

RISICO'S WATERSTOF

- **Zeer brandbaar** gas (waterstof is zeer licht ontvlambaar, zeer lage ontstekingsenergie nodig).
- **Hoge druk** (opslag waterstof vindt plaats in drukhouders, oplopend tot 1.000 bar).
- Waterstof is 14 keer lichter dan lucht. Het verspreidt zich daardoor snel in de omgeving.
- Kans op **krachtige explosie**. Houd bij besloten ruimtes rekening met kans op ophoping vrijgekomen gas. Zoals bij parkeergarages, werkplaatsen, tankstations en tunnels etc.
- Vrijkomend gas is niet zichtbaar (wolk niet zichtbaar), kan zich divers verspreiden. Verken object goed met warmtebeeldcamera (WBC)!
- Voertuigen rijden vaak op **combinaties van brandstoffen** (elektrische delen en waterstof).

KENMERKEN WATERSTOFVOERTUIGEN

- **Personenauto's** zijn vaak **niet herkenbaar** als waterstof- aangedreven (tanks niet zichtbaar).
 - Tanks zijn vaak geplaatst aan achterzijde voertuig (onder achterbank/kofferbak, of onder carrosserie)
 - Afblaasrichting veiligheidsventiel verschilt per merk en type voertuig. Vaak naar onderen (naar achter)
 - Druk in de tank is maximaal 700 bar
- **Bussen en vrachtwagens** zijn vaak te herkennen aan een visuele aanduiding op de opbouw (reclame).
 - Tanks liggen vaak op het dak van de bus (al dan niet ingebouwd), of achter de cabine van de vrachtwagen
 - Afblaasrichting naar boven (staande bus)
 - Druk in de tank is maximaal 350 bar
- Kenmerkend voor waterstofvoertuigen is de brandstofcel aan voorzijde voertuig (motorcompartiment).
- Onder de motorkap zijn de verschillende onderdelen herkenbaar gemaakt met kleuren (conform ISO-norm).
- Brandstoftanks zijn voorzien van overdrukventiel(en). Vaak een Thermal Pressure Relief Device, waarbij het ventiel smelt bij warmte, en de druk wordt afgeblazen.
- Afblaasrichting tanks is per type (en merk) voertuig verschillend. De fakkellengte varieert tussen 10 en 25 meter.
- Raadpleeg Crash Recovery System/ADAC bij bepalen richting afblaasventiel.
- Waterstof aanwezig in hoge druk (tank), middendruk (leidingen) en lage druk (elektrolyser/motorcompartiment).

BESTRIJDING WATERSTOFSCENARIO'S**Mogelijke hulpmiddelen:**

- Warmtebeeldcamera
- Explosiegevaarmeter
- CO-meter
- Gehoorbescherming

Neem contact op met OvD/AGS; zij kunnen nadere informatie ophalen bij het LIOGS.

Benader objecten waaruit waterstof kan vrijkomen onder een hoek van 45° i.v.m. het risico van afblazen en daarbij komende vlam/druk van vrijkomend gas. Gebruik CRS om afblaasrichting bij voertuigen te achterhalen!

Scenario: Voertuigbrand (H₂ aangedreven)

*Bij een voertuigbrand kan aanstraling van de tank ervoor zorgen dat de veiligheidsvoorzieningen op de brandstoftank in werking worden gezet. Dit betreft een smeltzekering (TPRD) met een fakkelbrand tot gevolg. Bij volledige aanstraling van een brandstoftank faalt deze gemiddeld na **6-12 minuten** (komt overeen met aankomst brandweer).*

- Een fakkel (a.g.v. afblazen tank) duurt ongeveer 30 seconden. De tank is dan nog niet leeg, maar de druk is atmosferisch (houd hier aandacht voor!).
- **Houd rekening met de veiligheidsafstanden (veiligheidszone, pagina 2)**. Benader het voertuig vanaf de voorzijde, onder een hoek van 45°. Benader het voertuig **NOOIT** vanaf de achterzijde in een zone van 25 meter.
- Houd bij het opstellen van het blusvoertuig rekening met de afblaasrichting van de afblaasveiligheid!
- Houd minimaal 25 meter afstand i.v.m. kans op ontstaan fakkelbrand **en zeer hard geluid (>140dB)**.
- **Waterstofbrand** (fakkel) niet blussen, **uitbreiding voorkomen door** koelen omgeving. Altijd in de richting van de fakkel mee koelen.
- **Controleer met een warmtebeeldcamera de lengte van de vlam (deel is onzichtbaar!) en de omgeving.**
- **Benader het voertuig altijd onder dekking van een straal** en blus de voertuigbrand zo snel mogelijk met zoveel

mogelijk water af. **Gebruik** hierbij zoveel mogelijk de **worplengte van de (Lage Druk) straal!**

Scenario: Waterstofbrand (drukbrand)

- Houd minimaal 25 meter afstand i.v.m. lengte fakkel en zeer hard geluid (>140dB).
- Ontruim omgeving tot 50 meter afstand.
- Stel met de warmtebeeldcamera vast hoe groot de vlam is (inschatten risico's).
- Waterstofbrand/-vlam niet blussen, uitbreiding incident voorkomen door **koelen omgeving** (objecten in direct vlamcontact)!
- Altijd met richting van de fakkel mee koelen.
- Stel vast waardoor de drukbrand wordt veroorzaakt: afblaasventiel of andere lekkage?

Scenario: Aanstraling van de brandstoftank (ander type brand dan waterstof, bijv. voertuigbrand)

Bij een voertuigbrand, aangedreven op waterstof, kan de waterstoftank worden aangestraald, met als gevolg dat deze zal afblazen.

- Indien mogelijk: koel de tank met zoveel mogelijk water, of voorkom dat de tank wordt aangestraald. Dit kan zolang er GEEN waterstoflekkage is. Gebruik hierbij de worplengte van de straal!
- Houd minimaal 25 meter afstand i.v.m. kans op ontstaan fakkelbrand **en zeer hard geluid (>140dB)**.
- **Indien een waterstofauto wordt aangestraald:** voorkom overslag/opwarmen tank, door voertuig af te schermen met een waterstraal. Gebruik hierbij de worplengte van de straal!
- **Benader het voertuig altijd** onder dekking van een straal **en blus brand zo snel mogelijk zoveel mogelijk af!**

SITUATIESCHETS VOERTUIGEN

Foto 1: fakkelbrand waterstof alleen zichtbaar met WBC, stralingswarmte neemt rondom vlam sterk af.



Foto 2: experiment voertuigbrand met waterstof. Aix en Provence, 2014
- Fakkel bij waterstofvoertuig (700bar)
- Zichtbare vlam is klein deel van grote onzichtbare vlam
- Totaal duurt vlam/afblazen +/- 30 seconden. Onder hoge druk (veel geluid >140dB)



Foto 3 (links): huidige herkenning H₂-voertuigen.
Figuur 3a (rechts): voorstel voor symbool op voertuig t.b.v. aanduiding H₂-aandrijving van voertuig.

Bron van de plaatjes: Marijn Veenstra en Jetty Middelkoop, bezoek aan ENSOSP 2014.

ACHTERGRONDINFORMATIE
Voertuigen op waterstof

- Locatie van de brandstoftank (en afblaasrichting) is per type voertuig verschillend.
- Draag incident over aan exploitant/ eigenaar indien gevaar is geweken en voor brandweer weinig mogelijk is
- Afblazen van een tank vindt plaats na opwarming, houd rekening met de inzet dat dit vlak na ter plaatse komen kan plaatsvinden (6-12 minuten volledige aanstraling¹ tank= kans op falen!)
- Naast aanwezigheid van waterstof, is ook elektriciteit (hoge- en middenspanning) aanwezig. Voornamelijk in motorcompartiment. Houd daarom rekening met mogelijkheid tot gevaar voor electrocutie.
- Veiligheidsafstanden t.b.v. falen van een tank (explosie, onbeschermd):

	Dood (m)	Gewond (m)	Veilige afstand (m)
Bus/Vrachtwagen: 350bar/170l	2	16	90
Auto: 700bar/33l	1,4	11	57
Scooter, 700bar/12l	1	7,5	35

Bron: presentatie Universiteit Ulster, waterstofconferentie Summerschool Athene, september 2017

- Houd rekening met de volgende (minimale) afstanden bij een uitstroomopening van 5mm (TPRD)

Noot: afstanden zijn in verlengde van het uitstroompunt, dus niet haaks op de vlam.

Druk Insluitsysteem (Bar)	Lengte van de fakkel (m)	Hittestraling (m) 35 (kw/m ²)	Hittestraling (m) 10 (kw/m ²)	Hittestraling 3 (kw/ m ²)
100	4	4	5	7
200	5	6	8	11
300	6	7	10	13
400 (350 bus/vrachtwagen)	8	9	12	16
500	9	10	14	18
600	10	11	15	20
700 (personenauto)	11	12	17	22

Tabel: minimale afstanden in meters bij het scenario van een gat van 5 mm gevolgd door brand, bron: Brandweer Amsterdam-Amstelland (document: Handreiking voor optreden tijdens incidenten met waterstoftoepassingen)

Let op: voor 1000 bar geldt op basis van extrapolatie, op basis van bovenstaande tabel, de eerste werkcirkel van ca **30** meter.