

# Kennisbundel Transport van waterstof (dragers)





Nederlandse Academie voor  
Crisisbeheersing en Brandweezorg  
Postbus 7010  
6801 HA Arnhem  
Kemperbergerweg 783, Arnhem  
[www.nipv.nl](http://www.nipv.nl)  
[info@nipv.nl](mailto:info@nipv.nl)  
026 355 24 00

## Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2024

Auteur	M. Spoelstra
Met medewerking van	F. van de Ven
Datum	11 december 2024
Foto cover	M. Spoelstra

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

# Inhoud

	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Transport van waterstof</b>	<b>5</b>
1.1	Algemeen	5
1.2	Transport van waterstof(dragers)	5
1.3	Transport van waterstof(dragers) in 2030	9
<b>2</b>	<b>Wet- en regelgeving</b>	<b>11</b>
2.1	Algemeen	11
2.2	Vervoer over de weg	13
2.3	Vervoer over water	14
2.4	Vervoer over het spoor	15
2.5	Buisleidingen	15
2.6	Ontwikkelingen	17
<b>3</b>	<b>Vergunningverlening</b>	<b>18</b>
3.1	Eurovergunning	18
3.2	Toezicht transport	18
3.3	Buisleidingen	19
<b>4</b>	<b>Beperken van gevaren</b>	<b>20</b>
4.1	Gevaren van waterstof(dragers)	20
4.2	Gevaren van opslagsystemen	22
4.3	Risicobeheersing	24
4.4	Incidentbestrijding	25
<b>5</b>	<b>Overige informatie</b>	<b>28</b>

# Inleiding

Een kennisbundel geeft voor een bepaald onderwerp beknopte beschrijvingen op het gebied van wet- en regelgeving, vergunningen, pilots en maatregelen. Om zich de deelonderwerpen eigen te maken, kan de lezer gebruikmaken van de documenten en websites waarnaar verwezen wordt. De lezers zullen vooral werkzaam zijn bij overheidsorganisaties als gemeenten, provincies, ministeries, veiligheidsregio's en omgevingsdiensten.

Het onderwerp van deze kennisbundel is *Transport van waterstof(dragers)* (H<sub>2</sub>), waarbij de nadruk ligt op het vervoer van bulkhoeveelheden waterstof(dragers) via weg, water, spoor en buisleidingen. Het gebruik van waterstof voor de voorstuwing van transportmiddelen (dus als brandstof) wordt niet behandeld, evenmin als de opslag van waterstof(dragers) en de economische en technische aspecten van het transport van waterstof.

De kennisbundel is een document dat in beheer is bij het NIPV. Dit garandeert dat de inhoud van de kennisbundel (periodiek) geactualiseerd wordt als daar aanleiding toe is.

# 1 Transport van waterstof

## 1.1 Algemeen

Waterstof speelt in de energietransitie een belangrijke rol. Met behulp van waterstof kunnen vraag en aanbod van energie beter op elkaar afgestemd worden: duurzaam opgewekte elektriciteit die niet afgenomen kan worden, wordt gebruikt om waterstof te maken dat gebruikt kan worden waar en wanneer dat nodig is. Het voordeel van waterstof is dat het ten opzichte van elektriciteit eenvoudiger en goedkoper getransporteerd en opgeslagen kan worden.

Nederland zal in de toekomst een deel van het benodigde waterstof moeten importeren, omdat het aanbod van (duurzaam) geproduceerd waterstof nog onvoldoende is. De manier waarop en de vorm waarin waterstof getransporteerd kan worden, variëren en hangen af van diverse factoren. Enkele belangrijke variabelen zijn de:

- > afstand tussen de productielocatie en de opslag- en/of gebruikslocatie
- > hoeveelheid te transporteren waterstof
- > kosten om waterstof te maken en om waterstof te regenereren
- > aanwezigheid van transportinfrastructuur.

## 1.2 Transport van waterstof(dragers)

De lage dichtheid<sup>1</sup> en daardoor de lage energiedichtheid van gasvormig waterstof bij atmosferische druk zorgen ervoor dat opslag en transport van gasvormig waterstof kostbaar zijn. Daarom wordt gezocht naar andere manieren om waterstof te vervoeren.

### 1.2.1 Gasvormig waterstof

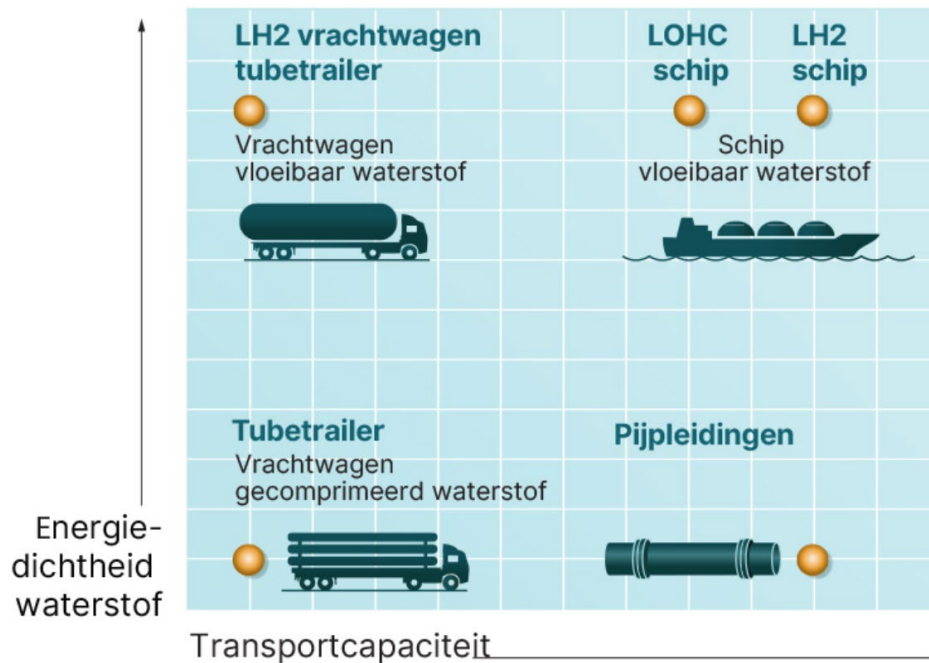
De bekendste verschijningsvorm van waterstof is gasvormige waterstof. Door de druk te verhogen, neemt de dichtheid toe en kan er meer gasvormig waterstof vervoerd worden. Bij 200 bar is de dichtheid van waterstof zo'n 17 kg/m<sup>3</sup>.

Een kilogram waterstof bij atmosferische druk neemt veel ruimte in beslag; voor transport is dit niet gunstig. Het volume kan verkleind worden door gasvormig waterstof te comprimeren of te koelen. Zie ook Figuur 1.1. Het onder druk brengen van gasvormig waterstof leidt wel tot energieverlies.

---

<sup>1</sup> 1 m<sup>3</sup> gasvormig waterstof weegt 85 g en 1 kg gasvormige waterstof heeft een volume van 11,8 m<sup>3</sup>.





**Figuur 1.1 Energiedichtheden van verschillende vormen van waterstof; LH<sub>2</sub> is vloeibaar waterstof, LOHC is waterstofdrager (zie § 1.2.3) (bron: [De wereld van waterstof](#))**

Gasvormig waterstof wordt in Nederland vervoerd over de weg en via buisleidingen, maar voornamelijk niet per spoor of over binnenlandse waterwegen. Bij transport over de weg bevindt gasvormig waterstof zich in waterstofcilinders of in waterstoftubes. Tubes worden vervoerd in bundels van 2000 liter bij een druk van 200-500 bar, zie Figuur 1.2.

Bij transport via buisleidingen kan gasvormig waterstof worden vervoerd door hogedrukleidingen (66 - 80 bar), middeldrukleidingen (40 bar) of lagedrukleidingen (3-16 bar). Gasvormig waterstof wordt nog niet op grote schaal vervoerd in Nederland, met uitzondering van transport via waterstofleidingen tussen chemieclusters.<sup>2</sup> De mogelijkheden om aardgasleidingen te gebruiken voor het transport van waterstof worden onderzocht.

### 1.2.2 Vloeibaar waterstof

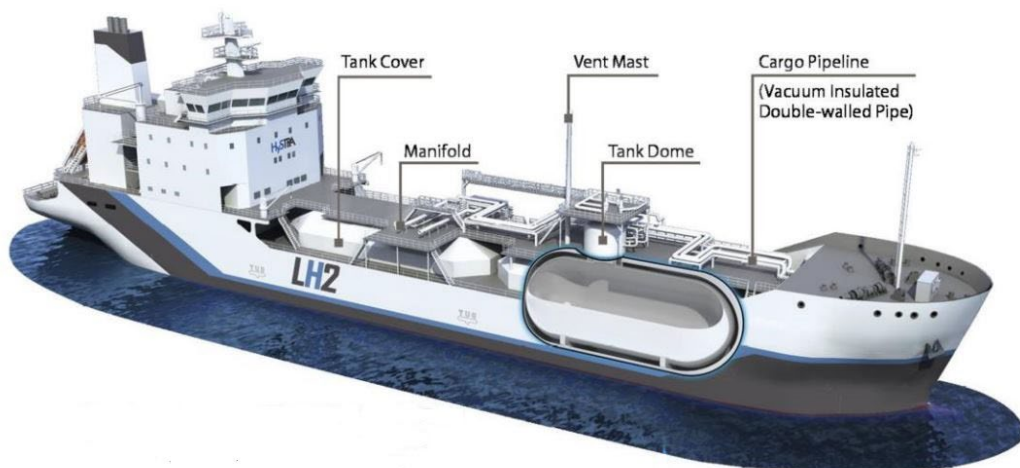
Om grotere hoeveelheden waterstof te kunnen vervoeren, moet waterstof vloeibaar worden gemaakt. Ook dit proces leidt tot energieverliezen. Het opslagsysteem van vloeibaar waterstof moet vanwege de extreem lage temperaturen zeer goed kunnen isoleren, omdat het kookpunt van waterstof -253 °C is. Vloeibaar waterstof wordt bij een druk van 5 tot 12 bar opgeslagen in dubbelwandige vacuüm geïsoleerde tanks om warmteverliezen te beperken. Door warmte-instroom zal altijd wat vloeibaar waterstof verdampen ('boil off'). De mate waarin boil off plaatsvindt, is afhankelijk van het oppervlak en de inhoud van de tank. Transport van vloeibaar waterstof vindt momenteel alleen over de weg plaats. Wereldwijd zijn er enkele zeeschepen die vloeibaar waterstof (gaan) vervoeren.

<sup>2</sup> Voorbeelden zijn leidingen van Air Products in de haven van Rotterdam, leidingen van Air Liquide van Rotterdam naar Frankrijk en een leiding van Gasunie in Zeeland tussen Yara en Dow Chemical.

In januari 2022 heeft het eerste bulkzeeschip voor vloeibaar waterstof ter wereld, de Suiso Frontier, op zijn eerste reis vloeibaar waterstof vervoerd van Australië naar Japan.



Figuur 1.2 Tubetrailer met waterstof (bron: [TIAPM](#))

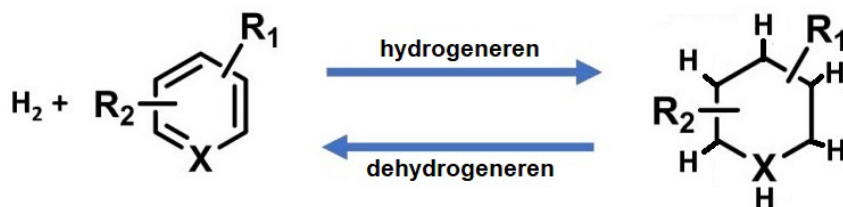


Figuur 1.3 Carrier voor het vervoer van vloeibaar waterstof (bron: [ERIA](#))

### 1.2.3 LOHC

Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC) zijn (cyclische) organische verbindingen met dubbele bindingen die waterstof kunnen opnemen (hydrogeneren) en af kunnen staan

(dehydrogeneren).<sup>3</sup> LOHC's zijn vloeibaar, wat transport relatief eenvoudig maakt. Het gebruik van LOHC's voor het transport van waterstof is een cyclisch proces. Na transport van het dragermateriaal wordt waterstof hieraan onttrokken. Om het proces cyclisch te maken, moet het dragermateriaal geretourneerd worden, wat tot extra transportbewegingen leidt. Het hydrogeneren en dehydrogeneren leiden tot energieverlies.



**Figuur 1.4 Principe van waterstofdragers (LOHC) (bron: [Rao en Yoon \(2020, bewerkt\)](#)). R<sub>1</sub> en R<sub>2</sub> zijn chemische groepen en X is een chemisch element. De zesring kan ook een vijfring zijn.**

### 1.2.4 Ammoniak

Ammoniak (NH<sub>3</sub>) is een gas, maar kan als vloeistof (onder druk of gekoeld) eenvoudiger worden vervoerd dan gasvormig en vloeibaar waterstof. Na het transport van ammoniak wordt waterstof door thermische ontleding of door kraken uit ammoniak vrijgemaakt. Het kraken van ammoniak leidt tot energieverlies. Het nadeel van ammoniak is dat het bijtend is en dat inademen van het gas tot irritatie aan de luchtwegen en prikkende ogen leidt.



**Figuur 1.5 Spooketelwagen voor het transport van tot vloeistof verdicht ammoniak (bron: [VTG](#))**

### 1.2.5 Hydride

Waterstof kan chemisch worden opgeslagen in de vorm van hydrides. Een hydride is een verbinding waarbij waterstof negatief geladen is. Veel hydrides zijn poedervormig en daardoor eenvoudig te vervoeren (uitgezonderd vervoer via buisleidingen). Door een hydride

<sup>3</sup> Mierenzuur (HCOOH) en methanol (CH<sub>3</sub>OH) zijn ook LOHC's, maar worden in de praktijk niet als zodanig toegepast. Bij mierenzuur zijn procestechnische en chemische problemen hiervoor de oorzaak, terwijl methanol meer gebruikt wordt als grondstof in de chemische industrie en als mogelijke vervanger van brandstoffen voor de voortstuwing van motoren.



te verhitten, ontleedt het en komt waterstof vrij. Bij sommigen hydrides komt waterstof vrij door het met water te laten reageren. Een bekend voorbeeld van een hydride is natriumboorhydride (NaBH<sub>4</sub>). Het aandeel waterstof in NaBH<sub>4</sub> is zo'n 10 m.%. Bij het vrijmaken van waterstof uit NaBH<sub>4</sub> komt energie vrij, maar het hydrogeneringsproces kost energie.

*Documentatie:*

- > Pricewaterhouse Coopers (2021). [HyWay 27: waterstoftransport via het bestaande gasnetwerk?](#)
- > Sequiera, C. (2020). [Hydrogen Storage and Transportation](#).
- > Staalkaart groene waterstof (z.d.). [Opslag en Transport](#).
- > [Longread](#) van de Gasunie over onder andere transport van waterstof.
- > Pre-normative Research for Safe use of Liquid Hydrogen (PRESLHY, 2021). [Handbook of hydrogen safety: Chapter on LH2 safety](#).

### 1.3 Transport van waterstof(dragers) in 2030

Welke vorm van waterstof gekozen wordt, hangt onder meer af van de afstand waarover het wordt getransporteerd, van de schaalgrootte en van het eindgebruik. Voor afstanden tot 1000 km is het transporteren van gasvormig waterstof per buisleiding over het algemeen de goedkoopste optie. Boven de 1000 km kan het transport van waterstof als ammoniak of als LOHC goedkoper zijn. Als een stof omgezet moet worden (conversie), geeft dat verlies van energie-inhoud en is een extra transportstap nodig.

De manier waarop waterstof, waterstofdragers en ammoniak momenteel in Nederland vervoerd worden, staat samengevat in Tabel 1.1 en voor 2030 in Tabel 1.2.

**Tabel 1.1 Het transport in 2022 van waterstof(dragers) (bron: Arcadis en Berenschot)**

Stof	Weg	Water	Spoor	Buis
Gasvormig H <sub>2</sub>	Beperkt	Nee	Nee	Ja
Vloeibaar H <sub>2</sub>	Beperkt	Binnenvaart: nee Zeevaart: zeer beperkt	Nee	Nee
LOHC (MCH) <sup>4</sup>	Nee	Nee	Nee	Nee
LOHC (PDBT) <sup>4</sup>	Nee	Nee	Nee	Nee
Tot vloeistof verdicht NH <sub>3</sub>	Ja	Binnenvaart: ja Zeevaart: nee	Beperkt	Beperkt
Tot vloeistof gekoeld NH <sub>3</sub>	Verboden	Binnenvaart: nee <sup>5</sup> Zeevaart: incidenteel <sup>6</sup>	Verboden	Nee, maar wel tussen fabrieken

<sup>4</sup> MCH is MethylCycloHexaan, PDBT is Perhydro-DiBenzylTolueen.

<sup>5</sup> Transport van tot vloeistof gekoeld ammoniak is wel mogelijk volgens ADN (zie ook paragraaf 2.1).

<sup>6</sup> Informatie is afkomstig uit emailverkeer met transportbranche.

**Tabel 1.2 Het transport in 2030 van waterstof(dragers) (bron: Arcadis en Berenschot)**

Stof	Weg	Water	Spoor	Buis
<i>Gasvormig H<sub>2</sub></i>	Mogelijk stijging	Nee	Mogelijk beperkte toename	Ja
<i>Vloeibaar H<sub>2</sub></i>	Mogelijk toename	Binnenvaart: nee Zeevaart: mogelijk stijging	Mogelijk beperkte toename	Nee
<i>LOHC (MCH)</i>	Onbekend, maar is mogelijk	Onbekend, maar is mogelijk m.u.v. bepaalde vormen	Onbekend, maar is mogelijk m.u.v. bepaalde vormen	Onbekend, maar is mogelijk
<i>LOHC (PDBT)</i>	Onbekend, maar is mogelijk	Onbekend, maar is mogelijk	Onbekend, maar is mogelijk	Nee
<i>Tot vloeistof verdicht NH<sub>3</sub></i>	Mogelijk toename	Ja, maar hoeveelheid onbekend	Toename verwacht	Beperkt
<i>Tot vloeistof gekoeld NH<sub>3</sub></i>	Vermoedelijk nog steeds verboden	Mogelijk	Vermoedelijk nog steeds verboden	Nee, maar wel tussen fabrieken

*Documentatie:*

- > Arcadis en Berenschot (2021). [Ketenstudie omgevingsveiligheid van duurzame waterstofrijke energiedragers](#).
- > Arcadis, Berenschot en TNO (2023). [Omgevingsveiligheid van toekomstige stromen waterstofrijke energiedragers](#). Dit rapport staat bekend als de 'Volumestudie'.
- > [Website](#) van het Informatiepunt Leefomgeving met vervoercijfers van gevaarlijke stoffen.

## 2 Wet- en regelgeving

Het vervoer van gevaarlijke stoffen is aan regels gebonden. Het gaat hierbij om algemene regels en om regels die specifiek zijn voor de vervoersmodaliteit. Dit hoofdstuk beschrijft op hoofdlijnen de wet- en regelgeving van het vervoer van gevaarlijke stoffen en geeft aan welke regels specifiek gelden voor waterstof of afgeleide vormen daarvan.

### 2.1 Algemeen

#### Omgevingswet

Vanaf 1 januari 2024 staan regels voor bescherming van de fysieke leefomgeving in de Omgevingswet. Regels over vervoer van gevaarlijke stoffen over weg, spoor en binnenwateren vallen niet onder de Omgevingswet, maar onder de Wet vervoer gevaarlijke stoffen. In de Omgevingswet staan wel regels voor het Basisnet op het gebied van de ruimtelijke ordening. Ook de eisen voor buisleidingen staan in de Omgevingswet (zie paragraaf 2.5 van deze kennisbundel)

Het Basisnet is een landelijk aangewezen netwerk voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Het bestaat uit de (snel)wegen, vaarwegen en spoorwegen die van belang zijn voor vervoer van gevaarlijke stoffen. Het Basisnet is ontwikkeld om a) gevaarlijke stoffen te kunnen blijven vervoeren tussen de belangrijkste industriële plaatsen binnen Nederland en in de buurlanden; b) om de risico's voor omwonenden langs de transportroutes binnen de wettelijke grenzen te houden en c) om duidelijk te maken waar nog ruimte is om nieuwe kwetsbare gebouwen te bouwen, zoals woningen.

#### Wet vervoer gevaarlijke stoffen<sup>7</sup>

De Wet vervoer gevaarlijke stoffen (Wvgs) heeft als doel de veiligheid van mensen en dieren te garanderen bij het transport van gevaarlijke stoffen over de weg, het spoor en over binnenwateren. Hoofdstuk III van de Wvgs gaat in op het Basisnet en hoofdstuk IV op routing van gevaarlijke stoffen. Artikel 47 schrijft voor dat ongevallen met transport van gevaarlijke stoffen gemeld moeten worden bij de ILT (Inspectie Leefomgeving en Transport).

#### Besluit vervoer gevaarlijke stoffen

In het Besluit vervoer gevaarlijke stoffen (Bvgs) is vastgelegd dat voor het vervoer van gevaarlijke stoffen de internationale regelgeving voor de diverse modaliteiten wordt gevolgd. Voor transport over land is dit het ADR, voor transport over binnenwateren het ADN en voor transport per spoor het RID.<sup>8</sup>

#### Regeling basisnet

Het Basisnet stelt in de vorm van 'risicoplafonds' grenzen aan de risico's die het vervoer van gevaarlijke stoffen kan opleveren voor omwonenden. Transport van gevaarlijke stoffen is

<sup>7</sup> Deze wet wordt ook wel Wet Basisnet genoemd.

<sup>8</sup> ADR = Accord Européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route, ADN = Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par voies de Navigation intérieures, RID = Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses.

toegestaan zolang de risicoplafonds niet overschreden worden. Een risicoplafond komt overeen met een bepaalde afstand vanaf de infrastructuur. De Regeling basisnet (Rb) geeft de hoogte van de risicoplafonds langs de transportroutes weer en geeft regels voor ruimtelijke ontwikkelingen langs transportroutes. Regels voor het toelaten van gebouwen binnen de afstand van het risicoplafond staan in de Omgevingswet. Hiervoor staan instructieregels in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl).<sup>9</sup> Het gaat dan om het plaatsgebonden risico en aandachtsgebieden. Het berekenen van het groepsrisico is vervangen door aandachtsgebieden.

De risicoplafonds zijn gebaseerd op het plaatsgebonden risico.<sup>10</sup> Naast de risicoplafonds zijn er vanwege het groepsrisico ook afstanden voor aandachtsgebieden. Binnen deze aandachtsgebieden mag de gemeente geen bebouwing toelaten, tenzij er extra maatregelen worden genomen. In bijlage VII onder C bij het Bkl staan de afstanden voor de aandachtsgebieden voor het Basisnet:

- > 30 meter voor een brandaandachtsgebied
- > 200 meter voor een explosieaandachtsgebied
- > Een nog nader te bepalen afstand voor een gifwolkaandachtsgebied.<sup>11</sup>

De Omgevingsregeling (artikel 2.23) wijst wegen en spoorwegen aan die een aandachtsgebied hebben. Hier staat een verwijzing naar bijlage I en bijlage II bij de Regeling basisnet.

### Monitoring basisnet

De minister van Infrastructuur en Waterstaat heeft de plicht om minimaal iedere vijf jaar onderzoek te doen naar het Basisnet. Dit blijkt uit de artikelen 15 en 17 van de Wet vervoer gevaarlijke stoffen (Wvgs). De minister geeft invulling aan die verplichting door elk jaar onderzoek te doen naar mogelijke overschrijdingen van de risicoplafonds.

#### Documentatie:

- > Wettekst: [Wet vervoer gevaarlijke stoffen](#).
- > Wettekst: [Besluit vervoer gevaarlijke stoffen](#).
- > Wettekst: [Regeling basisnet](#).
- > Informatiepunt Leefomgeving:
  - [Basisnet in de Omgevingswet](#).
  - [Jaarverslag Basisnet en monitoring](#).
- > Inspectie Leefomgeving en Transport: [Wet- en regelgeving gevaarlijke stoffen](#).
- > Rijkswaterstaat: [Vervoer gevaarlijke stoffen, externe veiligheid](#).
- > Atlas Leefomgeving: [kaartviewer Basisnet](#).
- > Atlas Leefomgeving: [kaartviewer buisleidingen](#).
- > Evofenedex: [Gevaarlijke stoffen](#).

Gasvormig waterstof onder druk (UN 1049) en vloeibaar waterstof (UN 1966) worden ingedeeld als GF0 (brandbare gassen). Stoffen in deze categorie worden niet meegenomen in risicoberekeningen. Omdat het vervoer van gevaarlijke stoffen in klasse GF0 niet gemonitord wordt, zou waterstof in principe onbeperkt vervoerd kunnen worden over weg en water. Bij een verdere toename van het

<sup>9</sup> Voorheen was dit geregeld in het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt).

<sup>10</sup> Het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl, artikel 5.8) verwijst voor het plaatsgebonden risico van het Basisnet naar de Omgevingsregeling. De Omgevingsregeling verwijst naar de tabellen in de bijlagen I, II en III bij de Regeling basisnet.

<sup>11</sup> Naar verluidt zal het gifwolkaandachtsgebied bij Basisnet afgekapt worden en 300 m bedragen. Bron: Verslag Kennistafel Transport, d.d. 2 oktober 2023.



vervoer van waterstof over de weg, zal de indeling echter wijzigen naar GF3, dat wil zeggen een zeer brandbaar gas. Een dergelijke aanpassing heeft in het verleden ook plaatsgevonden bij LNG. Bij vervoer over spoor wordt in de berekeningen gasvormig waterstof onder druk wel meegenomen en vloeibaar waterstof niet.

## 2.2 Vervoer over de weg

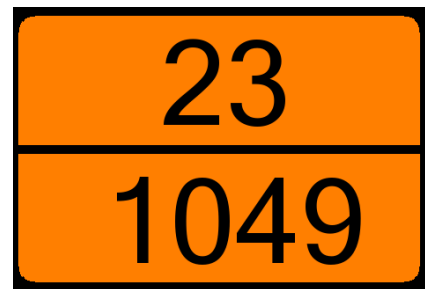
Zoals boven vermeld, is het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg geregeld in de Wvgs en het Bvgs. Voor transport over de weg staan er regels in de Regeling vervoer over land van gevaarlijke stoffen (Vlg). Bij deze regeling horen verschillende bijlagen, waarvan de eerste verwijst naar voorschriften voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over land. Het gaat hier om de Nederlandse vertaling van bijlagen A en B van het ADR.

In de Vlg staat welke stoffen routeplichtig zijn (dit betekent dat gemeenten en provincies routes kunnen aanwijzen die verplicht gevolgd moeten worden). Het transport van waterstof is routeplichtig (Vlg, bijlage 2, hoofdstuk II, artikel 4, tabel 1). Als een stof routeplichtig is, is het niet toegestaan om af te wijken van de vastgestelde route gevaarlijke stoffen. Dit is alleen toegestaan als de gemeente of provincie hiervoor ontheffing aan het bedrijf heeft verleend.

### ADR

In het ADR staan eisen, criteria en procedures voor onder andere de gevaarsindeling van gevaarlijke goederen, vervoersmiddelen, verpakkingen en tanks en voor etikettering en documentatie. De eisen voor het transport van gasvormig waterstof (UN 1049) en vloeibaar waterstof (UN 1966) in tunnels staan in paragraaf 3.2.1 van het ADR:

- > Vervoer in tanks (bulkvervoer) is verboden in tunnels van categorie B, C, D en E.
- > Overig vervoer, zoals in gasflessen, is verboden in tunnels van categorie D en E.



**Figuur 2.1 UN- of Kemler-bord voor het vervoer van gasvormig waterstof. Het bovenste getal geeft het gevaar aan (brandbaar gas) en het onderste getal het UN-nummer.**

### Transport van ammoniak

Het transport van tot vloeistof gekoeld ammoniak over de weg is verboden (ADR, § 2.2.2.2.2). Voor het transport van tot vloeistof verdicht ammoniak (UN 1005) over de weg geldt:

- Vervoer in tanks (bulkvervoer) is verboden in tunnels van categorie C, D en E.
- Overig vervoer (bijvoorbeeld in gasflessen) is verboden in tunnels van categorie D en E (ADR, § 3.2.1).

### Documentatie:

- > Wettekst: [Wet vervoer gevaarlijke stoffen](#) en [Besluit vervoer gevaarlijke stoffen](#).
- > NLHydrogen (2023). [Transport H2 over de weg - Veiligheidsaspecten en risico's](#).
- > RIVM: [gevaarsaanduiding ADR](#).
- > Wettekst: [Overeenkomst voor het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de weg \(ADR\)](#). De Nederlandstalige bijlagen A en B van het ADR staan [hier](#).
- > Ontheffingen zoeken op [officiële bekendmakingen](#).

## 2.3 Vervoer over water

### 2.3.1 Binnenvaart

Voor vervoer over binnenwateren gelden niet alleen het Wvgs en het Bvgs, maar ook de Regeling vervoer over de binnenwateren van gevaarlijke stoffen (Vbg). De Europese overeenkomsten voor binnenwateren (ADN)<sup>12</sup> vormt de basis van deze wetten.

#### Regeling vervoer over de binnenwateren van gevaarlijke stoffen

De Regeling vervoer over de binnenwateren van gevaarlijke stoffen (Vbg) bevat specifieke voorschriften voor het vervoer van gevaarlijke stoffen per schip. De voorschriften hebben onder andere betrekking op het ADN, op het vervoer van gevaarlijke stoffen met zeeschepen op Nederlandse binnenwateren en op routing.<sup>13</sup> In bijlage 1 van deze regeling staan de voorschriften voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over binnenwateren. Het gaat om een Nederlandse vertaling van het ADN.

#### ADN

Het ADN bevat eisen, criteria en procedures voor onder andere de gevaarsindeling van gevaarlijke goederen, vervoersvoorwaarden, verpakkingen en tanks en voor etikettering en documentatie.

Het transport van vloeibaar waterstof in ingebouwde scheepstanks is niet toegestaan, maar wel in tankcontainers. Het transport van tot vloeistof verdichte ammoniak kent bij Dordrecht, Zwijndrecht en Papendrecht een verplichte vaarroute als de schepen meer dan 25 ton vloeibare ammoniak bevatten (Vbg, bijlage 3, artikel 3). Binnenvaartschepen moeten daar verplicht de Dordtse Kil volgen.

#### Documentatie:

- > Wettekst: [Regeling vervoer over de binnenwateren van gevaarlijke stoffen](#).
- > Rijksoverheid: [Europese overeenkomst voor het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de binnenwateren \(ADN\) versie 2023](#).
- > Arbocatalogus Waterbouw.nl: [VGM Handboek waterbouw, H6 Binnenscheepvaart](#).
- > Inspectie Leefomgeving en Transport: [Wet- en regelgeving binnenvaart](#).

### 2.3.2 Zeevaart

#### Schepenwet

De Schepenwet regelt de constructieve (bouwkundige) veiligheid en de functie-eisen aan de bemanning van zeeschepen.<sup>14</sup> Ook stelt de Schepenwet regels met het oog op de zorg voor het milieu.

#### Schepenbesluit

Het Schepenbesluit 2004 geeft onder andere voorschriften voor het certificeren van zeeschepen en voorschriften voor het vervoer van lading. In principe staan deze voorschriften los van elkaar, tenzij bepaalde lading alleen door daartoe gecertificeerde schepen mag worden vervoerd. Regels voor het vervoer van gevaarlijke stoffen worden beschreven in

<sup>12</sup> Accord européen relatif au transport des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures.

<sup>13</sup> Hoewel de scope van deze kennisbundel beperkt is tot transport, is het goed om te weten dat voor het verladen van containers – al dan niet met gevaarlijke stoffen – van en naar schepen (swappen) nog geen wetgeving bestaat.

<sup>14</sup> Een zeeschip wordt als zodanig beschouwd als het over een certificaat van zeewaardigheid beschikt.

paragraaf 2 van het besluit en zijn afkomstig van de codes van de International Maritime Organisation (IMO).

*Documentatie:*

- > Wettekst: [Schepenwet](#).
- > Wettekst: [Schepenbesluit 2004](#).
- > Arbocatalogus Waterbouw.nl: [VGM Handboek waterbouw, H5 Zeevaart](#).
- > NLHydrogen (2023). [Risico's swappen van waterstofcontainers](#).

## 2.4 Vervoer over het spoor

Voor vervoer over het spoor gelden het Wvgs en het Bvgs, evenals de Regeling vervoer over de spoorwegen van gevaarlijke stoffen (Vsg). De Europese overeenkomsten voor spoorwegvervoer (RID)<sup>15</sup> vormen de basis van deze wetten.

### **Regeling vervoer over de spoorwegen van gevaarlijke stoffen**

De Regeling vervoer over de spoorwegen van gevaarlijke stoffen (Vsg) bevat specifieke voorschriften voor het vervoer van gevaarlijke stoffen per spoor in Nederland. In bijlage 1 van deze regeling staan de voorschriften voor het vervoer van gevaarlijke stoffen op Nederlands grondgebied. Het gaat om een Nederlandse vertaling van het RID.

### **RID**

Het Reglement betreffende het internationaal spoorwegvervoer van gevaarlijke goederen (RID 2023) bevat eisen, criteria en procedures voor onder andere de gevaarsindeling van gevaarlijke goederen, vervoersvoorwaarden, verpakkingen en tanks en voor etikettering en documentatie.

*Documentatie:*

- > Wettekst: [Regeling vervoer over de spoorwegen van gevaarlijke stoffen](#).
- > Rijksoverheid: [Reglement betreffende het internationaal spoorwegvervoer van gevaarlijke goederen \(RID\) versie 2023](#).

## 2.5 Buisleidingen

### **Besluit activiteiten leefomgeving**

Het transport van gevaarlijke stoffen met buisleidingen is een aangewezen mba in paragraaf 3.4.3 van het Bal. Hiervoor geldt geen vergunningplicht. De inhoudelijke eisen staan in paragraaf 4.108 Bal. Deze eisen gelden onder andere voor ontvlambare gassen, categorie 1 of 2, bedoeld in bijlage I, deel 2 bij de CLP-verordening als het gaat om leidingen met een uitwendige diameter van ten minste 70 mm of een binnendiameter van ten minste 50 mm en een druk van ten minste 1.600 kPa (16 bar). De eisen gelden ook voor gevaarlijke stoffen in de gevarenklasse acute toxiciteit, categorie 1, 2 of 3, bedoeld in bijlage I, deel 3 bij de CLP-verordening.

---

<sup>15</sup> Accord européen relatif au transport des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures.

### **Besluit kwaliteit leefomgeving**

Voor buisleidingen staan er specifieke regels in het Bkl. Het gaat om de volgende regels:

- > afstanden voor externe veiligheid in bijlage VII, onderdeel D1
- > instructieregels externe veiligheid bij wijzigen van het omgevingsplan
- > regels voor belemmeringengebieden buisleidingen.

Een belemmeringengebied buisleiding is bedoeld voor de veiligheid en het onderhoud van buisleidingen met gevaarlijke stoffen. De afstand is 5 meter aan weerszijden van de buisleiding, gemeten vanuit het hart ervan. Binnen die afstand zijn er beperkingen voor het bouwen en toelaten van activiteiten. Daarnaast gelden afstanden voor het plaatsgebonden risico en voor aandachtsgebieden. Deze moeten berekend worden. Voor het berekenen wordt in de Omgevingsregeling verwezen naar Safeti-NL.

### **Register Externe veiligheidsrisico's**

Buisleidingen zijn onderdeel van het register externe veiligheidsrisico's (REV). Het REV omvat alle informatie over activiteiten met externe veiligheidsrisico's. De informatie wordt gepubliceerd op de Atlas Leefomgeving.

### **Wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken**

In de Wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken (Wibon) staat dat de beheerder van een net met gevaarlijke inhoud (buisleidingen met gevaarlijke stoffen) voorzorgsmaatregelen neemt voordat begonnen wordt met graafwerkzaamheden.

#### **Normen**

Belangrijke normen en standaarden voor waterstofleidingen met een druk van meer dan 16 bar staan beschreven in NEN 3650 (Transportleidingen), ASME B31.12 (Hydrogen Piping and Pipelines) en Gasunie Technische Standaarden. Op de website van de Fuel Cells and Hydrogen Observatory (FCHO) staat informatie over internationale en Europese normen die betrekking hebben op diverse waterstofgerelateerde technieken en toepassingen.

#### *Documentatie:*

- > Wettekst:
  - [§ 3.4.3 Besluit activiteiten leefomgeving.](#)
  - [§ 5.1.2.3 Belemmeringengebied buisleiding gevaarlijke stoffen.](#)
  - [Wet informatie-uitwisseling bovengrondse en ondergrondse netten en netwerken.](#)
- > Informatiepunt Leefomgeving:
  - [Buisleiding met gevaarlijke stoffen \(§ 3.4.3 Bal\).](#)
  - [Buisleidingen en externe veiligheid.](#)
  - [Toelaten buisleidingen en externe veiligheid.](#)
- > Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2019). [Onderzoek technische aspecten van waterstof in bestaande buisleidingen t.b.v. de energietransitie.](#)
- > [Website](#) van de Fuel Cell Hydrogen Observatory (FCHO).
- > [Website](#) van het Register externe veiligheid (REV).



## 2.6 Ontwikkelingen

De Rijksoverheid oriënteert zich op de rol van waterstof(dragers) en heroverweegt daarbij beleidsopvattingen over het transport van gevaarlijke stoffen. Hiertoe heeft zij diverse onderzoeken uitgezet die in 2023 en 2024 zijn uitgevoerd en een veiligheidsrichtsnoer waterstofdragers opgesteld. In het najaar van 2024 is de kabinetsvisie op waterstofdragers gepubliceerd.

### *Documentatie:*

- > [Kamerbrief](#) over kabinetsvisie waterstofdragers.
- > Ministerie van Klimaat en Groene Groei (2024). [Verdiepingsdocument beoordeling waterstofdragers](#).
- > Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RvO, 2024). [Veiligheidsrichtsnoer waterstofdragers](#).
- > Berenschot en Arcadis (2024). [MKBV waterstofdragers](#).
- > Stratelligence (2024). Vergelijking waterstofdragers - [Multicriteria-analyse van importketens van waterstofdragers op publieke belangen](#).

Het Basisnet zal in de toekomst veranderen. Onderzoek heeft namelijk laten zien dat focus op de risicoplafonds in de praktijk leidt tot verlies aan aandacht voor veiligheid en dat de risicoplafonds geen solide basis vormen voor ruimtelijke afwegingen en beleidsmatige processen. Het huidige Basisnet zal daarom vervangen worden door een alternatief systeem, het zogenaamde Robuust Basisnet.

### *Documentatie:*

- > Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2023). [Kamerbrief](#) over evaluatie Basisnet en voortgang Robuust Basisnet.
- > Ecorys (2023). [Evaluatie Basisnet](#).
- > Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2024). [Kamerbrief](#) over Basisnet en Robuust Basisnet gevaarlijke stoffen.

# 3 Vergunningverlening

Bedrijven die actief zijn in het beroepsgoederenvervoer over de weg moeten een Euro-vergunning bezitten. Voor transport van gevaarlijke stoffen zijn verder geen vergunningen nodig. Voor de meeste buisleidingen is er geen vergunningplicht op grond van de Omgevingswet.

## 3.1 Eurovergunning

Om goederen per vrachtwagen te mogen vervoeren, is een Eurovergunning nodig.<sup>16</sup> De vergunning geldt voor binnenlands en internationaal vervoer. Voor vervoer van goederen van of op weg naar het eigen bedrijf ('eigen vervoer') geldt geen vergunningplicht. De vergunningplicht geldt bij de inzet van voertuigen met een laadvermogen van meer dan 500 kg of (sinds 1 januari 2024) een toelaatbare maximum massa van meer dan 2500 kg. Beide staan vermeld op het kentekenbewijs.

- > [Informatie](#) van Ondernemersplein over het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg.
- > NIWO Ondernemersloket: [aanvraag Eurovergunning](#).
- > Wettekst: [Beleidsregel vergunningverlening van de NIWO](#).

## 3.2 Toezicht transport

Een bedrijf dat gevaarlijke stoffen wil vervoeren, moet zich houden aan diverse regels over bijvoorbeeld:

- > tunnels
- > stilstand (parkeren, station, emplacements en haven)
- > belading
- > uitrusting van het transportmiddel
- > opleiding en certificering van personeel
- > documenten en etikettering
- > keuring van het transportmiddel.

De regelingen die onder het Besluit vervoer gevaarlijke stoffen vallen (Vlg, Vbg en Vsg), bevatten overzichten van erkende Nederlandse instanties die een rol hebben in de uitvoering van de voorschriften van het ADR, ADN en het RID. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om de ILT, TNO, CBR en havenmeesters, waarbij de ILT de belangrijkste rol heeft. De ILT is de toezichthouder van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en controleert transporteurs van gevaarlijke stoffen en besteedt bepaalde taken uit aan keuringsinstanties. Als het vervoer van gevaarlijke stoffen niet kan voldoen aan de gestelde eisen, is het in bepaalde gevallen mogelijk een ontheffing aan te vragen, bijvoorbeeld als men wil afwijken van de routing of als men ergens wil parkeren. Daarnaast is het mogelijk om toestemming

---

<sup>16</sup> Deze vergunning wordt ook wel communautaire vergunning genoemd.

of goedkeuring aan te vragen als er regels staan in de vervoersregelgeving. Ook kunnen bedrijven erkenning aanvragen voor het uitvoeren van bepaalde handelingen. Erkende instanties mogen bijvoorbeeld verpakkingen of tankcontainers keuren en certificeren.

*Documentatie:*

- > Inspectie Leefomgeving en Transport:
  - [Regels tijdens vervoer gevaarlijke stoffen over de weg.](#)
  - [Transport gevaarlijke stoffen, binnenvaart, per spoor en over de weg.](#)
  - [Ontheffing, toestemming of goedkeuring aanvragen.](#)
  - [Aanvraag erkenning handelingen gevaarlijke stoffen.](#)
- > Wettekst: [Regeling erkende instanties vervoer gevaarlijke stoffen.](#)

### 3.3 Buisleidingen

Het transport van gevaarlijke stoffen met buisleidingen is een aangewezen mba in § 3.4.3 van het Bal. Hiervoor geldt geen vergunningplicht. Vaak is er een samenloop met andere activiteiten uit hoofdstuk 3 in het bedrijf. Voor die andere milieubelastende activiteiten kan wel een vergunningplicht gelden, maar voor de meeste buisleidingen met gevaarlijke stoffen is geen omgevingsvergunning nodig. De Minister van IenW is bevoegd gezag voor buisleidingen (artikel 2.6 Bal) en de ILT is toezichthouder namens de minister.

Gemeenten moeten de ligging van buisleidingen met gevaarlijke stoffen en de daarbij behorende belemmeringsstroken vastleggen in het omgevingsplan. Zij moeten ook de afstanden voor het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden in acht nemen.

Als een vergunning nodig is voor de aanleg, wijziging of uitbreiding van een buisleiding, kan een milieueffectrapport nodig zijn. Dit is geregeld in de Omgevingswet (zie project J9 in bijlage V Omgevingsbesluit). Er is een mer-plicht bij de aanleg, wijziging of uitbreiding van een buisleiding met een diameter van meer dan 0,8 m en een lengte van meer dan 40 km. In andere gevallen geldt een mer-beoordelingsplicht. Het zal meestal gaan om een omgevingsvergunning omgevingsplanactiviteit.<sup>17</sup> Deze is nodig als er wordt afgeweken van het omgevingsplan.

*Documentatie:*

- > Inspectie Leefomgeving en Transport: [Buisleidingen.](#)
- > Risicokaart.nl: [Buisleidingen.](#)
- > Atlas Leefomgeving: [Buisleiding \(REV\).](#)
- > [Vereniging van leidingeigenaren Nederland \(Velin\).](#)
- > Informatiepunt Leefomgeving:
  - [Buisleiding met gevaarlijke stoffen \(§ 3.4.3 Bal\).](#)
  - [Veiligheidsvoorschriften buisleiding met gevaarlijke stoffen \(§ 4.108 Bal\).](#)
  - [Buisleidingen en externe veiligheid.](#)
  - [Toelaten buisleidingen en externe veiligheid.](#)

---

<sup>17</sup> In het Omb staat dat het moet gaan om een 'vergunning op grond van [artikel 94](#) of [95 van het Mijnbouwbesluit](#) of, bij afwezigheid daarvan, het omgevingsplan of, bij afwezigheid daarvan, de omgevingsvergunning voor een wateractiviteit'.

# 4 Beperken van gevaren

Dit hoofdstuk beschrijft de eigenschappen en gevaren van (de diverse vormen van) waterstof en de maatregelen die genomen kunnen worden om de kans op en de effecten van het vrijkomen van (vormen van) waterstof tijdens transport te voorkomen en te beperken.

## 4.1 Gevaren van waterstof(dragers)

### 4.1.1 Gasvormig waterstof

- > 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. Het wordt daardoor niet waargenomen als het vrijkomt.
- > Waterstof is veel lichter dan lucht, wat zorgt voor een groot stijgend vermogen.
- > Waterstof heeft een breed ontvlambaarheidsgebied (4 - 75 vol. %) en ontsteekt relatief makkelijk.
- > Waterstofgas lekt relatief makkelijk.
- > Waterstofvlammen zijn nauwelijks zichtbaar en stralen relatief weinig warmte uit.
- > Waterstof verbrandt snel en een vertraagde ontsteking van hoge concentraties kan een explosie geven.
- > Waterstof kan leiden tot verbrossing van metalen, doordat het in de haarscheurtjes van het metaal opgesloten raakt.
- > In besloten ruimtes kan waterstof zuurstof verdringen.

#### *Documentatie:*

- > NIPV (2014). Toolbox waterstof – [Eigenschappen](#) en [Gevaren](#).
- > Linde Gas (2021). Safety data sheet [Hydrogen - compressed](#).

### 4.1.2 Vloeibaar waterstof

Bij het vrijkomen van vloeibaar waterstof zal dit snel verdampen tot gasvormig waterstof. De gevaren van vloeibaar waterstof komen dan ook overeen met de gevaren van gasvormig waterstof, maar vanwege de zeer lage temperatuur van vloeibaar waterstof kent deze stof nog de volgende bijkomende gevaren:

- > Koude waterwaterstofdampen zijn zwaarder dan lucht en zakken naar de grond, waardoor ze zich kunnen ophopen in besloten ruimtes zoals riolen.
- > Bij in contact komen met vloeibaar waterstof of met koude waterstofdampen daarvan bestaat gevaar op bevriezing van lichaamsdelen.
- > Koud waterstofgas kan na verdamping alsnog op afstand ontsteken.
- > Materialen kunnen falen door de lage temperatuur van vloeibaar waterstof.

#### *Documentatie:*

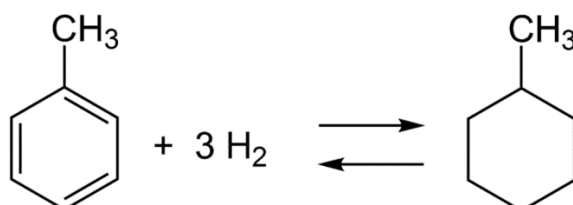
- > PRESLHY (2021). Deliverable 6.1: [Handbook of hydrogen safety: Chapter on LH2 safety](#).
- > HSE (2014). [Ignited releases of liquid hydrogen](#).



- > European Industrial Gases Association (EIGA, 2019). [Safety in storage, handling and distribution of liquid hydrogen](#).

### 4.1.3 LOHC

LOHC is een verzamelnaam van organische verbindingen die als drager voor waterstof fungeren. In spraakgebruik met betrekking tot LOHC's wordt echter vaak de verbinding die géén waterstof heeft opgenomen als drager aangeduid. Dit is onjuist.<sup>18</sup> In Figuur 4.1 is methylcyclohexaan de drager en niet toluen.



**Figuur 4.1 Hydrogeneren van toluen (links) geeft methylcyclohexaan (rechts)**

De fysisch eigenschappen en de gevaarseigenschappen verschillen per drager en kunnen veranderen als de stof waterstof heeft afgestaan.

Methylcyclohexaan is een brandbare kleurloze vloeistof met een kenmerkende geur die onoplosbaar is in water. Het in grote hoeveelheden inademen van de damp kan slaperigheid veroorzaken. Aanraking van de vloeistof kan de huid irriteren.

Toluen is net als methylcyclohexaan een brandbare kleurloze vloeistof met een kenmerkende geur. De (gevaars)eigenschappen komen voor een groot deel overeen met die van methylcyclohexaan. Toluen is een bestanddeel van thinner, benzine en van bandenplakmiddel.

#### *Documentatie:*

- > Carl Roth (2021). Veiligheidsinformatieblad [toluen](#).
- > Sigma-Aldrich (2022). Veiligheidsinformatieblad [methylcyclohexaan](#).

### 4.1.4 Ammoniak

Ammoniak (NH<sub>3</sub>) is een kleurloos gas met een sterk prikkelende geur. De stof is goed oplosbaar in water en wordt dan ammonia genoemd.<sup>19</sup> Ammoniak brandt slecht en het belangrijkste gevaar van ammoniak is de prikkelende en bijtende werking op ogen en op de ademhaling.<sup>20</sup> In grote hoeveelheden wordt ammoniak tot vloeistof gekoeld (-33 °) of tot vloeistof verdicht (8-10 bar).

#### *Documentatie:*

- > Sigma Aldrich (2024). [Safety data sheet ammonia](#).

<sup>18</sup> Niet-gehydrogeneerde stoffen zijn vaak aromatische koolwaterstoffen, dat wil zeggen moleculen met een vlakke ringstructuur die afwisselend enkelvoudige en dubbele bindingen bevatten. Als deze moleculen waterstof opnemen, worden de dubbele bindingen verbroken en worden enkelvoudige verbindingen met waterstof gemaakt. Het is gebruikelijk om enkelvoudige verbindingen tussen koolstof en waterstof niet aan te geven in de structuurformule.

<sup>19</sup> Niet te verwarren met de Engelse term 'ammonia' dat gebruikt voor gasvormig ammoniak.

<sup>20</sup> De alarmeringsgrenswaarde (AGW) van NH<sub>3</sub> bij 1 uur blootstelling is 140 mg/m<sup>3</sup> ≡ 198 ppm.

- > RIVM (2021). [Interventiewaarden voor incidentbestrijding: interventiewaarden, stofdocumenten en handleiding.](#)
- > Fertilizers Europe (2014). [Guidance for transporting ammonia by rail.](#)

#### 4.1.5 Hydrides

Een bekend hydride is  $\text{NaBH}_4$ , een wit poeder. De stof is hygroscopisch, wat wil zeggen dat ze vocht uit de lucht aantrekt waardoor de poeder klonterig wordt. De reactie met water is heftig en er ontstaan natriumhydroxide, een bijtende vloeistof, en waterstof. Bij de reactie komt warmte vrij, die voldoende kan zijn om het ontvlambare waterstof te ontsteken.

*Documentatie:*

- > Agilent (2022). [Safety data sheet  \$\text{NaBH}\_4\$ .](#)

## 4.2 Gevaren van opslagsystemen

### 4.2.1 Gasvormig waterstof

Een cilinder of een tube met gasvormig waterstof kan door opwarming door een brand beschadigd raken of zelfs bezwijken door een te hoge inwendige druk. Beschadiging kan ook veroorzaakt worden door externe impact of door bijtende en corrosieve stoffen. Voor leidingen met gasvormig waterstof is het grootste gevaar beschadiging of falen door graafschade, corrosie of te hoge spanningen in het leidingmateriaal.

Een gat in een cilinder, tube of leiding geeft bij directe ontsteking een fakkel. Als het vrijgekomen waterstof niet direct ontsteekt, ontstaat een waterstofwolk. De uitstroom gaat gepaard met geluid dat dermate hard kan zijn, dat het pijn doet aan het gehoor. Als de wolk na enige tijd ontsteekt, ontstaat een wolkbrand (zonder overdruk) of een explosie (met overdruk). Dit is afhankelijk van de omstandigheden.

Als een cilinder of tube instantaan faalt, ontstaat er ook een explosie. Dit is een fysische explosie, terwijl een explosie van een waterstofwolk een chemische explosie is.

*Documentatie:*

- > NIPV (2018). Scenarioboek Externe Veiligheid: [Cilinderpakket Waterstof - Fakkelbrand](#) en [Tubetrailer Waterstof - Fakkelbrand.](#)
- > NIPV (2020) Scenarioboek Externe Veiligheid: [Cilinderpakket Waterstof – Explosie](#) en [Tubetrailer Waterstof – Explosie.](#)
- > NIPV (2021). [Berekeningen aan waterstoffakkels met behulp van HyRAM.](#)

### 4.2.2 Vloeibaar waterstof

De opslag van vloeibaar waterstof in geïsoleerde tanks brengt voor een deel dezelfde gevaren met zich mee als de opslag van gasvormig waterstof in cilinders of tubes.

Daarnaast gelden bij vloeibaar waterstof nog de volgende gevaren:

- > Een tank met vloeibaar waterstof kan falen door opwarming door zonnewarmte, slechte isolatie en door aanstraling door een externe brand.
- > Vloeibaar waterstof heeft een temperatuur van  $-253\text{ °C}$ . Het lekken van lucht bij systemen met vloeibaar waterstof kan ertoe leiden dat lucht vloeibaar wordt of zelfs stolt tot een vaste stof waardoor apparatuur faalt.

Het is niet duidelijk of bij vloeibaar waterstof een BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) en/of een RPT (Rapid Phase Transition) kan ontstaan. Een BLEVE is een fysische explosie die ontstaat wanneer een opslagvat met een tot vloeistof verdicht gas catastrofaal faalt. Een RPT is een heel ander fenomeen. Bij een RPT verdampt een zeer koude vloeistof zeer snel wanneer deze in contact komt met een warmere vloeistof. Een BLEVE is een bekend fenomeen bij bijvoorbeeld LPG, terwijl een RPT voorkomt bij LNG. PGS 35 en onderzoekers van het Europese PRESPLY-project benoemen het gevaar van een BLEVE, terwijl de HSE het gevaar van een RPT aangeeft.

*Documentatie:*

- > Air Products (2021). [Liquid hydrogen](#).
- > Aziz, M. (2021). [Liquid Hydrogen: A Review on Liquefaction, Storage, Transportation, and Safety](#).
- > Health and Safety Executive (HSE, 2010). [Hazards of liquid hydrogen](#).
- > Pre-normative Research for Safe use of Liquid Hydrogen (PRESLHY, 2021). [Handbook of hydrogen safety: Chapter on LH2 safety](#).
- > [Website](#) van SH<sub>2</sub>IFT (Safe Hydrogen Fuel Handling and Use for Efficient Implementation) met diverse artikelen over de risico's van vloeibaar waterstof.

### 4.2.3 LOHC

LOHC is een verzamelnaam van diverse cyclische organische verbindingen. De eigenschappen van deze verbindingen lopen nogal uiteen en kunnen sterk veranderen op het moment dat waterstof opgenomen is. Verbindingen kunnen verschillen in brandbaarheid en in giftigheid.

*Documentatie:*

- > Rao, P.C. en Yoon, M. (2020). [Potential Liquid-Organic Hydrogen Carrier \(LOHC\) Systems: A Review on Recent Progress](#).

### 4.2.4 Ammoniak

Ammoniak heeft een kenmerkende geur en heeft een lage geurdrempel. Ammoniak kan als gas, als tot vloeistof verdicht gas en als tot vloeistof gekoeld gas vrijkomen.

- > Als gasvormige ammoniak vrijkomt uit een vat met tot vloeistof verdichte ammoniak, zal de vloeibare ammoniak gaan koken en voor een continue uitstroom van gasvormig waterstof zorgen. Door afkoelen van de vloeibare ammoniak zal verdamping steeds langzamer gaan en daarmee ook het vrijkomen van gasvormige ammoniak.
- > Bij een groot lek in een vat met tot vloeistof verdichte ammoniak zal vloeibare ammoniak op de grond terechtkomen en een plas vormen, terwijl de druk in het vat wegvalt. De vloeibare ammoniak verdampt snel en heftig, waardoor een deel ervan als nevel met de gasvormige ammoniak mee de atmosfeer in wordt gevoerd.
- > Bij een lek in een vat met tot vloeistof gekoelde ammoniak zal vloeibare ammoniak op de grond terechtkomen, een plas vormen en snel verdampen. De verdampingssnelheid wordt in de loop der tijd steeds kleiner.

*Documentatie:*

- > NIPV (2024). Scenarioboek energietransitie – [Breuk van een ammoniakleiding](#).
- > PGS (2021). [PGS 12: Ammoniak - Opslag en verlading](#).

- > Brandweer Nederland (2021). Operationeel naslagwerk - Incidentbestrijding gevaarlijke stoffen (IBGS).<sup>21</sup>

#### 4.2.5 Hydrides

Poedervormige hydrides als NaBH<sub>4</sub> worden onder atmosferische condities bewaard. Bij het kapotgaan van de verpakking in de buitenlucht kan de stof zich verspreiden door de wind. Hydrides reageren met water, waarbij zich waterstof vormt. Bij NaBH<sub>4</sub> gaat dat relatief rustig, maar de reactie van water met lithiumaluminiumhydride (LiAlH<sub>4</sub>) is zeer heftig.

NaBH<sub>4</sub> is ingedeeld als zeer zorgwekkende stof (ZZS). Het is niet duidelijk of dit ook betekent dat de stof niet ingezet wordt als waterstofdrager.

##### *Documentatie:*

- > PubChem (z.d.) [Sodium borohydride](#).
- > RIVM (2021). [Zeer zorgwekkende stoffen](#).

### 4.3 Risicobeheersing

De Europese regels voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over weg, water en spoor staan beschreven in respectievelijk het ADR, ADN en RID. Deze regelgeving is zeer uitgebreid en beschrijft de maatregelen die getroffen moeten worden om het vervoer van iedere gevaarlijke stof zo veilig mogelijk te laten verlopen. Het voldoen aan deze Europese regelgeving leidt er dus in principe toe dat het vervoer van gevaarlijke stoffen veilig plaats kan vinden.

Het stilstaan of -liggen van het vervoersmiddel leidt tot grotere risico's, omdat gevaarlijke stoffen dan gedurende langere tijd op een bepaald punt van de transportroute aanwezig zijn. Het gaat dan bijvoorbeeld om het parkeren van vrachtwagens, het schutten van binnenvaartschepen en het rangeren van spookketelwagens op emplacementen. Het ADR en het ADN hebben hier ook regels voor opgesteld. Voor rangeren geldt geen expliciete regelgeving.

Bij buisleidingen is graafschade de belangrijkste faaloorzaak. Dit kan voorkomen worden als de grondroerder voorafgaand aan de graafwerkzaamheden deze meldt bij het Kabels en Leidingen Informatie Centrum (KLIC-melding). Andere maatregelen zijn bijvoorbeeld het strikt begeleiden van graafwerkzaamheden of het toevoegen van extra gronddekking.

##### *Documentatie:*

- > NIPV (2024). [De zeven veiligheidsprincipes van grootschalig transport van ammoniak en andere waterstofdragers](#).
- > NLHydrogen (2023). [Transport H2 over de weg - Veiligheidsaspecten en risico's](#).
- > RIVM (2021). Bijlage Randvoorwaarden reductiefactoren in de [Handleiding risicoberekeningen Bevb](#).
- > Antea Group (2023). [Transport van waterstofdragers door buisleidingen en bijbehorende risico's](#).
- > Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW, 2019). [Onderzoek technische aspecten van waterstof in bestaande buisleidingen t.b.v. de energietransitie](#).
- > Rijkswaterstaat (1994). [Syllabus Schutten kegelschepen](#).

<sup>21</sup> Dit document is niet openbaar toegankelijk. De veiligheidsregio's beschikken echter wel over het naslagwerk.

## 4.4 Incidentbestrijding

Elk incident met cilinders, tubes of buisleidingen met waterstof, waterstofdragers of ammoniak moet beschouwd worden als een ongeval met een gevaarlijke stof. De veiligheidsregio's hebben adviseurs gevaarlijke stoffen in dienst die getraind en opgeleid zijn om bij een repressieve inzet de hulpverleners advies te geven. Een belangrijk hulpmiddel daarbij is het operationeel naslagwerk van Brandweer Nederland over incidentbestrijding gevaarlijke stoffen (IBGS). Dit document is niet online beschikbaar, maar alle brandweerkorpsen beschikken erover.

Bij een incident bij het vervoer van gevaarlijke stoffen moet eerst duidelijk zijn welk stof of stoffen betrokken zijn. Identificatie kan op verschillende manieren, zoals via gevaarsetiketten, vervoersdocumenten, codes op de oranje Kemler-borden et cetera. Een van de belangrijkste vragen hierbij is of een stof brandbaar, explosief en/of giftig is. Zodra dit duidelijk is, kunnen de inzetstrategie en de bijbehorende beschermingsmiddelen bepaald worden.

De volgende maatregelen zijn belangrijk, ongeacht welke gevaarlijke stof vrijkomt:

- > gebruiken van persoonlijke beschermingsmiddelen
- > inschakelen van de bedrijfsdeskundige
- > bepalen van de omvang van de vloeistofplas of gaswolk
- > uitbreiding voorkomen door:
  - beperken van de uitstroming
  - beperken van de verdamping
- > escalatie voorkomen door:
  - beperken van de wolk met gevaarlijke stof
  - voorkomen van ontsteking
  - voorkomen of beperken van een explosieve atmosfeer
  - aanhouden van voldoende afstand.

De manier waarop bovenstaande maatregelen uitgevoerd kunnen worden, verschilt per situatie. Naast de hierboven genoemde maatregelen zijn er per waterstof(drager) enkele specifieke aandachtspunten te benoemen.

### 4.4.1 Gasvormig waterstof

Aandachtspunten bij het vrijkomen van gasvormig waterstof uit een tank of een buisleiding zijn:

- > Als uitstroom in een besloten ruimte plaatsvindt, kan waterstof verdreven worden door de ruimte te ventileren.
- > Waterstof geeft bij ontsteking een nauwelijks zichtbare vlam (fakkel).
- > Een waterstoffakkel kan niet geblust worden.
- > Bij het koelen van waterstofcilinders of -tubes moet voorkomen worden dat overdrukventielen niet meer kunnen functioneren door ijsafzetting.
- > Bij een lek in een grote buisleiding kan het lang duren voordat de toevoer gestopt is.
- > De uitstroom van waterstof onder hoge druk kan de communicatie verstoren vanwege het lawaai dat ermee gepaard gaat.
- > Bij een te hoge temperatuur in een cilinder of tube met waterstof blaast het systeem af via een afblaasveiligheid. Bij het benaderen van het incident moet hier rekening mee worden gehouden, aangezien het afgeblazen gas kan ontsteken.

*Documentatie:*

- > Website van het NIPV met diverse [aandachtskaarten](#) voor waterstof.
- > NIPV (2018). [Handreiking voorbereiding bestrijding buisleidingincidenten](#).
- > NLHydrogen (2023). [Lessons learned waterstofincidenten](#).



**Figuur 4.2** Ter illustratie: omgevallen tankauto geladen met gevaarlijke stoffen (bron: [Nieuwsblad](#))

#### **4.4.2 Vloeibaar waterstof**

Bij het vrijkomen van vloeibaar waterstof, zal de stof verdampen tot gasvormig waterstof. De bestrijding van een incident met vloeibaar waterstof kent dan ook een aantal overeenkomsten met die van een incident met gasvormig waterstof. Bij een inzet waar vloeibaar waterstof bij betrokken is, gelden daarnaast nog de volgende aandachtspunten:

- > Geen gebonden waterstraal gebruiken.
- > Alles wat in aanraking komt met vloeibaar waterstof (lucht, water, apparatuur) zal bevrozen, waardoor het zicht op het lek of het incident bemoeilijkt wordt.

*Documentatie:*

- > Air Products (2021). [Safetygram for Liquid Hydrogen](#).
- > HyResponder (2021). [Deliverable 1.3 Account of scenarios and operational emergency planning and response strategies and tactics](#).
- > Linde (2021). [Safety data sheet - Hydrogen, refrigerated liquid](#).

#### **4.4.3 Ammoniak**

Aandachtspunten bij het vrijkomen van ammoniak uit een tank of een buisleiding zijn:

- > Geen water spuiten in een grote plas vloeibare ammoniak. Toevoer van water zorgt voor een sterkere verdamping.
- > Bij afdekken van een plas vloeibare ammoniak met schuim moet rekening worden gehouden met het verwaaien van het schuim.



Voor ammoniak bestaat een landelijke regeling die ervoor zorgt dat producenten en/of gebruikers bij incidenten bijstand verlenen in de vorm van technisch advies, al dan niet ter plaatse. Inzet van deze bijstand verloopt via de veiligheidsregio.

*Documentatie:*

- > PGS (2021). [PGS 12: Ammoniak - Opslag en verlading](#).
- > Diverse scenario's in het [Scenarioboek Externe Veiligheid](#) en in het [Scenarioboek Energietransitie](#) gaan over het vrijkomen van ammoniak en over de inzet van hulpdiensten.
- > [Website](#) van Transcaer met online trainingen voor hulpverleners over veilig omgaan met ammoniak en over de bestrijding van ammoniaklekkages.
- > [Website](#) van ICE (Intervention in Chemical transport Emergencies) over assistentie bij incidenten.

#### 4.4.4 Hydrides

$\text{NaBH}_4$  vormt in contact met water waterstofgas. Aandachtspunten bij het vrijkomen van deze stof zijn:

- > Blussing van een brand kan het best met droog zand gebeuren.
- > Wanneer  $\text{NaBH}_4$  in contact is gekomen met water, moet rekening worden gehouden met drukopbouw in het vat en met de aanwezigheid van gasvormig waterstof.

*Documentatie:*

- > Brandweer Nederland (2021). Operationeel naslagwerk - Incidentbestrijding gevaarlijke stoffen (IBGS).<sup>21</sup>

# 5 Overige informatie

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van rapporten en websites die nog niet genoemd zijn in dit document, maar mogelijk wel interessant zijn voor de lezer.

- > Website van de Centrale Commissie voor de Rijnvaart ([CCR](#)) die reglementen opstelt om de scheepvaart op de Rijn te reguleren.
- > DNV-GL (2017). [Verkenning waterstofinfrastructuur](#).
- > NFPA (2020). NFPA 55: [Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code](#).
- > Expertise en Innovatiecentrum Binnenvaart (EICB, 2020). [Waterstof in binnenvaart en short sea - een inventarisatie van innovatieprojecten](#) (waterstof voor de voortstuwing).
- > Nieuwsbericht van de Haven van Rotterdam over een [studie naar grootschalige import van waterstof](#).
- > [Website](#) van de Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office over het leveren van waterstof.
- > HyWay 27 (2021). [Waterstoftransport via het bestaande gasnetwerk?](#)
- > National Renewable Energy Laboratory (NREL, 2015). [Hydrogen Technologies Safety Guide](#).
- > Interactieve kaarten van waterstofprojecten in [Nederland](#) en [Europa](#) waaronder transport.