

- Waar waterstof in deze richtlijn wordt genoemd, wordt gasvormig waterstof (onder druk) bedoeld.
- De drukken H₂ variëren tussen 150 en 1000 bar per type gebruik:
 - vervoer H₂: opslag in cilinders (drukhouders) van tussen 150 en 300 bar
 - bussen/vrachtwagens 350 bar en personenauto's 700 bar
 - lokale H₂ productie tot 1000 bar.
- UN 1049/ GEVI 23

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN WATERSTOF (H₂, opgeslagen onder druk)

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Veel lichter dan lucht (14x) • Geur- en kleurloos | <ul style="list-style-type: none"> • Explosiegrens 4 - 76% • Zeer brandbaar, lage ontstekingsenergie nodig |
|--|--|

RISICO'S WATERSTOF

- **Kans op fakkelbrand**, omdat waterstof wordt opgeslagen onder **hoge druk** (tussen 150 en 1.000 bar).
- Waterstof is 14 keer lichter dan lucht. Het verspreidt zich daardoor snel (en divers) in de omgeving.
- Kans op **krachtige explosie**. Bij besloten ruimtes kans op ophoping vrijgekomen gas. Zoals bij parkeergarages, werkplaatsen, tankstations en tunnels etc.
- Vrijkomend gas is niet zichtbaar (wolk niet zichtbaar).

KENMERKEN WATERSTOFINCIDENTEN

- Een waterstofvlam is extreem heet (tot 2.000°C), echter met een lage warmtestraling haaks op deze vlam naar de omgeving.
- Een waterstofbrand geeft overdag een '**onzichtbare**' vlam door een zeer schone verbranding.
- Zichtbaarheid van de vlam ontstaat door vlamcontact met de omgeving ('vervuiling' van vlam).
- Bij brand, vlam laten branden! Voorkom vlamcontact met personen en/of objecten: gebruik warmtebeeldcamera.
- Brand en/of lekkages onder hoge druk (geeft hoog en hard geluid, gedurende tientallen seconden).
- Met een warmtebeeldcamera is een lekkage zichtbaar.

VEILIG OPTREDEN

- Start **IBGS procedure** i.v.m. onbekend (groot) effectgebied (opstellijn en blijf bovenwinds).
- Draag **volledige** uitrukkleding, incl. adembescherming (gebruik telefoon, portofoon, pieper alleen in veilig gebied).
- **Houd rekening met statische elektriciteit** i.v.m. ontstekingsgevaar.
- Gebruik **ALTIJD** een explosiegevaarmeter en een warmtebeeldcamera t.b.v. zichtbaar maken lekkage en/of brand.
 - Explosiegevaarmeters zijn **niet geijkt op waterstof**.
- CO-meters kunnen gebruikt worden voor het aantonen van aanwezigheid van waterstof.
- Houd **voldoende afstand** tot het object waar waterstof aanwezig is (risico op afblazen en/of escalatie).
 - De te hanteren afstand verschilt per scenario/installatiegrootte (uitgewerkt in de afzonderlijke waterstof-procedures).
 - Meters kunnen niet gebruikt worden voor het bepalen van veilig/onveilig gebied, houd standaard 25 meter aan (zie laatste blok 'werkcircels waterstof-incidenten').
- 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!

WERKWIJZE BIJ WATERSTOFINCIDENTEN

- Waterstof-brand NIET blussen, waar nodig (aangestraalde) objecten koelen.
- Koel een aangestraalde waterstoftank altijd met voldoende water. Voorkom contact van water met afblaasveiligheid i.v.m. koelen Thermal Pressure Relief Device (smeltzekering op afblaasventiel).
- Stel vast waar het veiligheidsventiel zit, en in welke richting deze kan afblazen.
- Houd rekening met openen van het veiligheidsventiel van een waterstoftank als die wordt aangestraald (dit

gebeurt na 6-12 min. bij aanstraling/vlamcontact). Bij directe aanstraling kan het ventiel eerder opengaan.

- Alarmeer /ontruim de omgeving tot ruime afstand.
- Let op ontstekingsbronnen in de omgeving (bijv. auto's en telefoons).

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

KENMERKEN WATERSTOFSCENARIO'S

Scenario 1: Afblazen van een waterstoftank

- Bij een te hoge druk in een tank blaast het systeem af via een afblaasveiligheid (TPRD en/of overdrukventiel)¹.
- Kenmerkend is een zeer hard en hoog geluid als gevolg van vrijkomen gas onder hoge druk (>140dB).
- Afblazen komt voor bij te hoge drukopbouw in een tank als gevolg van aanstraling.
- Het afblazen van een brandstoftank duurt enkele seconden tot een halve minuut, daarna is deze (bijna) drukloos.
- Bij een TPRD is er sprake van dat de hele tank leegblaast na activatie: door de hoge temperatuur is ventiel gesmolten.
- **Optreden:** achterhaal de afblaasrichting van het veiligheidsventiel, veiligstellen omgeving (meten explosiegevaar en ontruimen), na sein veilig: overdracht.
- Zie waterstofprocedure: brandstoftank, voertuigbrand, lokale productie, tankstation en wegtransport.

Scenario 2: Aanstraling van een waterstoftank (ander type brand dan waterstof)

- Als gevolg van een brand in de omgeving kan een installatie of tank met waterstof worden aangestraald.
- Door de aanstraling kan een incident met waterstof ontstaan (escalatie). Bijvoorbeeld bij een tank of installatiedeel bij een tankstation.
- Opwarming van waterstofinstallaties zorgt voor drukverhoging in dat betreffende deel/tank (afgaan afblaasveiligheden met als gevolg vrijkomen van waterstof onder druk).
- Koeling van waterstofinstallaties/tank is mogelijk. Houd aandacht om TPRD zo min mogelijk te koelen.
- **Optreden:** koelen omgeving/voorkomen escalatie, waterstofbrand NIET blussen (koel een tank met minimaal 10l/m²/min).
- Zie waterstofprocedure: brandstoftank, voertuigbrand, lokale productie, tankstation en wegtransport.

Scenario 3: Waterstoflekkage (leiding, koppeling etc.)

- Als gevolg van een aanrijding/foute bediening etc. van een tank of installatie ontstaat er een lek van waterstof.
- Waterstoflekkages kunnen leiden tot diverse situaties (wel/ geen brand) met verschillende gevolgen.
- De grootte van het incident verschilt per locatie waar het incident zich voordoet.
- Benader het object met een warmtebeeldcamera als er geen duidelijk hoorbare lekkage is (scannen op lekkage).
- **Optreden:** voorkom brand / voorkom escalatie, veiligstellen omgeving (meten explosiegevaar en ontruimen), opmengen gaswolk met (straat)waterkanon.
- Zie waterstofprocedure: brandstoftank, lokale productie, tankstation en wegtransport.

Scenario 4: Waterstofbrand (fakkelbrand)

- Als gevolg van een lekkage van waterstof ontstaat een brand, die zich voordoet in de gasfase (fakkelbrand).
- Afhankelijk van de grootte van de tank en/of installatiedeel zal de afblaastijd variëren tussen enkele seconden tot minuten. Bij een brandstoftank (personenauto) zal de vlam ca. 25 meter bedragen, tot 30 seconden lang.
- Houd vast aan werkcirkels: 25 meter bij 1^e werkcirkel, 50 meter bij 2^e werkcirkel (opstellen voertuig), zie tabel onderaan deze procedure.
- **Optreden:** achterhalen afblaasrichting van het veiligheidsventiel, koelen omgeving/voorkomen escalatie, waterstofbrand NIET blussen. Blijf bij een **fakkelbrand op afstand** tot de fakkel weg is!
- Waterstofprocedure: voertuigbrand, lokale productie, tankstation en wegtransport.

Scenario 5: Beschadigde waterstofinstallatie als gevolg van ongeval (externe invloed)

- Als gevolg van een aanrijding of botsing ontstaat een beschadiging aan de waterstofinstallatie van een voertuig.
- Er kunnen meerdere soorten beschadigingen zijn. Zichtbaar, maar ook onzichtbaar.
- Herken beschadigingen (deuken, breuken in isolatie of verschillende kleuren in de appendages, leidingen).
- De schil van de tank heeft meerdere kleuren. Kleine beschadigingen zijn daarom goed te herkennen.
- Bij dit scenario vindt vaak GEEN waterstoflekkage plaats uit de tank. Wellicht wel uit appendages aan de tank.
- **Optreden:** veiligstellen tank en omgeving, ondersteunen berging/technische hulpverlening en overdracht aan exploitant.
- Zie waterstofprocedure: brandstoftank, tankstation, wegtransport.

WERKCIRKELS WATERSTOFINCIDENTEN

De afstanden van de werkcirkels bij een voertuigbrand zijn gebaseerd op de onderstaande warmtestralingscontouren bij een fakkelbrand. Omdat het veelal onbekend is in welke richting de fakkel uittreedt, dienen de werkcirkels om het gehele object gehanteerd te worden. Hiermee wordt rondom het gehele object een 'veilige' werkruimte gecreeerd voor de hulpdiensten. Op basis van de effectiviteit van de **beschermende kleding** van de hulpdiensten, kan worden opgetreden tot een hittestraling van 3kw/m² hetgeen neer komt op een eerste **werkcirkel van ca 25 meter** (o.b.v. personenauto, 700 bar, 3kw/m²) vanaf het object. **Onbeschermd** hanteren we een tweede **werkcirkel van 50 meter** (onbeschermd personen, materieel, 1kw/m²).

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

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