

Infokaart (externe) veiligheid: Waterstoftankstations

Algemene beschrijving waterstoftankstations

Nederland telt momenteel vier waterstoftankstations (Rhoon, Arnhem, Delfzijl en Helmond) en groeit naar 210 in 2030. Waterstof is geen primaire energiebron, maar vormt de schakel tussen energiebronnen zoals wind, zon en biomassa. Waterstof is zeer licht ontvlambaar, geur-, kleur- en smaakloos, niet giftig en niet bijtend. Het is lichter dan lucht en heeft een zeer lage ontstekingsenergie. Waterstof als brandstof is meestal samengeperst en opgeslagen onder zeer hoge druk (200 - 1.000 bar). De energiedichtheid is 120 MJ/kg.

De productie van waterstof kan op verschillende manieren gebeuren. Bij elektrolyse wordt waterstof uit water gewonnen en wordt elektriciteit gebruikt om waterstof en zuurstof van elkaar te scheiden. Met elektrolyse van water wordt 5% van het waterstof geproduceerd. Bij het verwerken van aardolie of andere chemische processen ontstaat waterstof als bijproduct.

Waterstof kan ter plaatse bij tankstations worden geproduceerd uit aardgas of groengas door stoomreforming. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een tussenopslag met een buffervoorraad. Waterstofgas kan in de buurt van een waterstoftankstation worden geproduceerd en worden getransporteerd via een gasleiding. Waterstof kan ook worden aangeleverd met een tube- of cilindertrailer. Een tubetrailer bestaat uit meerdere cilinders, die onderling verbonden zijn. Dit zijn meestal 8 tot 54 cilinders.

Het vulpistool van een waterstofpomp (afbeelding 1 en 2)¹ wordt aangesloten op de tankaansluiting, waarna een 'lektest' plaatsvindt. Wanneer de aansluiting lekdicht is gerealiseerd, start het tankproces². Per tankbeurt voor een auto wordt in drie minuten, met een druk van 350 bar, ongeveer vijf kilo waterstof getankt. Voor bussen gebeurt dit met een druk van 700 bar. De afleverdruk wordt opgewekt door een compressor.



Verbinding waterstofpomp



Verbinding waterstofpomp

Voertuigen op waterstof rijden op elektriciteit. De auto's tanken waterstof, die in het voertuig door een zogeheten brandstofcel wordt omgezet in elektrische energie. Om ongecontroleerde drukopbouw door een externe brand te voorkomen is een overdrukbeveiliging aangebracht die waterstof gecontroleerd afblaast wanneer de temperatuur te ver oploopt (kritische temperatuur: 110 °C). Dit is een Thermally-activated Pressure Relief Device (TPRD).

¹ Foto's: Tankpro

² Tankpro, het vakblad voor tankstations. 04-09-2014

De PGS 35 bevat relevante informatie in het kader van vergunningsverlening. Het Besluit kwaliteit leefomgeving stelt dat bij aanleg van waterstoftankstations een plaatsgebonden risicocontour en brandaandachtsgebied in acht moet worden genomen.

Kans van optreden

In de memo 'risico- en effectafstanden waterstoftankstations' staan de volgende faalfrequenties:

- brand in de omgeving van de tubetrailer is $9,7 * 10^{-5}$,
- lek in tussenopslag 950 bar) is $1 * 10^{-5}$,
- instantaan falen tussenopslag (440 bar) is $5 * 10^{-7}$ en
- fakkelbrand is $1,39 * 10^{-7}$.

Risico's en effecten

Het meest geloofwaardige scenario is dat door een externe beschadiging, bijvoorbeeld een botsing (of een brand in de omgeving), een tube instantaan bezwijkt. Waterstof komt explosief vrij, ontsteekt direct en vormt een vuurbal. Effecten De effecten van dit scenario zijn overdruk, rondvliegende brokstukken en direct vlamcontact. Deze effecten kunnen slachtoffers en schade in de omgeving veroorzaken. Overdrukeffecten zijn leidend voor het schade- en slachtofferbeeld.



Onder hoge druk is de uitstroom van waterstof hoorbaar. Wanneer waterstof onder hoge druk uit de tank ontsnapt, kan een fakkelbrand ontstaan. Dit is een vlam waarbij temperaturen van 1.500 °C bereikt kunnen worden. Onder normale omstandigheden is de vlam nauwelijks zichtbaar. Stralingswarmte van een waterstofvlam is veel lager dan bij andere brandstoffen. Een fakkelbrand kan 10-15 meter lang worden bij een opening van vier millimeter en een druk van 700 bar. In onderstaande tabel staat de afstand tot de PR 10^{-6} contour met de effectafstanden voor alle relevante scenario's weergegeven.

Direct vlamcontact wordt enkel en zeer kortstondig (enkele seconden) verwacht binnen de straal van de vuurbal. Onbeschermd binnen deze straal is de overlevingskans zeer gering. Binnen in een gebouw of buiten de straal van de vuurbal zijn vanwege warmtestraling geen

effecten te verwachten. Een tabel met effecten op basis van warmtestraling is daarom niet aanwezig.

In de onderstaande tabel zijn de effecten van overdruk weergegeven. De inhoud van de tabel wijkt af van de gebruikelijke indeling met 3 ringen bij warmtestraling. Binnen de eerste ring komt 100% van de aanwezigen te overlijden. In de tweede en de derde ring is de grens 1% T3 slachtoffers. Hiernaast is een gebied toegevoegd tot waar 1% ruitbreuk kan optreden. De effectafstanden zijn berekend vanaf het cilinderpakket.

	Effectafstand (meter)	Overdruk (bar)	Schade aan objecten	Indicatie slachtoffers(%)	
				Binnen	Buiten
1e ring	≤ 12	> 0,3	<u>Totale verwoesting >0,8 bar</u> Volledige instorting van gebouwen. Meer dan 75% van alle buitenmuren zijn ingestort. <u>Zware schade</u> Onherstelbare schade 50-70% van de buitenmuren zijn zwaar beschadigd. De overige muren zijn onbetrouwbaar geworden.	100% letaal	100% letaal
Grens 1e ring	12	0,3			
2e ring	12 tot 13	0,3 tot 0,2	<u>Gemiddelde schade</u> Beschadigde daken. Ernstige beschadigingen aan draagconstructies, ontzette muren, scheuren in gevels	2,5% letaal 21,5% T1/T2 1% T3	1% T3
Grens 2e ring	13	0,2			
3e ring	13 tot 21	0,2 tot 0,1	<u>Lichte schade</u> Schade aan deurposten (tot 0,15 bar). Bewoonbaar na kleine reparaties. Herstelbare schade.	2,5% letaal 21,5% T1+ T2 1% T3	1% T3
Grens 3e ring	21	0,1		0%	0%
Ruitbreuk gebied	75	0,1 tot 0,02	Tot op 75 m (0,02 bar) treedt 1% ruitbreuk dubbel glas op.		

- De in deze tabel gegeven percentages bij slachtoffers zijn secundair. Direct slachtoffer worden van overdruk, zoals door longschade, is niet bepalend voor het letsel. Binnen wordt het letsel m.n. veroorzaakt door scherfwerking en het instorten van gebouwen en muren. Buiten wordt het letaal letsel m.n. veroorzaakt door een combi van brokstukken, fragmenten en omverwerpen met hersenletsel als gevolg. Brokstukken en fragmenten kunnen tot op grotere afstand letsel veroorzaken dan in de slachtofferpercentages is meegenomen.
- Vanwege de leesbaarheid van de tabel zijn de grenswaarden voor materiële en persoonlijke schade gelijkgeschakeld. Voor de indeling van schade aan objecten worden eigenlijk net andere grenswaarden gebruikt. De waarden 0,3 = 0,35 bar en 0,2 = 0,17 bar.

Bestrijdbaarheid (optreden brandweer)

Bij een waterstof-fakkelbrand zijn geen bronbestrijdingsmaatregelen mogelijk. De hulpverleners trekken zich terug tot buiten het te verwachten effectgebied als veilig optreden niet mogelijk is of, zodra de lekkage is gestopt en ontsteking van de uitgestroomde waterstof niet meer mogelijk is, de dreiging geweken is.

Brandweer processen en -taken nadat een fakkelbrand heeft plaats gevonden, zijn primair gericht op: (1) redden, (2) uitbreiding voorkomen en (3) blussen van branden in de omgeving.

Benodigheden:

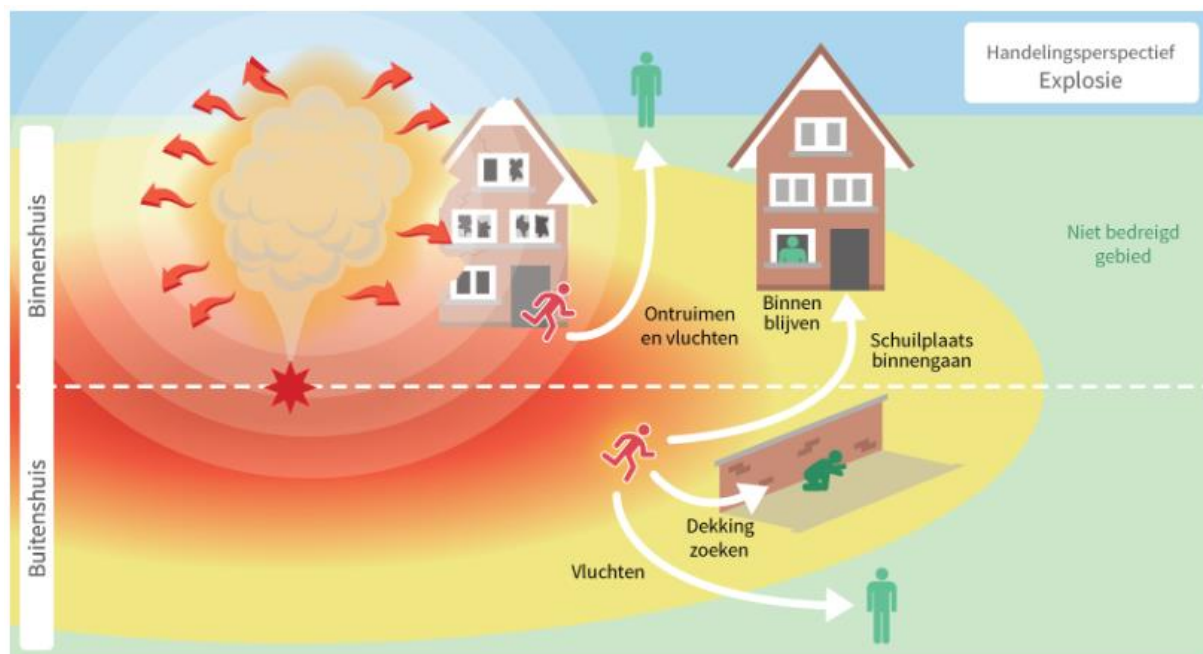
- [Gebied] en [tankstation] tweezijdig toegankelijk vanuit tegengestelde windrichtingen;
- Geschikte opstelplaatsen;
- Effectieve (grootschalige) bluswatervoorziening;
- Passende (grootschalige) slagkracht brandweer;
- Repressieve voorbereiding op een scenario bij een waterstof-tankstation.

Zelfredzaamheid

Na ontsteking zijn direct de effecten merkbaar en duurt de fakkelbrand afhankelijk van de druk in de tank 15 tot 30 minuten. De fakkelbrand is niet zichtbaar maar de hittestraling is duidelijk voelbaar voor aanwezigen. Als er wel een lekkage is, maar het waterstof is nog niet ontstoken dan is het gevaar voor de aanwezigen mogelijk niet direct herkenbaar. Na ontsteking zijn de effecten, hittestraling, direct merkbaar.

De aanwezigen kunnen op dat moment de effectieve strategie voor zelfredzaamheid juist inschatten:

- Voor personen buiten is het handelingsperspectief vluchten (uit het zicht van de brand, onder dekking van objecten zoals muren).
- Als er schuilmogelijkheden zijn, is voor personen dekking zoeken of een schuilplaats binnen gaan een goed handelingsperspectief.
- Voor personen binnen, dichtbij de bron (daar waar gebouwen ontbranden of instorten) is het handelingsperspectief ontruimen en vluchten.
- Voor personen binnen, op grotere afstand van de bron (daar waar gebouwen niet ontbranden of instorten) is het handelingsperspectief binnenblijven.



- Aanwezigen in [object] zijn zelfredzaam
- Als brandoverslag naar [object] (mogelijk) plaatsvindt moeten de aanwezigen dit object ontluchten:
 - [Object] heeft (nood)uitgangen die van de bron af gericht zijn;
 - [Gebied] heeft infrastructuur die van de bron af gericht is;
 - Omgeving schermt infrastructuur af tegen hittestraling gedurende ontluchting.
- Veilige verzamelplaats is beschikbaar

Maatregelen [per aanvraag beoordelen]

Bronmaatregelen om de kans te beperken:

- Verwijderen van de risicobron (sanering tankstation)
- Begrenzen van de doorzet
- Bedrijfsveiligheid: kans op ongeval verlagen (bijvoorbeeld door een geïsoleerde opstelplaats)
- Opstelplaats op een (wegrij)strook met een toegestane snelheid van maximaal 70 km/u.

- Opnemen van een alarmering en noodstop die bij onverwachte drukvallen de flessen afsluit en ventilatie start (Kjorbo).
- De gehele installatie op afstand te monitoren en de veiligheden kunnen inschakelen (Kjorbo).

Maatregelen om de effecten te beperken:

- Toepassen van venstertijden voor laden en lossen
- Brandwerende materialen en gevel tot en met de 2e ring.
- Dekkend systeem om aanwezigen in het effectgebied te waarschuwen

Planologische mogelijkheden:

- Alternatieve locaties [object] onderzoeken;
- Alternatieve indeling [gebied] onderzoeken;
- Vergroten afstand waterstoftankstation en [object];
- Neem de externe veiligheidsafstanden volgens het memo van het RIVM in acht;
- Alternatieve indeling [object] onderzoeken;
- Neem de interne veiligheidsafstanden volgens PGS 35 in acht;
- Personendichtheden verminderen.

Randvoorwaarden voor de hulpverlening:

- Bereikbaarheid [waterstoftankstation] borgen;
- Bereikbaarheid [object] borgen;
- Bluswatervoorzieningen voor en opstelplaats(en) bij [object/waterstoftankstation] borgen.

Randvoorwaarden voor zelfredzaamheid:

- Risicocommunicatie om risicobewustzijn te vergroten;
- (Nood)uitgangen en vluchtroute van de bron af richten;
- Bedrijfsnoodplan en BHV inrichten en oefenen met (aanstaand) scenario met waterstof;
- Verzamelplaatsen kiezen en inrichten op scenario met waterstof.

Restrisico [per aanvraag beoordelen]

De maatregelen zijn gericht op het voorkomen en/of beheersen van een incident met waterstoftankstations. Na uitvoering van de geadviseerde maatregelen blijft een restrisico over.

Incidenten

- Kjorbo, explosie en brand bij waterstoftankstation, 10 juni 2019

Referenties

1. Brandweer Amsterdam, Amstelland, Handreiking voor optreden tijdens incidenten met waterstoftoepassingen
2. <https://www.ifv.nl/kennisplein/Paginas/Themapagina-Multifuel-tankstations.aspx>
3. Instituut Fysieke Veiligheid, Bestuurlijke handreiking vergunningverlening waterstoftankstations, 19 juni 2019
4. Instituut Fysieke Veiligheid, Infoblad Energietransitie ten bate van veiligheidsregio's, 23 juli 2019
5. Instituut Fysieke Veiligheid, waterstof als brandstof voor voertuigen: aandachtspunten voor incidentbestrijding, 12 juni 2018
6. PGS 35 Afleverinstallaties van waterstof voor wegvoertuigen, april 2015
7. RIVM, memo risico- en effectafstanden waterstoftankstations, 3 oktober 2016
8. Scenarioboek Externe Veiligheid (<http://www.scenarioboek.nl>), 28 januari 2020
9. Tankpro, Het vakblad voor tankstations, 4 september 2014

