

Kennisbundel waterstof in de gebouwde omgeving



Instituut Fysieke Veiligheid
Kennisonwikkeling en onderwijs
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.ifv.nl
info@ifv.nl
026 355 24 00

Colofon

Instituut Fysieke Veiligheid (2021). *Kennisbundel waterstof in de gebouwde omgeving*.
Arnhem: IFV.

Titel:	Kennisbundel waterstof in de gebouwde omgeving
Datum:	24 maart 2021
Status:	Definitief
Versie:	1.0
Auteur:	dr. M. B. Spoelstra
Projectleider:	drs. H. Spobeck
Met dank aan:	B. Koning (Veiligheidsregio Kennemerland) en D. van Dijken (Veiligheidsregio Drenthe)
Review en eindverantwoordelijk:	dr. ir. N. Rosmuller

Inhoud

	Inleiding	4
1	Achtergrondinformatie	5
2	Waterstof	7
2.1	Fysische eigenschappen	7
3	Wet- en regelgeving	8
3.1	Huidige wet- en regelgeving	8
3.2	Toekomstige wet- en regelgeving	9
4	Vergunningverlening	11
4.1	Bevoegd gezag	11
4.2	Algemeen	11
4.3	Lokale productie van waterstof	12
4.4	Lokale opslag van waterstof	13
4.5	Waterstofgebruik (tanken)	15
4.6	Waterstofgebruik (woningen en gebouwen)	16
5	Beperken van gevaren	17
5.1	Gevaren van waterstof	17
5.2	Scenario's	18
5.3	Effecten	18
5.4	Risicobeheersing	19
5.5	Incidentbestrijding	21
6	Overige informatie	23

Inleiding

Veel initiatieven met nieuwe energiedragers en -bronnen vinden plaats op lokaal of regionaal niveau. Omdat in veel gevallen geen wet- en regelgeving beschikbaar is die betrekking heeft op de veiligheid van dergelijke initiatieven, kan het dat betrokken bevoegd gezagen iets bedenken wat mogelijk elders in het land al kan zijn bedacht. Er is daarom behoefte aan het ontsluiten van kennis over goede uitvoeringspraktijken van het gebruik van nieuwe energiedragers en -bronnen.

Het project 'Kenniscbundeling VET' (Veilige Energietransitie) heeft als doel nieuwe en bestaande kennis over veiligheidsaspecten rondom de energietransitie te bundelen en te ontsluiten. Het Instituut Fysieke Veiligheid (IFV) voert dit project uit in samenwerking met Kenniscentrum InfoMil en Relevant. Eén van de onderdelen van het project is het opstellen van kennisbundels. Hierin worden beknopte beschrijvingen over wet- en regelgeving, vergunningen, pilots en maatregelen gegeven. Om de deelonderwerpen zich verder eigen te maken, kan de lezer gebruik maken van de documenten en websites waarnaar verwezen wordt. De lezers zullen vooral werkzaam zijn bij overheidsorganisaties als gemeenten, provincies, ministeries, veiligheidsregio's en omgevingsdiensten.

Deze kennisbundel gaat over *waterstof in de gebouwde omgeving* en behandelt de deelonderwerpen productie, opslag en gebruik van waterstof in de gebouwde omgeving, maar niet het transport van waterstof.

De kennisbundel is een document dat in beheer komt van het IFV. Dat garandeert dat de inhoud van de kennisbundel (periodiek) geactualiseerd wordt als daar aanleiding toe is. Gezien de vele ontwikkelingen op het gebied van waterstof, zijn actualisaties van deze kennisbundel zeker te verwachten.

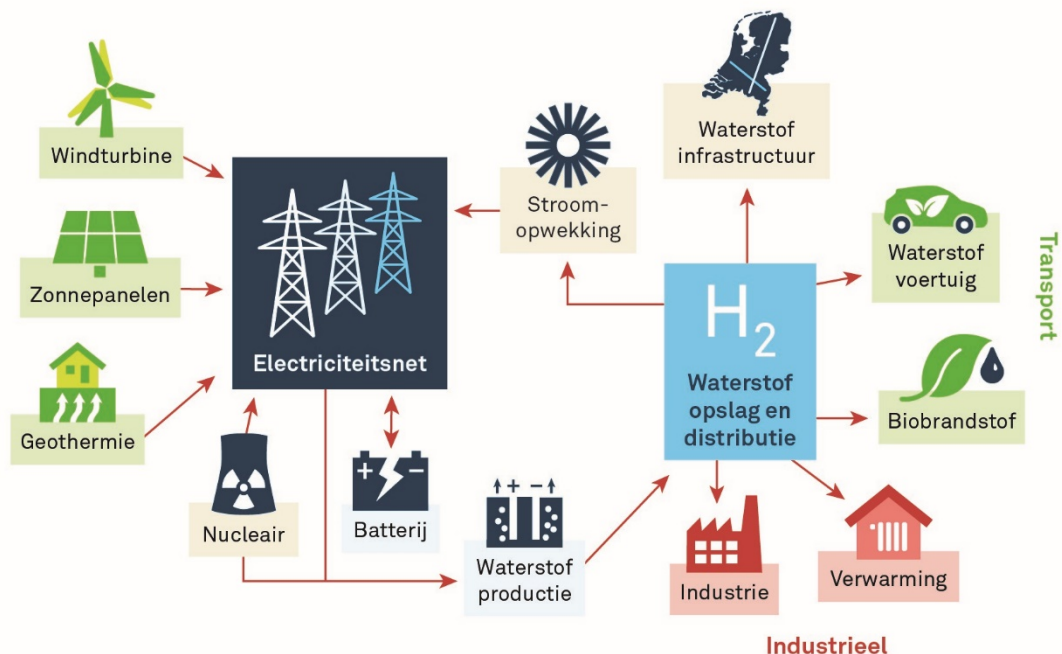
1 Achtergrondinformatie

Aanleiding

Waterstof staat de laatste jaren volop in de belangstelling. Dit heeft alles te maken met de energievoorziening in Nederland en in de rest van de wereld. Voor Nederland geldt:

1. Nederland wil de uitstoot van broeikasgassen in 2030 met minstens 49 % verminderen ten opzichte van 1990. De vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (CO₂) is nodig, omdat broeikasgassen verantwoordelijk worden gehouden voor de opwarming van de aarde en voor klimaatveranderingen. Wereldwijd wordt daarom gekeken naar duurzame vormen van energie die zorgen voor minder of nul emissie.
2. De aardgaskraan in Nederland wordt dichtgedraaid, waardoor Nederlands aardgas niet meer beschikbaar is om energie te genereren. Het kabinet heeft inmiddels besloten de gaswinning uit het Slochterenveld uiterlijk in 2030 geheel te beëindigen.

Aardgas (of andere koolwaterstoffen) wordt verbrand voor de productie van elektriciteit en voor het verwarmen van woningen en gebouwen. Bij dit proces komt CO₂ (kooldioxide) vrij. Om de uitstoot van CO₂ te beperken en omdat de beschikbaarheid van aardgas afneemt, moet Nederland overgaan op duurzame manieren om aan energie (elektriciteit en warmte) te komen. Waterstof (H₂) speelt hierin een belangrijke rol. Enerzijds omdat waterstof gebruikt kan worden om duurzaam opgewekte elektriciteit te transporteren en op te slaan en anderzijds omdat waterstof aardgas kan vervangen voor verwarmingsdoeleinden. De samenhang tussen waterstofproductie, opslag, transport en gebruik is te zien in Figuur 1.1.



Figuur 1.1 De productie en toepassingen van waterstof

Doel en afbakening

Over waterstof valt veel te vertellen en de ontwikkelingen volgen zich in rap tempo op. Dat maakt dat een kennisbundel over waterstof 'in het algemeen' groot en mogelijk onoverzichtelijk wordt, wat ten koste zou gaan van het doel van een kennisbundel, te weten het bundelen en ontsluiten van bestaande informatie. Om die reden is ervoor gekozen één deelonderwerp uit te werken, te weten gasvormig waterstof in de gebouwde omgeving.

Onder 'gebouwde omgeving' wordt bebouwing in de vorm van woningen en utiliteitsgebouwen verstaan. Met 'waterstof in de gebouwde omgeving' wordt de keten bedoeld waarbij:

- > waterstof lokaal wordt geproduceerd in de gebouwde omgeving door middel van elektrolyse. De stroom die hiervoor nodig is, kan lokaal geproduceerd zijn door middel van (mini-)windturbines of zonnepanelen.
- > waterstof lokaal en bovengronds wordt opgeslagen in de gebouwde omgeving. Dit kan gaan om waterstof dat lokaal geproduceerd is of om waterstof dat aangevoerd wordt om lokaal opgeslagen te worden.
- > waterstof in de gebouwde omgeving wordt gebruikt door:
 - waterstof om te zetten in elektriciteit door middel van brandstofcellen
 - aardgas bij te mengen met waterstof
 - waterstof te verbranden voor het verwarmen van woningen of gebouwen.
 - waterstof te tanken bij waterstoftankstations.

Het transport van waterstof binnen de gebouwde omgeving door tubetrailers of distributieleidingen hoort ook bij deze keten, maar wordt vooralsnog niet meegenomen in deze kennisbundel. Mogelijk dat dit deelonderwerp in een actualisatie wel wordt opgenomen. Andere onderwerpen die niet meegenomen worden in deze kennisbundel zijn vloeibaar waterstof, waterstof dat gebonden is aan andere stoffen (onder andere ammoniak en methanol), waterstof dat buiten de bebouwde kom en/of op grote schaal wordt geproduceerd en koken op waterstof.

Documentatie:

- > Een aantal van bovengenoemde waterstoftoepassingen komt samen in de [InnovaHub](#), een energiecentrale voor de gebouwde omgeving op wijkniveau.

2 Waterstof

Waterstof wordt als een gevaarlijke stof beschouwd, omdat het een licht ontvlambaar gas is dat mogelijk gevaar oplevert voor de veiligheid van gebruikers, werknemers en omstanders. Om de risico's van waterstof te begrijpen, is kennis van de fysische eigenschappen nodig.

2.1 Fysische eigenschappen

De belangrijkste fysische eigenschappen van gasvormig waterstof staan hieronder weergegeven en in Tabel 2.1:

- > Waterstof is bij standaard temperatuur en druk (20 °C en 1 atmosfeer) gasvormig.
- > Waterstof heeft geen kleur, geen geur, geen smaak en is niet giftig.
- > Waterstof is 14 keer lichter dan lucht (0,083 kg/m³ tegenover 1,205 kg/m³), wat zorgt voor een groot stijgend vermogen.
- > De ontvlambaarheidsgrenzen liggen op 4 vol. % (LFL: lower flammability limit) en 75 vol. % (UFL: upper flammability limit).
- > De minimale ontstekingsenergie van waterstof is 0,019 mJ bij een waterstofconcentratie van ongeveer 30 vol.%. Bij de LFL en de UFL is de ontstekingsenergie een factor 500 hoger (10 mJ) en vergelijkbaar met de ontstekingsenergie van methaan (het hoofdbestanddeel van aardgas).
- > De warmtestraling die een waterstofvlam uitstraalt, is laag door de afwezigheid van koolstof (dat voor hittestralende roetdeeltjes kan zorgen).
- > De snelheid waarmee een waterstofvlam brandt, is hoger dan die van koolwaterstofvlammen.

Tabel 2.1 Fysische eigenschappen van waterstof en methaan

Eigenschap	Waterstof	Methaan
Molecuulgewicht (g/mol)	2,01	16,04
Dichtheid (kg/m ³)	0,08345	0,66
Stoichiometrische concentratie (vol.%)	29,6	9,5
Diffusiecoëfficiënt in lucht (m ² /s)	0,61 × 10 ⁻⁴	0,21 × 10 ⁻⁴
LFL voor opwaartse vlam (vol.%)	4,0	5,3
UFL voor opwaartse vlam (vol.%)	75,0	15
Minimum ontstekingsenergie (mJ)	0,019 bij 30 vol.%	0,28 bij 9 vol.%
Brandsnelheid (m/s)	2,6 – 3,2	0,4

Documentatie:

- > IFV (2020). [Veiligheidsaspecten van waterstof in een besloten ruimte.](#)

3 Wet- en regelgeving

Omdat ontwikkelingen op het gebied van het lokaal produceren, opslaan en gebruiken van waterstof sneller gaan dan het ontwikkelen van wet- en regelgeving, is er nog veel onduidelijkheid over wat toegestaan is en aan welke voorwaarden voldaan moet worden bij de diverse deelprocessen. Dit wordt onderkend door de betrokken ministeries en de komende jaren wordt dan ook gewerkt aan het opstellen en actualiseren van wet- en regelgeving, met input vanuit bijvoorbeeld het Waterstof Veiligheid Innovatie Programma (WVIP).¹

De belangrijkste wet- en regelgevingen met betrekking tot waterstof in de gebouwde omgeving worden in hieronder toegelicht. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in huidige en toekomstige wet- en regelgeving. Per ontwikkeling waarbij waterstof betrokken is, zal bepaald moeten worden welke wetgeving van toepassing is.

3.1 Huidige wet- en regelgeving

- > **Wet milieubeheer (Wm)** - Deze wet bepaalt wanneer bedrijven over een milieuvergunning moeten beschikken en welk bevoegd gezag welke vergunningen verleent.
 - **Besluit risico zware ongevallen (Brzo)**² - Het Brzo stelt eisen aan bedrijven waar met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen wordt gewerkt. De eisen hebben betrekking op het voorkomen en beheersen van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen betrokken zijn.
Het Brzo is van toepassing op bedrijven waar meer dan 5 ton waterstof aanwezig is (Seveso Richtlijn 2012/18/EU, bijlage I, deel 2, categorie 15).
 - **Besluit milieueffectrapportage** - Het *opslaan* en afleveren van waterstof aan voertuigen voor het wegverkeer valt in categorie D25.1 van de bijlage uit het Besluit milieueffectrapportage. Via een meldnotitie ten behoeve van de (vormvrije) m.e.r.-beoordeling kan informatie over mogelijk relevante milieugevolgen van de voorgenomen activiteit worden verzameld. Met deze informatie kan het bevoegd gezag een oordeel geven over de noodzaak van het doorlopen van een m.e.r.-procedure. Op basis van eerdere beoordelingen is voor een waterstoftankstation geen milieueffectrapport noodzakelijk.
Productie van waterstof door middel van elektrolyse valt in categorie D34.4 van de bijlage uit het Besluit milieueffectrapportage, omdat elektrolyse als een enkelvoudig chemisch productieproces wordt gezien. Als de productiecapaciteit onder de drempelwaarde van 100.000 ton blijft, geldt in beginsel de vormvrije m.e.r.-beoordelingsplicht.
- > **Wet ruimtelijke ordening (Wro)** - De Wro regelt dat gemeenten en provincies structuurvisies opstellen om ruimtelijk beleid vast te leggen. Ook geeft deze wet aan dat gemeenten bestemmingsplannen moeten opstellen waarin regels staan over het gebruik van de grond en van de zich daar bevindende gebouwen. In structuurvisies en

¹ In het WVIP werken ruim twintig organisaties samen om te komen tot regels, voorschriften en handleidingen voor het klein- en grootschalig toepassen van waterstof in de samenleving. De nadruk ligt op de mobiliteitsketen, vanaf de productie van waterstof tot en met het gebruik en het einde van de levensfase.

² Het Brzo valt niet alleen onder de Wet milieubeheer, maar ook onder de Wet ruimtelijke ordening.

bestemmingsplannen kan aangegeven worden of – en zo ja waar – waterstof geproduceerd en opgeslagen kan worden.

- **Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi)** - Het Bevi bevat normen voor de toetsing of een risicovolle activiteit op een bepaalde plek mag plaatsvinden. Het besluit verplicht bevoegd gezagen Wro en Wm om veiligheidsafstanden aan te houden tussen risicovolle activiteiten en bebouwing. Daarnaast regelt het besluit dat overheden moeten motiveren welk risico zij in de omgeving van risicovolle activiteiten accepteren. Het Bevi is niet van toepassing op een waterstoftankstation, maar bij het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) wordt wel de voorgeschreven rekenmethodiek gehanteerd.
- > **Wet algemene bepaling omgevingsrecht (Wabo)** - De Wabo regelt de omgevingsvergunning waarin meerdere activiteiten binnen één vergunning een plaats hebben (bouwen, wonen, monumenten, ruimte, natuur en milieu).
 - **Besluit omgevingsrecht (Bor)** - Dit besluit geeft aan voor welke activiteiten een omgevingsvergunning nodig is. De opslag en productie van waterstof zijn vergunningplichtig.
 - **Activiteitenbesluit** - Dit besluit geeft algemene milieuregels voor bedrijven. Enkele waterstofgerelateerde activiteiten worden in het Activiteitenbesluit genoemd.
- > **Crisis- en herstelwet (Chw)** - De Chw heeft tot doel ruimtelijke plannen sneller uit te voeren door bijvoorbeeld kortere (aanvraag)procedures. Tot de komst van de Omgevingswet biedt de Chw de mogelijkheid om al gebruik te maken van een aantal instrumenten uit de Omgevingswet.
- > **Warenwetbesluit drukapparatuur 2016** - Dit besluit geldt voor apparatuur en installaties waarin zich waterstof bevindt met een maximaal toelaatbare druk van meer dan 0,5 bar. Het Wwb stelt eisen aan de fabricage, het gebruik, de keuringen, de certificaten en de documenten die bij deze drukapparatuur aanwezig moeten zijn.

Documentatie:

- > HyLAW (2019). [National Policy Paper – Netherlands](#).
- > HyLAW (2019). [Online Database](#).
- > Zwalve-Erades. J. (2020). [Waterstofproductie door waterelektrolyse en het Besluit milieueffectrapportage](#).

3.2 Toekomstige wet- en regelgeving

Met de komst van de Omgevingswet per 1 januari 2022 gaat een groot deel van de huidige wet- en regelgeving op het gebied van ruimtelijke ordening en van milieu ongewijzigd over in de Omgevingswet en de daaronder vallende besluiten.

- > **Omgevingswet (Ow)** - De wet bundelt tientallen wetten met betrekking tot onder meer bouwen, milieu, water, ruimtelijke ordening en natuur. Het proces van vergunningverlening verandert hierdoor, maar de inhoudelijke afwegingen blijven grotendeels intact.
 - **Besluit activiteiten leefomgeving (Bal)** - In het Bal staan algemene rijksregels over milieubelastende activiteiten die gevolgen kunnen hebben voor de fysieke leefomgeving (hoofdstuk 4). Deze regels gelden voor degene die de milieubelastende activiteit verricht.

- **Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)** - Het Bkl bevat instructieregels die het bevoegd gezag moet hanteren als het een aanvraag voor een omgevingsvergunning beoordeelt en wanneer het een omgevingsplan opstelt.

Documentatie:

- > Aan de slag met de Omgevingswet. (2021). [Regelgeving voor de fysieke leefomgeving, Regels voor activiteiten](#) en [Van een groot aantal losse wetten naar één Omgevingswet](#).

4 Vergunningverlening

4.1 Bevoegd gezag

Over het algemeen is de gemeente bevoegd gezag bij de aanvraag van een omgevingsvergunning voor een project dat in die gemeente zal worden uitgevoerd (Wabo, art. 2.4 lid 1). Het is te verwachten dat voor lokale initiatieven op het gebied van het produceren, opslaan, en gebruiken van waterstof de gemeente bevoegd gezag zal zijn.

Vanuit het Brzo geldt dat de provincie bevoegd gezag is wanneer op een locatie meer dan 5 ton waterstof aanwezig is (Bor, art. 3.3 lid a). In de toekomst moet bezien worden of deze hoeveelheid kan dienen als bovengrens voor gemeentelijke bevoegdheid. Door rekening te houden met de mate van milieubelasting door geluid of door een cumulatie van activiteiten, kan een lagere bovengrens nodig zijn.

Documentatie:

- > Aan de slag met de Omgevingswet. (2021). [Bepalen bevoegd gezag omgevingsvergunning](#).
- > Een [overzicht van de situaties waarbij de gemeente niet het bevoegd gezag is](#), is te vinden op de website van InfoMil.

4.2 Algemeen

- > Of en waar waterstof geproduceerd, opgeslagen en/of gebruikt kan worden in de gebouwde omgeving, hangt af van de ruimtelijke kaders die gemeenten stellen in structuurvisies en bestemmingsplannen.³
- > Om (pilot)projecten op het gebied van waterstof mogelijk te maken, kan het bevoegd gezag beoordelen of een omgevingsvergunning met een beperkte looptijd wordt afgegeven.
- > De meeste bestemmingsplannen houden rekening met gevaarlijke stoffen, maar niet als het gaat om kleinschalige activiteiten met waterstof. De VNG-publicatie 'Bedrijven en milieuzonering' kan mogelijk richting geven aan de aan te houden afstanden.

Documentatie:

- > VNG (2009). [Handreiking Bedrijven en milieuzonering](#). In deze publicatie worden voor veel bedrijfsactiviteiten aan te houden afstanden (richtafstanden) gegeven voor geluid, geur, gevaar en stof. De richtafstanden gelden tot woningen. De grootste richtafstand bepaalt in welke milieucategorie een bedrijf valt. De richtafstanden gelden voor het omgevingstype 'rustige woonwijk'.
- > Meer [informatie over bedrijven en milieuzonering](#) over bedrijven en milieuzonering is beschikbaar via de website van InfoMil.

³ Met de komst van de Omgevingswet gaat de structuurvisie een omgevingsvisie heten en een bestemmingsplan een omgevingsplan.

4.3 Lokale productie van waterstof

Huidige wet- en regelgeving

- > Het Bor geeft aan dat een omgevingsvergunning nodig is voor inrichtingen voor het vervaardigen van gassen of gasmengsels, tenzij de bovengrondse drukhouders voor het opslaan van licht ontvlambaar gas een (gezamenlijke) inhoud hebben kleiner dan 0,025 m³ (25 liter, Bijlage 1, onderdeel C, categorie 2.1a en 2.2a).
- > In Nederland wordt (nog) geen onderscheid gemaakt tussen lokale en industriële productie van waterstof. Daarom zal het nodig zijn om de uitgebreide Wabo-procedure aan te vragen.

Voor gebruik in de gebouwde omgeving zal waterstof naar verwachting gemaakt worden door middel van elektrolyse. In dat proces wordt water door een electrolyser omgezet in waterstof en zuurstof:



De stroom die hiervoor nodig is, kan in de gebouwde omgeving opgewekt worden door zonnepanelen en windturbines. De geproduceerde waterstof wordt onder druk opgeslagen om op een later tijdstip gebruikt te worden.



Figuur 4.1 Electrolyser voor de productie van waterstof (bron: ITM Power)

Toekomstige wet- en regelgeving

- > Binnen de Omgevingswet en de daaronder vallende besluiten is geen specifieke wet- en regelgeving opgesteld die betrekking heeft op de lokale productie van waterstof. In de praktijk worden voor waterstofproductie voor huishoudelijk gebruik dezelfde beoordelingsregels gebruikt als voor industriële productie. In WVIP-WP1 wordt gewerkt aan een

nadere beschrijving van de geldende regels voor het verkrijgen van een vergunning voor lokale productie.⁴

- > Er is nog weinig ervaring met het verlenen van vergunningen voor de lokale productie van waterstof. Bij waterstoftankstations in Arnhem, Helmond en Groningen is sprake van productie van waterstofgas en ook bij een woning in Stad aan 't Haringvliet.

Documentatie:

- > Voor een demowoning in Stad aan 't Haringvliet is een [beschikking](#) afgegeven voor het produceren van waterstof met behulp van stroom die afkomstig is van zonnepanelen. De waterstof wordt opgeslagen in gasflessen in de tuin.

4.4 Lokale opslag van waterstof

Huidige wet- en regelgeving

- > Het Bor geeft aan dat een omgevingsvergunning nodig is voor inrichtingen voor de opslag van andere gassen dan propaan, propeen, zuurstof, vergistingsgas, kooldioxide, lucht, argon, helium of stikstof in één of meer opslagtanks (Bijlage 1, onderdeel C, categorie 2.7 - i).
- > Een bedrijf valt onder het Brzo wanneer daar meer dan 5 ton waterstof wordt opgeslagen. Deze opslaghoeveelheid kan gezien worden als uiterste bovengrens voor lokale opslag van waterstof.
- > Bij inrichtingen waar waterstof wordt geproduceerd en/of wordt opgeslagen, kan ook sprake zijn van het vullen van gasflessen met waterstof. Het Bor geeft aan dat voor het vullen van gasflessen met waterstof een omgevingsvergunning nodig is (Bijlage 1, onderdeel C, categorie 2.7 - n).

Toekomstige wet- en regelgeving

- > De volgende paragrafen uit het Bal zijn mogelijk relevant voor het lokaal opslaan van waterstof:
 - paragraaf 3.2.7 → Opslagtank voor gassen
 - paragraaf 3.2.9 → Opslaan van gevaarlijke stoffen in verpakking⁵
 - Het opslaan in verpakking van gevaarlijke stoffen van ADR-klasse 2 wordt gezien als een milieubelastende activiteit (art. 3.27 lid 1a). Dit geldt niet voor het opslaan van minder dan 125 liter brandbare gassen (waterinhoud) van ADR-klasse 2 in gasflessen en ook niet voor het opslaan van minder dan 1000 kg in totaal van de gevaarlijke stoffen in verpakking (art. 3.27 lid 1c-4^o5^o).
 - De milieubelastende activiteit moet voldoen aan de regels van paragraaf 4.98 van het Bal (*Opslaan van gevaarlijke stoffen in verpakking*) (art. 3.29).
 - Artikel 3.28 geeft aan dat een omgevingsvergunning nodig is voor het opslaan van meer dan 10.000 kg gevaarlijke stof van ADR-klasse 2. Daarentegen staat in paragraaf 3.3.1. van het Bal dat het opslaan van meer dan 5.000 kg waterstof een activiteit is waarvoor een omgevingsvergunning nodig is. Paragraaf 3.3.1. overrulet daarmee artikel 3.28 voor wat betreft waterstof.
 - paragraaf 4.98 geeft de inhoudelijke regels voor het opslaan van gevaarlijke stoffen in verpakking.
 - paragraaf 3.8.2 → Brandstoffenhandel en tankopslagbedrijf

⁴ Werkpakket 1 (WP 1) heeft als doel te komen tot uniforme vergunningverlening.

⁵ Het begrip 'verpakking' wordt in de Nota van Toelichting van het Bal niet gedefinieerd.

- Het voor handelsdoeleinden of voor vervoer opslaan van chemicaliën of brandstoffen in opslagtanks wordt gezien als een milieubelastende activiteit (art. 3.268).
- Voor het langer parkeren dan 24 uur van voertuigen, opleggers of aanhangers met gevaarlijke stoffen is een omgevingsvergunning nodig (art. 3.269, lid 1a).
- Voor het parkeren van meer dan drie voertuigen, opleggers of aanhangers met gevaarlijke stoffen is een omgevingsvergunning nodig (art. 3.269, lid 1b).
- Artikel 3.270 geeft aan welke milieubelastende activiteiten van deze paragraaf aan welke algemene regels van het Bal moeten voldoen.
- paragraaf 4.106 geeft de inhoudelijke regels voor het opstellen van voertuigen, opleggers of aanhangers met gevaarlijke stoffen.
- paragraaf 3.8.6 → Opslag- en transportbedrijf, groothandel en containerterminal
 - Het voor vervoer opslaan van goederen en stoffen wordt gezien als een milieubelastende activiteit (art. 3.285).
 - Voor het langer parkeren dan 24 uur van voertuigen, opleggers of aanhangers met gevaarlijke stoffen is een omgevingsvergunning nodig (art. 3.286, lid 1b).
 - Voor het parkeren van meer dan drie voertuigen, opleggers of aanhangers met gevaarlijke stoffen is een omgevingsvergunning nodig (art. 3.286, lid 1c).
 - Voor het tanken van voertuigen en werktuigen met waterstof is een omgevingsvergunning nodig (art. 3.286, lid 1 sub f).
 - Artikel 3.287 geeft aan welke milieubelastende activiteiten van deze paragraaf aan welke algemene regels van het Bal moeten voldoen.
 - paragraaf 4.38 geeft de inhoudelijke regels voor het tanken en opslaan van waterstof.
- > Het Bkl geeft aan dat het bevoegd gezag verplicht is om bij het verlenen van een omgevingsvergunning voor een milieubelastende activiteit rekening te houden met PGS-richtlijnen bij het bepalen van de best beschikbare techniek (BBT). Voor het opslaan van waterstof bij waterstoftankstations moet voldaan worden aan PGS 35.



Figuur 4.2 Waterstofopslag in de achtertuin (bron: Nils Rosmuller)

PGS 35 beschrijft maatregelen die de aanvrager moet nemen voor het kunnen opslaan (en tanken) van waterstof bij een waterstoftankstation. Voor vergunningverlening volstaat veelal het verwijzen naar PGS 35.

- > Naast PGS 35 zijn er ook internationale standaarden over gasvormig waterstof die gebruikt kunnen worden in het vergunningverleningsproces. Zie de documentatie hieronder.

Documentatie:

- > Hoofdstuk 3 van het Bal wijst een groot aantal milieubelastende activiteiten aan. Op de site 'Aan de slag met de Omgevingswet' is per [milieubelastende activiteit](#) meer informatie te vinden.
- > PGS 35 (2020). [Waterstofinstallaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktuigen](#).
- > International Organization for Standardization (ISO, 2020). *Gaseous hydrogen — Fuelling stations, ISO 19880-1:2020*. Verkrijgbaar via <https://www.iso.org>.
- > European Industrial Gases Association (EIGA, 2006). [Gaseous hydrogen stations, Code of practice 15/06/E](#).
- > National Fire Protection Association (NFPA, (2020). *Compressed Gases And Cryogenic Fluids Code, NFPA 55-2020*. Verkrijgbaar via <https://www.nfpa.org>.

4.5 Waterstofgebruik (tanken)

Huidige wet- en regelgeving

- > Het Activiteitenbesluit geeft aan dat een waterstoftankstation een type C-inrichting is.
- > Het Bor geeft aan dat een omgevingsvergunning nodig is voor inrichtingen voor het afleveren van waterstof (Bijlage 1, onderdeel C, categorie 4.4-l).
- > De Chw is van toepassing op waterstoftankstations, al dan niet met een installatie voor kleinschalige productie van waterstof (Bijlage I, categorie 11.2 en 11.3).

Toekomstige wet- en regelgeving

- > Paragraaf 3.8.10 van het Bal heeft betrekking op tankstations en daarin wordt het volgende aangegeven:
 - Het bieden van de gelegenheid voor het tanken van voertuigen en werktuigen wordt gezien als een milieubelastende activiteit (art. 3.296).
 - Voor het tanken van voertuigen en werktuigen met waterstof is een omgevingsvergunning nodig (art. 3.297).
 - Paragraaf 4.38 geeft de inhoudelijke regels voor het tanken en opslaan van waterstof.
 - Voor het tanken van gasvormig waterstof bij een waterstoftankstation moet voldaan worden aan Publicatiereeks Gevaarlijke stoffen nr. 35 (PGS 35, art. 4.489).
- > PGS 35 beschrijft maatregelen die de aanvrager moet nemen voor het kunnen (opslaan en) tanken van waterstof bij een waterstoftankstation. Voor vergunningverlening volstaat veelal het verwijzen naar PGS 35.

Documentatie:

- > IFV (2019). [Bestuurlijke handreiking waterstoftankstations](#).
- > Ekinetex (2020). [Praktische handleiding Vergunningproces Waterstoftankstations](#).

- > PGS 35 (2020). [Waterstofinstallaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktuigen](#).
- > Voor de uitbreiding van een tankstation in Hoogeveen tot een multifuel tankstation (inclusief waterstof) is in 2020 een [omgevingsvergunning](#) afgegeven.

4.6 Waterstofgebruik (woningen en gebouwen)

Huidige wet- en regelgeving

- > Het Bor geeft aan dat de aanwezigheid van elektro- of verbrandingsmotoren met een gezamenlijk vermogen van meer dan 1,5 kW ervoor zorgt dat die milieuactiviteit gezien wordt als een type C-inrichting (Bijlage 1, onderdeel C, categorie 1.1). Uitzonderingen hierop zijn motoren die tijdelijk aanwezig zijn en elektromotoren in gebouwen die voor bewoning worden gebruikt (Bijlage 1, onderdeel C, categorie 1.2a en 1.2b).
- > Het Bor geeft aan dat een omgevingsvergunning nodig is voor inrichtingen waar één of meer stookinstallaties met een nominaal vermogen groter dan 20 kilowatt aanwezig zijn, waarin een andere stof wordt verstoekt dan aardgas, propaan, butaan et cetera (Bijlage 1, onderdeel C, categorie 1.4-a).

Toekomstige wet- en regelgeving

- > Het Bal geeft aan dat een stookinstallatie met een vermogen van meer dan 130 kW een milieubelastende activiteit is (art. 3.4). Gezien deze grens, vallen stookinstallaties in woningen hier niet onder.

Documentatie:

- > Over het [optellen van vermogens](#) is op de website van InfoMil meer informatie te vinden.

5 Beperken van gevaren

Om de gevaren van het produceren, opslaan en gebruik van waterstof te kunnen inschatten, wordt gebruik gemaakt van scenario's. Een scenario is een korte beschrijving van een gebeurtenis waarbij door één of meerdere oorzaken waterstof onbedoeld vrijkomt. De (proces)omstandigheden waaronder waterstof vrijkomt en de fysische eigenschappen van waterstof bepalen de gevaren die de scenario's kunnen opleveren voor de omgeving. Dit hoofdstuk gaat kort in op de algemene gevaren van installaties voor de productie, opslag en het gebruik van waterstof, op de intrinsieke risico's van waterstof, op de scenario's en op de maatregelen die getroffen kunnen worden.

Het gelijktrekken van de industriële toepassing van waterstof aan de toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving brengt risico's met zich mee. Zo biedt de ervaring die in de industrie is opgebouwd geen garantie in het publieke domein, omdat de veiligheidsculturen verschillen. Daarnaast kan bij schaalverkleining risico-onderschatting optreden.

5.1 Gevaren van waterstof

De fysische eigenschappen van waterstof brengen de volgende gevaren met zich mee:

- > Waterstof lekt relatief makkelijk.
- > Waterstof wordt niet waargenomen als het vrijkomt.⁶
- > Waterstof ontsteekt relatief makkelijk bij hoge concentraties.
- > Waterstof heeft een breed ontvlambaarheidsgebied (4 - 75 vol.%).
- > Waterstofvlammen zijn visueel nauwelijks waar te nemen.⁷
- > Waterstofvlammen zijn zeer heet, maar stralen relatief weinig warmte uit.
- > Waterstof kan zich in besloten ruimtes of onder plafonds ophopen en daar hoge concentraties bereiken.
- > Ontsteking van een waterstofjet geeft een fakkel.
- > Ontsteking van een waterstofwolk geeft bij concentraties hoger dan 10 vol.% een explosie (deflagratie) en bij concentraties hoger dan 18 vol.% een detonatie. Of en hoe een explosie plaatsvindt, is erg afhankelijk van de omstandigheden.
- > Waterstof kan waterstofverbrossing geven, dat wil zeggen: het broser worden van metaal doordat waterstof het metaal binnendringt.
- > Hoge concentraties waterstof kunnen in een besloten ruimte leiden tot zuurstoftekort.

De eigenschappen en risico's van waterstof worden vaak vergeleken met die van methaan, het hoofdbestanddeel van aardgas. Methaan en waterstof zijn beide ontvlambare gassen die relatief eenvoudig lekken en door geur niet worden waargenomen (tenzij een geurstof wordt toegevoegd). Door de lagere dichtheid van waterstof stijgt waterstofgas sneller dan methaan. Waterstof heeft een breder ontvlambaarheidsgebied dan methaan. Bij lage concentraties (< 8 vol.%) zijn de ontstekingsenergieën van waterstof en methaan vergelijkbaar. Methaanvlammen zijn zichtbaar en stralen meer warmte uit dan waterstofvlammen. Onvolledige verbranding van methaan kan leiden tot koolmonoxidevergiftiging, in tegenstelling tot een onvolledige verbranding van waterstof.

⁶ Een lek van waterstof dat zich onder hoge druk bevindt, is hoorbaar en daardoor wel waar te nemen.

⁷ Waterstofvlammen zijn wel waar te nemen als er zich veel stof in de lucht bevindt.

Documentatie:

- > IFV (2020). [Veiligheidsaspecten van waterstof in een besloten ruimte](#).
- > International Association for Hydrogen Safety ([HySafe](#)).

De productie, opslag en het gebruik van waterstof kunnen gepaard gaan met de aanwezigheid van andere gevaarlijke stoffen (bij electrolyzers), de aanwezigheid van apparatuur onder hoge spanning of hoge stroom, de aanwezigheid van drukapparatuur en de mogelijkheid tot gasophoping (als apparatuur in een container staat).

Documentatie:

- > HyResponse (2019). [Deliverable D6.3 European Emergency Response Guide](#).

5.2 Scenario's

De oorzaak van het onbedoeld vrijkomen van waterstof kan heel divers zijn: een onjuiste installatie, materiaal dat niet goed aansluit, een bedieningsfout, impact van buitenaf, brand, weersomstandigheden et cetera. De diverse oorzaken kunnen bij de productie, opslag en gebruik van waterstof uiteindelijk leiden tot de volgende scenario's:

- > Een continue uitstroom van waterstof gedurende een bepaalde tijd:
 - klein waterstoflek:
 - groot waterstoflek:
- > Het instantaan falen van het waterstofbevattende systeem.

Wat een klein of groot waterstoflek is, verschilt per situatie: een klein lek in een installatie binnenshuis, is van een andere orde dan een klein lek in een hogedruksysteem.⁸ De factoren die het meest bijdragen aan de hoeveelheid waterstof die vrij kan komen, zijn de grootte van de opening, de waterstofdruk en de inhoud van het waterstofvoerende systeem.

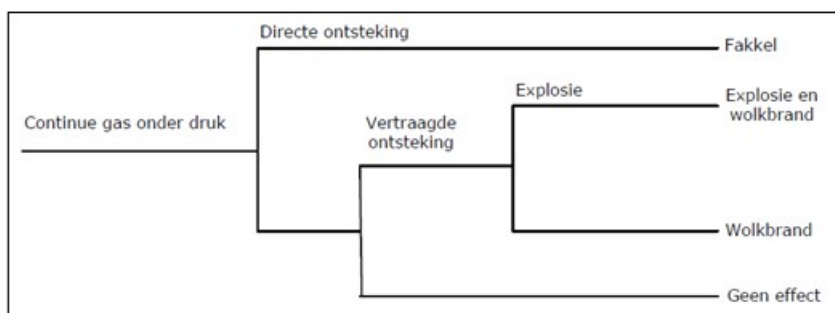
Documentatie:

- > RIVM (2021). [Handleiding Risicoberekeningen Bevi](#), versie 4.3.
- > Incidenten met waterstof staan beschreven in de database [H2 Lessons Learned](#). Een selectie van deze incidenten staat beschreven in het rapport [Hydrogen Incident Examples](#).

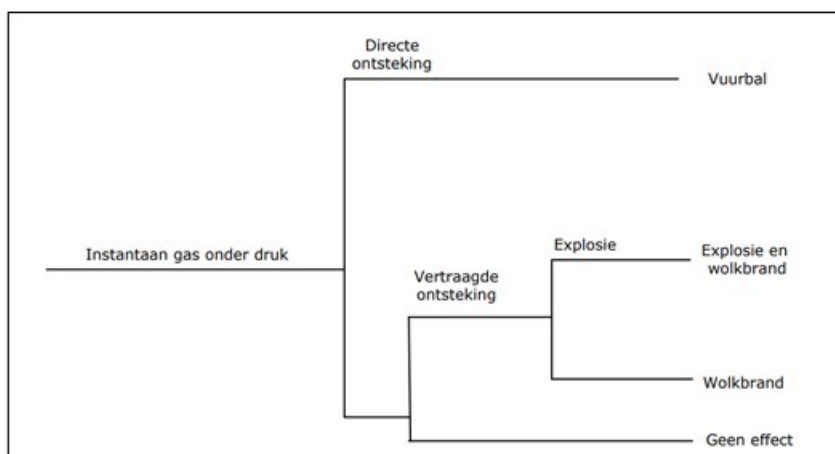
5.3 Effecten

De effecten die kunnen optreden als waterstof vrijkomt, worden vooral bepaald door de manier waarop waterstof vrijkomt (continu of instantaan) en de mogelijkheid of de vrijgekomen waterstof kan ontsteken, zie Figuur 5.1 en Figuur 5.2. Welke effecten uiteindelijk optreden en hoe groot deze zijn, verschilt per situatie. Om überhaupt een effect te kunnen krijgen, is meestal een ontstekingsbron nodig. Factoren die bijdragen aan de omvang en ernst van de effecten, zijn de inhoud en de druk van het waterstofvoerende systeem, de grootte van de opening en de locatie waar waterstof vrijkomt. Het maakt bijvoorbeeld uit of het vrijkomen van waterstof in de open lucht gebeurt of in een besloten ruimte.

⁸ Deze paragraaf heeft geen betrekking op kleine lekken die altijd optreden en die toegestaan zijn. Voor aardgas zijn hier normen voor, voor waterstof nog niet.



Figuur 5.1 De mogelijke effecten van een continue waterstoflekkage (Bron: RIVM)⁹



Figuur 5.2 De mogelijke effecten van het instantaan vrijkomen van waterstof (Bron: RIVM)⁹

Deze effecten leiden tot hittestraling (fakkel, wolkbrand en explosie) en/of overdruk (explosie) waardoor mensen gewond kunnen raken en gebouwen beschadigd. Naast deze effecten kan het vrijkomen van grote hoeveelheden waterstof in een besloten ruimte leiden tot zuurstofverdringing.¹⁰

Documentatie:

- > In het *Scenarioboek Externe Veiligheid* zijn voor een waterstoftankstation de effecten [explosie](#) en [fakkel](#) uitgewerkt.
- > De mogelijke effecten van een waterstoftankstation in Sliedrecht staan beschreven in een [risicoanalyse](#) die voor vergunningverlening is opgesteld.

5.4 Risicobeheersing

Om de uitstroom van waterstof te voorkomen of te beperken, kunnen maatregelen van diverse aard getroffen worden. De belangrijkste maatregelen zijn:

- > installatietechnische maatregelen (bijvoorbeeld een gasstopper, overdrukventiel of terugslagklep)
- > detectie
- > ventilatie

⁹ Figuur 5.1 en Figuur 5.2 zijn gebeurtenissenbomen en moeten van links naar rechts gelezen worden. Een gebeurtenissenboom start met het vrijkomen van een gevaarlijke stof en via verschillende gebeurtenissen worden verschillende uitkomsten bereikt.

¹⁰ Opgemerkt wordt dat de mogelijkheid ook bestaat dat er *geen* effecten zijn.

- > ontstekingsbronnen vermijden
- > afstand houden.

Normen en richtlijnen voor de aanleg, het beheer en het onderhoud van waterstofinstallaties borgen de integriteit van de installatie. Ze beschrijven ook de (preventieve) maatregelen zoals hierboven beschreven.

Gezien de snelheid waarmee ontwikkelingen gaan, zullen niet voor alle waterstoftoepassingen al normen en richtlijnen opgesteld zijn. Het Normalisatieplatform Waterstof voor de industriële en gebouwde omgeving (NPH2IGO) is hier wel mee bezig. De normen en praktijkrichtlijnen voor waterstof zullen veelal een afgeleide zijn van die voor aardgas. Welke normen en richtlijnen nog ontbreken of in de maak zijn, is onbekend.

Documentatie:

Algemeen

- > Op de website van [Hydrogen/Fuel Cell Codes & Standards](#) zijn ruim 400 normen en richtlijnen te vinden over waterstof en brandstofcellen.
- > Tebodin (2009). [Kennisdocument Industriële procesbeveiligingen](#).

Productie

- > Voor de productie van waterstof door middel van elektrolyse, kan gebruikgemaakt worden van [NEN-ISO 22734:2019 en](#): *'Waterstofgeneratoren gebruikmakend van water elektrolyse - Industriële, commerciële en binnenshuis toepassingen'*.

Opslag

- > Wanneer het lokaal opslaan van waterstof gekoppeld is aan waterstofproductie door middel van elektrolyse en aan een brandstofcel voor het genereren van elektriciteit, kan gebruik gemaakt worden van [NEN-EN-IEC 62282-8-201:2020](#): *'Brandstofceltechnologieën - Deel 8-201: Energieopslagsystemen met brandstofcelmodules in omgekeerde modus - Testprocedures voor de prestaties van power-to-power systemen'*.
- > Cilinders voor de opslag van waterstof moeten voldoen aan [NEN-EN 17533:2020 en](#): *'Gaseous hydrogen - Cylinders and tubes for stationary storage'*.
- > Voor de opslag van waterstof worden veiligheidsafstanden gegeven in [NFPA 55](#) en in de ['Property Loss Prevention Data Sheets'](#).

Gebruik woningen

- > Overzichten van normen en praktijkrichtlijnen voor het verwarmen van woningen zijn te vinden in het [Publieksrapport Waterstofwijk - Plan voor waterstof in Hoogeveen](#) en in het IFV-rapport [Veiligheidsmaatregelen voor het gebruik van waterstof binnenshuis](#).
- > Voor waterstof dat gebruikt wordt om generatoren te voeden, geldt [NPR 8090:2013 nl](#): *'Waterstofbrandstofcelaggregaten'*. De richtlijn geldt niet voor huishoudelijk gebruik.
- > Wanneer koolwaterstoffen worden gebruikt om waterstof te genereren voor gebruik in een generator, geldt [NEN-ISO 16110-1:2007 en](#): *Waterstofgeneratoren gebruikmakend van "Fuel Processing Technologie - Deel 1: Veiligheidseisen*.

Gebruik tankstations

- > Voor toezicht en handhaving bij waterstoftankstations heeft InfoMil in 2020 een [checklist](#) opgesteld die gebaseerd is op PGS 35.

De literatuur noemt tientallen maatregelen om uitstroom van waterstof te voorkomen en te beperken. Onderstaande maatregelen zijn van toepassing op veel locaties waar waterstof aanwezig is. Opgemerkt wordt dat veel maatregelen niet uniek zijn voor waterstof.

Bouwkundige maatregelen

1. Bouwen, exploiteren en onderhouden van de installatie volgens BBT
2. Respecteren van interne veiligheidsafstanden
3. Respecteren van externe veiligheidsafstanden
4. Vermijden van luchtintrede bij de compressor
5. Voldoende ventilatie garanderen bij installaties in een besloten ruimte
6. Plaatsen van installaties in een open omgeving
7. Afschermen van gevoelige installatie-onderdelen
8. Gebruik van correcte materialen en geschikte verbindingen
9. Voorzien van correcte signalering op het terrein

Installatietechnische maatregelen

10. Voorzien van druk- en temperatuurmetingen op kritische locaties
11. Voorzien van breekkoppelingen in de verdeelslangen
12. Gebruik van doorstroombegrenzer, terugslagklep of inbloksystemen op kritische locaties
13. Voorzien van overdrukbeveiligingen op kritische locaties
14. Voorzien van maatregelen in verband met brandveiligheid
15. Voorzien van een drukontlastingssysteem bij opslagcontainers
16. Voorzien van waterstofgasdetectiesystemen
17. Voorzien van waterstofvlamdetectie op opslagtanks
18. Voorzien van een noodstopsysteem (ESD – emergency shut down)

Organisatorische maatregelen

19. Informeren van omwonenden
20. Risicobeheersing met behulp van een managementsysteem
21. Vastleggen van afspraken en regels voor belanghebbende over handelingen met waterstofhoudende installaties
22. Voorzien van maatregelen voor toezicht
23. Voorzien van vlotte en veilige verkeerscirculatie op het terrein
24. Een onderbouwde keuze maken over de aanlevermethode en oorsprong van waterstof
25. Uitvoeren van periodieke lekdichtheidsmetingen
26. Volgen van algemene veiligheidsvoorschriften voor het vermijden van ontstekingsbronnen
27. Opmaken van een ATEX-zoneringsplan

Repressieve maatregelen

28. Voorzien, oefenen en up-to-date houden van noodprocedures
29. Voorzien van brandwerende muren tussen installatie-onderdelen

5.5 Incidentbestrijding

Elke inzet van de brandweer kent een aantal vaste stappen die al dan niet tegelijkertijd uitgevoerd worden in samenwerking met de eigenaar. Voor de inzet bij een incident met een gevaarlijke stof moet gedacht worden aan stappen als het verkennen van de situatie, het eventueel uitvoeren van een redding, stoppen van de toevoer van gevaarlijke stof, de repressieve inzet zelf en het onder controle krijgen van de situatie.

De inzet van de brandweer is nodig bij één van de volgende situaties die zich kunnen voordoen bij de productie, opslag en het gebruik van waterstof:

- > afblazen waterstoftank
- > aanstralen waterstoftank
- > waterstoflekkage
- > waterstofbrand.

Naast het vrijkomen van waterstof, zijn ook andere scenario's mogelijk waar de inzet van de brandweer nodig kan zijn. Het gaat dan bijvoorbeeld om een brand die een waterstofinstallatie bedreigt.

Documentatie:

- > Brandweer Nederland. (2019). *Aandachtskaarten waterstof*. De aandachtskaarten behandelen de volgende onderwerpen:
 - [H₂ Algemene procedure](#)
 - [H₂ Brandstoftanks](#)
 - [H₂ Lokale productie](#)
 - [H₂ Tankstation](#)
 - [H₂ Voertuigbrand](#)
- > HyResponse (2016). [European Emergency Response Guide](#).

6 Overige informatie

De opsomming hieronder is een overzicht van rapporten en websites die niet genoemd worden in dit document, maar mogelijk wel interessant zijn voor de lezer.

- > Op de website van het [H2Platform](#) zijn de ontwikkelingen te volgen over de toepassing van waterstof in de energiesector, de (chemische) industrie, de gebouwde omgeving en de mobiliteit.
- > Veel voorschriften staan ook beschreven in [Beste Beschikbare Technieken \(BBT\) voor Waterstoftankstations](#) van de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO, 2020).
- > Waterstofnet (2019). [Schakeldag vergunningen en realisatie van waterstoftankstations](#).
- > In het [Scenarioboek Externe Veiligheid](#) worden enkele scenario's met waterstof uitgewerkt. Het gaat hierbij om opslag en transport van grote hoeveelheden waterstof.