ID	Fara	Orsak	Konsekvens	Förebyggande skydd och barriärer	Riskvärdering (Hälsa/personrisk)		Rekommendationer	Kommentarer
					S	K		
A	**Tankning**							
A.1	Läckage	Läckage under tankning via utrustning eller oväntad händelse såsom kollision, att tuktuken börjar rulla/körs iväg under pågående tankning. Statisk elektrisitet, extern brandkälla eller internt elcystem kan antända ett läckage. System ej testat i sin helhet innan tankning med vätgas.	Utsläpp av vätgas utan antändning - Ingen betydande konsekvent Utsläpp av vätgas med direkt antändning - jetflamma Utsläpp av vätgas med fördröjf antändning - explosion	Stabil uppställning (fastsatta flaskor), tankstation skyddad från påkörning, skydd mot kollision. Statisk elektricitet som tändkälla beaktas och förebyggs t.ex. genom jordning (följ SEK 433). Stänger av ventiler på flaskor manuellt, vid onormalt (läckage). Fordon avstängt. Portabel vätgassensor + värmekamera med vid fyllning/tankning.	Major: 1 Minor: 5	Major: 3 Minor: 1	Placering av tankställe utomhus. Stoppklossar Överväga skydd mot slangbrott? ATEX-klassning ska göras och uppfyllas - Kontroll på tändkällor. Läcksökning under tankning.	En person på plats som övervakar. Flaska till flaska. Varma ytor (bromsar, bränslecell etc.) bedöms inte vara en risk för antändning.
A.2	För högt tryck och/eller temperatur	För snabb fyllning, eller solvärme, extern brand som ger temperaturökning och en tryckuppbyggnad. Säkerhetsventil ska öppna. Statisk elektrisitet eller extern brandkälla kan antända.	Leder till att PRD släpper ut all gas under tuktuken eller till en tankruptur. Direkt antändning: jetflamma Fördröjd antändning: explosion	Trycköervakning i tankar med tillhörande instruktion. Fadersflaskan sätter högsta tryck (speca tank för samma tryck). 300 bar flaskor finns inte att få tag på i Sverige i dag - minimal risk för felleverans.	1(-2)	2	Placering av tankställe utomhus. Räkna på maxtemperatur.	Sebastians erfarenhet för små tankar är att temperaturen inte går över 40 C (mindre tankar!).
A.3	Felkoppling eller sabotage eller felaktigt handhavande	Mänskligt felhandlande.	Vätgas "hamnar fel"	Finns ingen möjlighet för felkoppling (om inte mekaniskt ingrepp). Uppmärkning.	1	1	Enkel procedur. Unika kopplingar. Uppmärkning.	
A.4	Råkar tanka med fel gas såsom CNG	Passar en CNG tanknippel?	Kontaminerar och förstör systemet.	Mottagningskontroll. Kontroll innan tankning.	1	1		OBS att detta har hänt redan vid tankstation i Sverige!
A.5	Luft i slangar	Procedurfel. Mänskligt felhandlande	Brännbar blandning i tankslang som kan ge mindre explosion (även efter avsöutad tankning). Luft i vätgastank.	Begränsad volym. Slang borde klara tryck om antädning	2	1-2		Antänging i slang/rör har enligt Sebastians erfarenhet aldrig skett.
A.6	Lågt tryck eller gasen slut i tankstationen		Kan dett aleda till ett bakåflöde? Finns någon fara med detta?	2 st backventiler skyddar mot bakåtflöde. Ingen konsekvens även om bakåtflöde.	1	1		

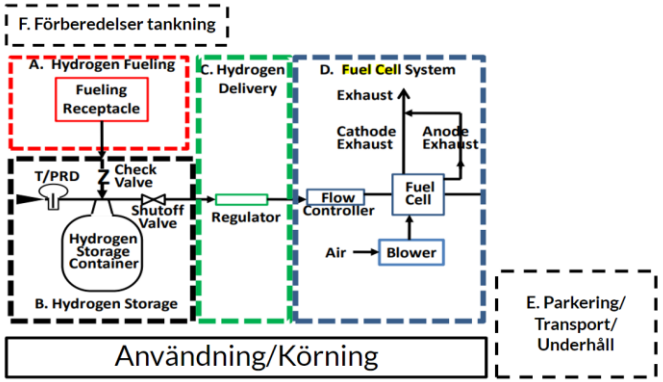
ID	Fara	Orsak	Konsekvens	Förebyggande skydd och barriärer	Riskvärdering (Hälsa & Säkerhet)		Rekommendationer	Kommentarer
					S	K		
B	**Vätgasförvaring**							
B.1	Läckage av vätgas under högt tryck vid färd	Felaktigt materialval (t.ex. CNG ventil) Trasig ventil Skada på rör eller ventil Skada på tanken Permeation genom tank/rör För högt tryck vid/efter tankning/värmekälla Läckage i gängor mellan tank och ventil Utmattning	Gasansamling i förarutrymme (lådan är för öppen och hålle ringen gas, dessutom litet utrymme) som kan leda till jetbrand eller explosion. Gasmoln utanför tuktuk som kan antända. Vid högtryckläckage kommer antändning troligtvis att ske! Gasansamling i lastutrymme som kan leda till jetbrand eller explosion. Gasmoln utanför EVIG som kan antända. Vid högtryckläckage kommer antändning troligtvis att ske.	Förhindra läckage: Provtryckning av systemet med argon, tanken ska testas: Bursttest med vatten. Tankmaterialet ska vara ok för vätgas. PRD/TPRD. Check valve. Excess flow valve. Inspektion och kännedom om historik. Gasdetektorier samt termokamera vid första tankningen med vätgas. Förmildra: Naturlig ventilation. Rördimensioner?! En sida + jalussi bak på lastutrymme alltid öppna. Vätgasdetektor stänger solenoidventil.	2	3	Säkerställ rätt materialval för designen Testa för permeation? Säkerställ kort tid med vätgas under högt tryck. Hur provtrycka tanken med gas? ~~Vätgasdetektor under sätet placerat högt (kan stänga av på huvudventilen, kan bara tömma på lågtryckssidan)?~~ Mekaniskt skydd för tank, ventil och rör? Begränsning i användninngstid? 3 mån? - Ange livslängd från AA granskning Maximal användningstid: EVIG körs när EVIG körs, sedan är den "förbrukad". Föraren bör ha hörselskydd för att skydda trumhinnorna vid en ev. explosion. ~~Kan man bygga in tanken med plåt som är öppen åt sidorna (alt. en sida och skydda av kupé på öppen sida) för att leda ut jetflammor utanför förarutrymmet.~~ ~~Krockskydd (beroende på kör/test scenario) för ventil.~~ Utred hur man bäst detekerar en brand (vätgas, batteri, bränslecell, etc.) i lastutrymmet samt hur föraren får del av denna information.	Konskevens: Brännskador, ej dödligt om man hinner stanna och springa ut? 3 alt 4 (Jonas)? Max 3 enl. Sebastian. Vi har räknat på risk för personsskador från antändning, se figurer till höger (Ett referensvärde för värmestrålning från jetflamma för oskyddade människor under kortare tid är i intervallet 5 – 10 kW/m2 (Runefors 2022). Sebastian: sannolikhet: 1 Fråga från AA granskning: Varför provtryckning med just Argon? Material: PET-sandwich, ca 16 mm. Fundera på om tanken ska skiljas från antändningskällor i lastutrymmet, t.ex. genom en "vägg". Liten risk för krock (inhägnat), om EVIG välter: H2-tank placerad relativt centralt.
B.1.1	Säkerhetsventil löser ut	Brand (TPRD löser vid 110), fel på ventil, för högt tryck (PRD (sprängbleckstyp) löser vid 325 bar) Felfunktion	Utsläpp av gas vid säkerhetsventil innan regulatorn som leds ut ~~neråt~~, ger gasmoln i lastutrymme och möjligen utanför tuktuken, ev. antänding och brand/explosion, kan i sin tur leda till brand i EVIG.	En förare, inhängnat område, åskådare håller sig borta. ~~Inkapsling leder bort gasen ner utanför tuktuken.~~ Om batteri felar stänger solenoidventilen.	2	2	~~Räkna på utsläppet, vad kan hända med föraren?~~ Brandavskiljning av batteri-utrymme och tanken/TPRDn? Begränsning i användingstid? 3 mån? Se B1.	Jonas, Sixten: 2 i sannolikhet Jonatan: 1 Michael sammanställer och skickar ut något om jetflamma + utsläpp. Det finns möjlighet att bestämma riktning på utblås från säkerhetsventiler
B.2	Brand	Föraren röker och antänder sätet. Brand i övriga EVIG (motorrummet, instrumentpanel, kablar, batteri, etc.).	Leder till ökad gastemperatur och gastryck som behöver ventileras via TPRD/PRV (jetflamma) Eller till att tanken brister (tryckkärlsexplosion)	Rökning förbjuden vid provkörningen i projektet. Säkerhetsventiler (tryck + temperatur)	2	1-2	Brandavskiljning mellan batteridel och tank. Brandmotstånd i vägg mellan lastutrymme och hytt. Avstånd från brandexponerad Tuktu/tank ("spring") Utred hur man bäst detekerar en brand (vätgas, batteri, bränslecell, etc.) i lastutrymmet samt hur föraren får del av denna information.	1 om föraren hinner springa iväg.
B.3	Felande ventiler	Handhavande Bristande underhåll Måndagsexemplar	Läckage av vätgas genom tankningsventil eller till bränslecell när ej i drift. Avstängning ej möjlig. Vätgas läcker ut, fördröjd antändning eller direkt antändning.	Dubbla backventiler på tankledning. Vätgassensor ska stänga magnetventil. Manuell avstängning på ledning. Naturlig ventilering av utrustning. Hantering endast i utrymme som kan hantera vätgas och säkerställa <25% LEL (dvs. vid 1% vätgas).	1	1	Utomhus. Tanka in onödigt mycket (så att det räcker till det man tänkt köra, men inte många gånger för mycket).	Utgår från rätt materialval. Från AA granskning: En kommersiell tankventil ska kräva energi för att komma i öppet läge tex 12 V matning (enl erfarenhet) utan energi ska den vara stängd. Kommentar JG: magnetventil ej med på befintliga ritningar, men ingår enligt E8?
B.4	Köldskada på komponenter	Utomhusbruk vintertid. Läckage av vätgas.	Försprödning -> Materialbrott	Utrustning ska klara av kalla temperaturer (bibehålla mekanisk integritet).	1	1		Bränslecell prestanda fungerar ej under +10C (ej säkerhetsrelaterad, men prestanda). Provkörning är planerad till sommarhalvåret.

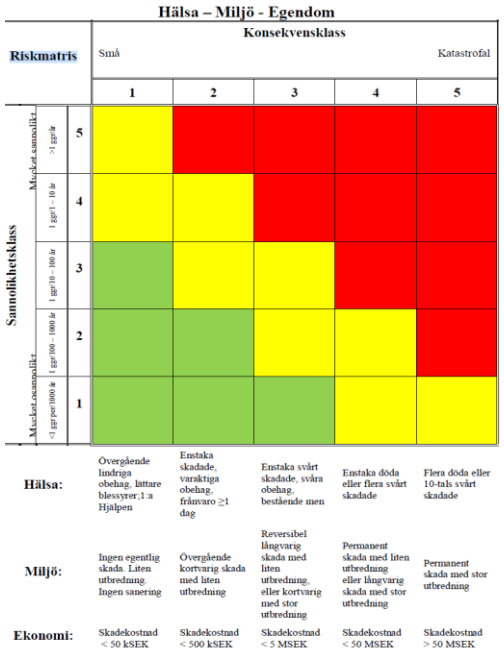
ID	Fara	Orsak	Konsekvens	Förebyggande skydd och barriärer	Riskvärdering (Hälsa & Säkerhet)		Rekommendationer	Kommentarer
					S	K		
C	**Hydrogen delivery**							
C.1	Läckage	Komponentskada eller fel skada på rör vibrationer skadar regulator Läckage i kopplingar.	Direkt antändning -> Jetflamma Fördröjd antändning -> Explosion Ingen antändning -> Ingen konsekvens	Högtryckssidan: Se läckage för tanken. Lågtryckssidan: Excess flow valve stoppar om flödet ökar för mycket. PRV på lycktryckssidan. Vätgassensor i högsta punkt stänger av magnetventilen. Tryckfall (PS2) i lågtrycksdelen stänger magnetventilen.	Se för tanken Lågtryck: Se bränslecell	Se för tanken Lågtryck: Se bränslecell		Regulator separat pryl från RV200 Kolla om Excess flow valve kan vara skyddsåtgärd på andra delar av högtryckssystemet.
C.2	Köldskador	Expanderande gas strömmar genom hål (accelererande gas) -> Blir kall (omvänd Joule-Thomson effekt av mindre betydelse).	Materialskada.	Inget problem (enligt historik)				
C.3	För högt tryck ut från regulatorn	Regulatorn ger fel tryck i lågtrycksdelen.	Se Bränslecellsystemet					

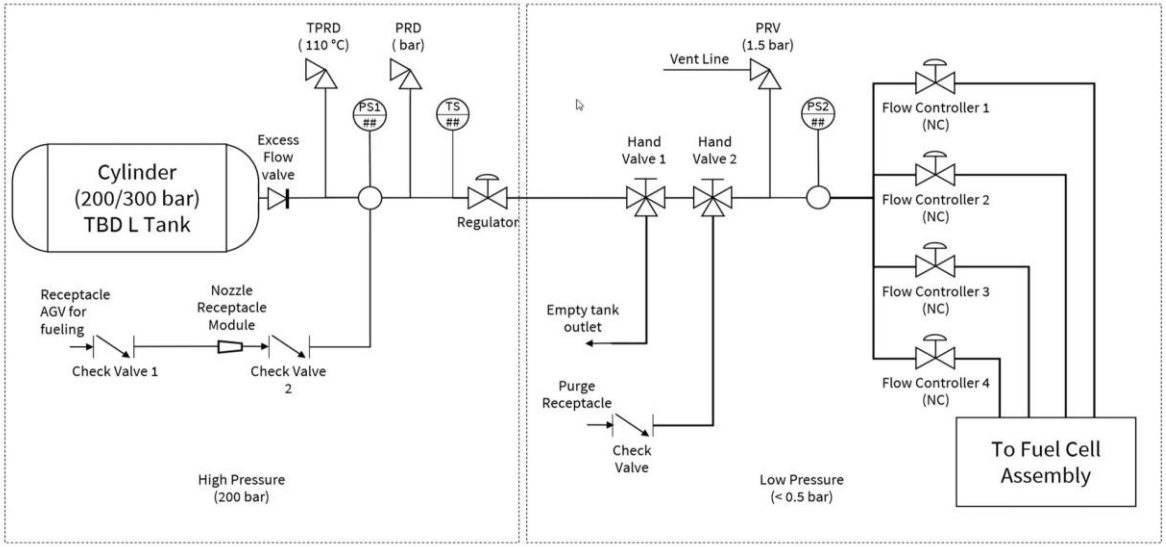
ID	Fara	Orsak	Konsekvens	Förebyggande skydd och barriärer	Riskvärdering (Hälsa & Säkerhet)		Rekommendationer	Kommentarer
					S	K		
D	**Bränslecellsystem**							
D.1	Läckage av vätgas	komponentfel, vätgas genom material	Direkt antändning -> Jetflamma/Flamma? Fördröjd antändning -> Explosion Ingen antändning -> Inget	Beakta risk för Electrostatic discharge (ESD) vid design. Jordning. Vätgas högt i systemet, elektronik lågt i systemet. Solcellen ligger ovanpå taket. ~~Ventilering av utrymme (med fläkt). Backup med möjlighet till passiv ventilation (självdrag).~~ Utrymmet ventileras genom två öppna sidor på EVIG. Bränslecellen kyls aktivt med fläktar. Vätgasdetektor PS2 detekterar tryckfall, stänger magnetventil PS3 tittar på tryckfall (mjukt implementerat) lokalt och stänger av systemet.	2-3	1	Panel som ger information till förare om temperatur och mätning från vätgasdetektor. Instruktion om vad göra om vätgashalten ökar i något utrymme. Stäng av magnetventil (mjukt, automatiskt, men inte hårdtrådat) om FCCU ~~BMS~~ visar på onormalt läge.	Försöker att designa bort. Handlar om potentialutjämning (annars urladdning). Jordning. EVIG kan börja brinna, person förväntas märka detta och springa iväg.
D.2	Extern brand	Batteribrand eller elfel, t.ex. om föraren meckar med något själv.	bränslecellen utsätts för värme och brand och börjar brinna.	Om värme (bränslecell) -> Systemet ska stänga av på magnetventilen. BMS övervakar batteriet	2	1	Stäng av magnetventil om FCCU visar på onormalt läge. Överväg typ av batterikemi (finns det något som är säkrare?)	
D.3	Utsläpp av vätgas	Fel på lufttillförsel som gör att vätgas inte oxideras, eller fel på ventilation som leder till att vätgas släpps ut. Skada på rör, utrustning, kopplinga, fel material, etc. Tömning av systemet inför underhåll.	Se D.1					
D.4	Komponentfel	Fel i ventilaitionen som leder till värmeutveckling (bränslecellen blir varm och måste kylas).	Se D.1					
D.5	För högt tryck ut från regulatorn	Regulatorn ger fel tryck i lågtrycksdelen.	PRV öppnar.	PRV ska skydda mot övertryck.			Titta på riktningen för PRV. Ovanpå locket på bränslecell, riktad uppåt.	

ID	Fara	Orsak	Konsekvens	Förebyggande skydd och barriärer	Riskvärdering (Hälsa & Säkerhet)		Rekommendationer	Kommentarer
					S	K		
E	**Parkering/Transport/Underhåll**							
E.1	Tank innehåller vätgas vid underhåll	Slutar fungera vid körning och måste felsöka/ glömmer att dränera vid underhåll	Utstömmande gas i verkstadslokal som kan leda till brand/explosion	Ventilera ut kvarvarande vätgas genom slang till säker plats.			Ta fram checklista/instruktionsmanual som stöd. Och att man är flera som hjälps åt att följa den.	OBS. vi tyckte inte att sannolikhet och konsekvens behövde graderas utifårn att förebyggande skydd och barriärer följs.
E.2	Tank innehåller vätgas vid transport av tuktuk	Slutar fungera vid körning och måste felsöka/ missar att dränera innan transport		Transport endast tom på vätgas. Kör slut på vätgas i systemet. Ventilera ut det sista.				21 L, 200 bar -> 20 mil/5 h körning
E.3	Tank innehåller vätgas vid parkering		Permeation eller läckage av vätgas i slutet utrymme som kan leda till brännbar blandning.	Parkera ej inomhus/utrymmen med otillräcklig ventilation om TukTuk fylld med vätgas.				
E.4	Luft i tank vid första tankningen (tömning till 0%)	Måste transporteras tom Underhållsarbete Uppstart	Kan syre finnas i systemet vd uppstart som kan leda till mindre explosion?	Se A. Tankning.				Från AA granskning: Är det klokt att tömma systemet helt? Borde man lämna 10 bar för transport? Avhjälper E.4
E.5	Dränering av vätgas	Planerad tömning	Avsiktligt utsläpp av vätgas på lågtryckssidan. Kan den ansamlas eller antändas?	E.1				Vid tömning borde detta ske genom en "flamsläckare" som förhindrar flamma bakåt i systemet. Det borde även finnas i "Empty tank outlet" (se bild i Worddokumentet).

ID	Fara	Orsak	Konsekvens	Förebyggande skydd och barriärer	Riskvärdering (Hälsa & Säkerhet)		Rekommendationer	Kommentarer
					S	K		
F	**Förberedelser**							
E.1	Mekanisk skada	Vätgasflaskor/tuktuk tappas eller körs på av truck.	Utsläpp av vätgas eller jetflamma. Gas kan ansamlas innomhus och ev. antända.	Se A.1				
E.2			Flaskor påverkas för extern brand och riskerar ventilera/brista	Se A.1				


F. Förberedelser tankning
A. Hydrogen Fueling
Fueling Receptacle
C. Hydrogen Delivery
D. Fuel Cell System
Exhaust
Cathode Exhaust
Anode Exhaust
T/PRD
Check Valve
Shutoff Valve
Regulator
Flow Controller
Fuel Cell
Air
Blower
Hydrogen Storage Container
B. Hydrogen Storage
E. Parkering/ Transport/ Underhåll
Användning/Körning


Hälsa – Miljö - Egendom
Riskmatris
Konsekvensklass
Små
Katastrofal
1
2
3
4
5
Sannolikhetsklass
Mycket sannolikt
>1 ggr/år
1 ggr/1 – 10 år
1 ggr/10 – 100 år
1 ggr/100 – 1000 år
Mycket osannolikt
<1 ggr per/1000 år
Hälsa:
Övergående lindriga obehag, lättare blessyrer;1:a Hjälpen
Enstaka skadade, varaktiga obehag, frånvaro ≥1 dag
Enstaka svårt skadade, svåra obehag, bestående men
Enstaka döda eller flera svårt skadade
Flera döda eller 10-tals svårt skadade
Miljö:
Ingen egentlig skada. Liten utbredning. Ingen sanering
Övergående kortvarig skada med liten utbredning
Reversibel långvarig skada med liten utbredning, eller kortvarig med stor utbredning
Permanent skada med liten utbredning eller långvarig skada med stor utbredning
Permanent skada med stor utbredning
Ekonomi:
Skadekostnad < 50 kSEK
Skadekostnad < 500 kSEK
Skadekostnad < 5 MSEK
Skadekostnad < 50 MSEK
Skadekostnad > 50 MSEK


TPRD (110 °C)
PRD (bar)
PS1 ##
TS ##
Excess Flow valve
Cylinder (200/300 bar) TBD L Tank
Regulator
Receptacle AGV for fueling
Nozzle Receptacle Module
Check Valve 1
Check Valve 2
High Pressure (200 bar)
PRV (1.5 bar)
Vent Line
PS2 ##
Hand Valve 1
Hand Valve 2
Empty tank outlet
Purge Receptacle
Check Valve
Low Pressure (< 0.5 bar)
Flow Controller 1 (NC)
Flow Controller 2 (NC)
Flow Controller 3 (NC)
Flow Controller 4 (NC)
To Fuel Cell Assembly

Kommentarer till flik:

A	Lägg till risk att tank/system försvagats pga tex påkörning. En ruptur uppkommer först då trycket kommer upp i kritisk nivå, dvs på tankstationen.
B	
B.1	Varför provtryckning med just Argon?
	Räcker det med att skriva tank ska vara godkänd enligt XXX? Risk finns att vi missar en rad krav på tank om vi själva ska utforma riktlinjer. Ange livslängd
	"Föraren bör ha hörselskydd för att skydda trumhinnorna vid en ev. explosion" -Detta torde vara en separat risk annan än läckage.
	Hur kopplar kW/m2 till personskador?
B.3	Var kommer 25% från? Borde det inte vara 4% LEL?
B allm	Det finns fler tankar kring "Rekommendationer" tex att rikta flödet från TPRD mm.
	En kommersiell tankventil ska kräva energi för att komma i öppet läge tex 24 V matning (enl erfarenhet) utan energi ska den vara stängd
C	
C.2	Det är väl tvärt om? En expanderande vätgas blir varm.
D	
D.2	Intern brand i fordon? Är det bättre benämning? Inget nämns om designen och layout ska styras av detta.
E	Är det klokt att tömma systemet helt? Borde man lämna 10 bar för transport? Avhjälper E.4
E.5	Vid tömning borde detta ske genom en "flamsläckare" som förhindrar flamma bakåt i systemet. Det borde även finnas i "Empty tank outlet" (se bild i Worddokumentet).
F	
Allmänt	Hur fungerar tankstation. Finns inte det några elektriska mer "intelligenta" funktioner?
	Åska och risker förknippade med det.

Datum	Rev	Kommentar
XX	0	Första utkast kastat och kommunicerat
2024-01-16	1	Andreas Anderssons kommentarer tillagda i rött
2024-04-17	2	Uppdaterat riskanalys till EVIG, ändringar i grönt