

Waterstoftank lekkage naast een elektrische laadpaal

WP4 Veiligheidsaspecten en risico's

Auteur: TNO

Dit project is medegefinancierd door TKI Nieuw Gas | Topsector Energie uit de PPS-toeslag onder referentienummer TKI2019 WVIP



Aanleiding

WVIP WP 4 werkt aan kennisvragen voor het borgen van waterstofveiligheid en heeft als doelstelling:

1. Het inventariseren van alle mogelijke veiligheidsrisico's die gepaard gaan met de productie, opslag, transport en gebruik van waterstof.
2. Welke maatregelen zijn noodzakelijk om waterstof als veilige en betrouwbare energiedrager grootschalig te kunnen introduceren en daarmee de publieke acceptatie te vergroten.

Dit document is bedoeld voor alle partijen die bezig waren, momenteel bezig zijn, dan wel in de nabije toekomst betrokken zullen zijn bij de ontwikkeling van de waterstofinfrastructuur en specifiek voor partijen die zich bezighouden met de toepassing van waterstof als brandstof voor mobiliteit over de weg. Dit document geeft handvatten om de vragen en antwoorden die er over dit onderwerp zijn centraal te ontsluiten met het doel de waterstofveiligheid te borgen.

Dit document beantwoordt een van de kennisvragen zoals die zijn geïnventariseerd door de deelnemers van WP4 in 2020. Voor meer informatie over en de totstandkoming van de kennisvragen zie de "inventarisatie van kennisvragen WP4 veiligheidsaspecten en -risico's" op <https://nlhydrogen.nl/wp4-inventarisatie-van-kennisvragen> van het WVIP project.

Het doel van het behandelen van de kennisvraag is om een eenduidig veiligheidsbeeld te scheppen over voertuigen welke een waterstoftank aan boord hebben, met name wanneer deze voertuigen zich in (deels) afgesloten ruimtes bevinden en geparkeerd zijn naast een laadpaal en/of een ladende elektrische auto.

Introductie

Voor het vercommercialiseren van en het draagvlak creëren voor waterstof aangedreven voertuigen, is de veiligheid van dergelijke voertuigen van groot belang. Waterstof is een klein molecuul dat eenvoudig kan ontsnappen/lekkende. Het heeft daarnaast een breed brandbaar gebied in termen van concentratie waterstof in de lucht en het heeft een relatief lage ontstekingsenergie ten opzichte van de conventionele brandstoffen. De meeste waterstofauto's worden aangedreven middels een brandstofcel gekoppeld met een composiet tank waar de waterstof onder hoge druk in wordt opgeslagen. De veiligheidszorgen van dergelijke voertuigen worden vooral ingegeven door de effecten die kunnen ontstaan ten gevolge van een botsing met een dergelijk voertuig, alsmede wat er gebeurt als een dergelijk voertuig begint te lekken in een (deels) afgesloten ruimte, zoals een parkeergarage, tunnel, remise, loods en boot. Een relatief onbekende in deze situatie is wat er kan gebeuren als een waterstof-lekkende waterstofauto naast een opladende elektrische auto staat. Voor de beantwoording van deze vraag is uitgegaan van het opladen van een elektrische auto middels een stekker en niet middels inductie.

Kennisvraag

In licht van bovenstaande, is de volgende kennisvraag geformuleerd:

Een auto met een waterstoftank onder hoge druk staat in de directe nabijheid van een elektrische laadpaal, terwijl er een lekkage is van waterstof vanuit de auto. Kan dit resulteren in een incident en zo ja, wat is dat incident dan?

Uitwerking van de kennisvraag

Er zijn geen literatuurbronnen voorhanden die deze kennisvraag specifiek adresseren middels feitelijke (experimentele) gegevens. Om alsnog een antwoord op deze vraag te geven, moet deze vraag verder uitgesplitst worden. Er zitten drie deelvragen in deze kennisvraag:

1. Hoe groot is de lekkage van waterstof van een auto die rijdt op waterstof, (geparkeerd) staande naast een laadpaal?
2. Kan dit resulteren in een brandbare wolk die zich kan vormen in de directe nabijheid van een elektrische laadpaal?
3. Wat is de kans dat een laadpaal elektrische vonken kan genereren die van voldoende sterkte zijn om de gevormde waterstofwolk te doen ontsteken?

Voor de eerste twee deelvragen gaat het om de kans op het vormen van een brandbare waterstofwolk. Op het moment van schrijven van dit document is er te weinig statistisch relevante informatie voorhanden om een daadwerkelijk getal te kunnen produceren. Rodionov et al. [1] hebben een poging gedaan om de kans te definiëren op een lekkage van een geparkeerde auto met een waterstoftank. Kleinschalige lekkages ten gevolge van bijvoorbeeld een lekkende O-ring of aanverwante zaken zullen in de meeste gevallen niet tot een dussdanige brandbare gaswolk leiden dat dit een gevaarlijke situatie oplevert. In geval van een grotere lekkage heeft Spoelstra [2] berekeningen uitgevoerd voor de situatie dat de leiding leegloopt die zich bevindt tussen de waterstoftank en de brandstofcel. In dat geval komt er ruwweg 15 liter waterstof instantaan vrij [2]. De concentratie bij de bron zal dan uiteraard het hoogst zijn, maar door de lage dichtheid van waterstof zal er in de directe nabijheid van de auto (50 cm) een concentratie van 0,07 vol% worden gevormd, substantieel lager dan de onderste explosiegrens (4 vol%) [2]. Dit geldt voor een situatie waar er geen sprake is van luchtstroming. In een open ruimte zal de concentratie nog lager uitvallen. In een (deels) afgesloten ruimte, zoals een parkeergarage, zal de concentratie eveneens lager uitvallen als er sprake is van mechanische en/of natuurlijke ventilatie.

Aan de andere kant van het spectrum van mogelijke lekkages, bestaat er de situatie waarbij de waterstoftank van een geparkeerde auto rijdende op waterstof, in zeer korte tijd leegloopt. In dat geval zal zich een grote brandbare gaswolk vormen en bestaat de kans op ontsteking. In dergelijke situaties hoeft de aanwezigheid van een laadpaal niet meer uniek/bepalend te zijn voor het resulterende incident, daar er meerdere ontstekingsbronnen in de directe nabijheid aanwezig kunnen zijn. Echter, de kans dat een waterstoftank van een geparkeerde auto spontaan zal scheuren en/of bezwijken, dan wel het spontaan falen van bijvoorbeeld een drukontlastingsventiel is verwaarloosbaar klein [3].

Er moet hier worden opgemerkt dat de situatie waarbij een waterstoftank van een auto bezwijkt ten gevolge van een aanrijding, buiten beschouwing is gelaten. Hiervoor wordt verwezen naar andere kennisvragen¹

Voor het beantwoorden van de derde deelvraag gaat het om de mogelijkheid dat een laadpaal vonken kan genereren. Een laadpaal is niet per definitie intrinsiek veilig, aangezien vonkvorming mogelijk is [4]. Echter, laadpalen voldoen op het moment van schrijven van dit document (nog) niet aan de ATEX-richtlijnen en moeten bij gebruik op bijvoorbeeld een multifuel-station buiten de ATEX-zone van de brandbare brandstoffen worden geplaatst [4]. Hierbij kunnen drie situaties onderscheiden worden, zijnde een laadpaal die niet gebruikt wordt, een laadpaal in gebruik naast een geparkeerde elektrische auto en de situatie dat een stekker van een elektrische auto aan- of afgekoppeld wordt. De kans op het creëren van vonken is het grootst in de laatste twee situaties [4]. Concrete informatie ontbreekt op dit moment echter, omdat onvoldoende bekend is onder welke omstandigheden vonken gevormd kunnen worden en welke sterkte de gevormde vonken hebben.

Discussie

Voor het kunnen beantwoorden van de vraag of een lekkage van een waterstofauto die geparkeerd staat naast een laadpaal, tot een explosie zou kunnen leiden, moet rekening gehouden worden met de omvang van de gevormde brandbare waterstofwolk, het concentratieprofiel in de wolk en de mogelijkheid dat een laadpaal een vonk van voldoende sterkte kan genereren om deze wolk te doen ontsteken. Om met deze laatste te beginnen; een laadpaal voldoet (nog) niet aan de ATEX-regelgeving en hiermee kan gesteld worden dat een laadpaal per definitie als potentiële ontstekingsbron moet worden aangemerkt. Gezien de lage ontstekingsenergie van waterstof, is de kans dat er een vonk gevormd wordt van voldoende sterkte om de brandbare wolk te ontsteken, reëel.

Om tot een mogelijke ontsteking van een brandbare waterstofwolk te komen, moet de gevormde wolk een zekere concentratie te hebben en de wolk moet de laadpaal kunnen bereiken. De kans op een lek is klein en als er al een lek is, bevindt het waterstof-luchtmengsel zich dicht bij of boven de waterstofauto door het grote stijgend vermogen van waterstof. De wolk is daarmee klein en de kans dat deze wolk met de juiste concentratie ver genoeg zal reiken om ontstoken te worden door de nabijgelegen laadpaal, is klein. Het spontaan falen/leeglopen van een (volledig) gevulde waterstoftank van een geparkeerde auto wordt verwaarloosbaar klein geacht.

In geval het lek dusdanig groot is dat deze ontstoken kan worden door een op dat moment optredende vonk in de laadpaal, zullen de effecten bepaald worden door meerdere factoren. Deze

¹ “Een auto met een waterstoftank onder hoge druk is betrokken bij een ongeluk. Door een breuk in een van de leidingen stroomt de inhoud van de tank leeg. Gedurende dit leegstomen ontsteekt waterstof-lucht mengsel instant. Wat is het effect op de constructie en de omgeving XXXXXX” en “Een auto met een waterstoftank onder hoge druk is betrokken bij een ongeluk. Door een breuk in een van de leidingen stroomt de inhoud van de tank leeg. Gedurende dit leegstomen wordt het waterstof-lucht pas na een zekere tijd door een externe bron ontstoken. Wat is het effect op de constructie en de omgeving XXXX”?

factoren zijn onder meer de locatie van de auto plus laadpaal (open versus deels afgesloten ruimte), positie van de uitstroomopening ten opzichte van de laadpaal en het moment van ontsteking (directe ontsteking versus vertraagde ontsteking). De effecten variëren van een fakkelbrand tot een gasexplosie in een deels afgesloten ruimte met mogelijke schade aan de constructie van die ruimte. Afhankelijk van de situatie kan de brandbare gaswolk ook niet tot ontsteking komen en wordt het waterstof verder verdund in de atmosfeer. Gezien voorgaande analyse wordt verwacht dat de kans op het optreden van een dergelijk 'grote' wolk en het op dat moment ook aanwezig zijn van een vonk van voldoende sterkte in de laadpaal klein is.

In het kader van de geschetste scenario's en met name een explosie in een deels afgesloten ruimte, is het aan te bevelen om lessen te trekken uit de PGS 26 (CNG en LNG. Richtlijn voor het veilig bedrijfsmatig stallen, onderhouden en repareren van motorvoertuigen) [5].

Conclusies

De kans dat een waterstofauto een zodanige lekkage heeft dat een brandbare waterstofwolk gevormd kan worden die ontstoken wordt door een elektrische laadpaal, is verwaarloosbaar klein. Als dit scenario alsnog optreedt, is er een kans op een brand, een fakkelbrand en/of een gasexplosie, afhankelijk van de lokale omstandigheden.

Aanbevelingen

Voor het veilig introduceren van waterstofauto's is het van belang om ontstekingsbronnen weg te nemen. Daarom wordt aanbevolen om laadpalen van elektrische auto's te laten voldoen aan ATEX-richtlijnen. Verder wordt aanbevolen om de relevante informatie uit de PGS 26 en de in ontwikkeling zijnde PGS 38 in dit verband mee te nemen in verdere besluitvorming.

Referenties

1. Rodionov, A., Wilkening, H., & Moretto, P. (2011). Risk assessment of hydrogen explosion for private car with hydrogen-driven engine. *International journal of hydrogen energy*, 36(3), 2398-2406.
2. Spoelstra, M.B. (2021). Waterstofauto's in parkeergarages. IFV report.
3. Zhang, M., Lv, H., Kang, H., Zhou, W., & Zhang, C. (2019). A literature review of failure prediction and analysis methods for composite high-pressure hydrogen storage tanks. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(47), 25777-25799.
4. Van der Graaf, P.J., & van Liempd R. (2021). Veiligheidsaspecten van multifuel tankstations, v IFV report.
5. Adviesraad Gevaarlijke stoffen, Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen (PGS) 26. CNG en LNG. Richtlijn voor het veilig bedrijfsmatig stallen, onderhouden en repareren van motorvoertuigen. Versie 0.2. April 2020.