaktiga mätvärden.
- Riskerna vid anläggningar som hanterar vätgas kan vara svåra för räddningstjänsten att bedöma och även hur säkerhetssystemen fungerar. Det finns få anläggningar och generellt är kunskapsnivån låg. Därför är det extra viktigt att det finns insatsplaner och riktlinjer för denna typ av anläggningar för att inte räddningspersonal av misstag hamnar i en riskfylld situation.



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap