

Veiligheid van waterstof(dragers)

1/4

Waterstof in de energietransitie en omgevingsveiligheid

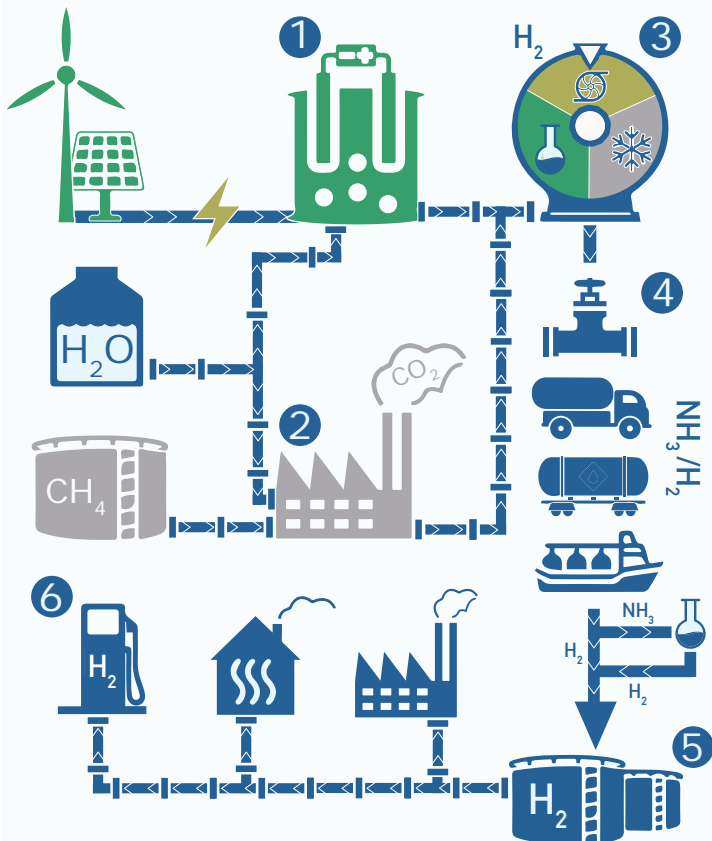
Waterstof (H_2) gaat een belangrijke rol spelen in het verduurzamen van de energievoorziening. Bij de verbranding van waterstof komt geen CO_2 vrij en kan geen koolstofmonoxide ontstaan. Door de hoge verbrandingstemperatuur kan er wel meer NO_x -uitstoot ontstaan dan bij aardgas, zonder speciale maatregelen. Waterstof kan niet ergens worden gewonnen, maar moet worden geproduceerd. Tot nu toe gebeurt dat vooral uit fossiele brandstoffen, wat kan leiden tot CO_2 -uitstoot. We spreken dan van 'grijze waterstof'. In de toekomst zal er meer 'groene waterstof' geproduceerd worden met duurzame elektriciteit (groene stroom). In de tussentijd worden ook andere kleuraanduidingen gebruikt, zoals 'blauwe' waterstof, waarbij de CO_2 tijdens de productie uit fossiele brandstoffen wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen. De positie van waterstof in de energietransitie ontwikkelt zich nog en het inzicht in de mogelijke effecten op de omgevingsveiligheid groeit. Deze factsheet schetst op dat terrein belangrijke aandachtspunten, op basis van de fysische eigenschappen van waterstof en van waterstofdragers. Waterstofdragers zijn stoffen waaraan waterstof kan worden gebonden, met name voor transport en opslag.

Voorbeelden zijn ammoniak (NH_3) en Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC's) (pagina 4).

Waterstofdragers: in vogelvlucht

Waterstof wordt gewonnen uit chemische verbindingen. Een voorbeeld is water (H_2O ; zie de waterstofketen hieronder). Waterstof is een schone (afhankelijk van de gebruikte energiebron) en flexibele energiedrager en grondstof voor de industrie. Als energiedrager wordt het gebruikt voor de productie van warmte, kracht of elektriciteit. Bij de benodigde energieomzettingen gaat energie verloren in de vorm van warmte. Direct verbruik van hernieuwde heeft in dat opzicht de voorkeur. Dit kan echter niet altijd. Dan is waterstof een interessant alternatief.

De waterstofketen



1. Productie van groene waterstof
2. Productie van grijze waterstof uit aardgas
3. Koeling OF compressie OF omzetting naar ammoniak
4. Transport
5. Opslag
6. Eindverbruik

Waterstofdragers: toepassingen

Energietransport



Waterstof is in verschillende vormen (vloeibaar, gasvormig, of gebonden aan een drager) geschikt om energie **grootschalig en langdurig op te slaan**. Door opslag van waterstof in een tank of reservoir kan energie worden bewaard in situaties waar batterijen of andere opslagmethoden minder interessant zijn, zoals bij seizoensopslag.

Energieopslag



Voor transport van energie over lange afstanden is waterstof een **economisch interessantere optie dan elektriciteit**. Het kan in verschillende vormen worden getransporteerd via buisleidingen, maar ook over de weg, het spoor of water.

Industrie



De Nederlandse industrie gebruikt nu grijze waterstof als grondstof en **zet grootschalig in op groene waterstof** (of eerst blauwe waterstof als transitiestap). De industriële vraag naar waterstof zal sterk stijgen, om het huidige gebruik van aardgas te vervangen. Import van waterstof(dragers) zal naar verwachting nodig zijn om volledig te kunnen voorzien in de vraag.

Gebouwde omgeving



Waterstof kan worden gebruikt **voor de warmtevraag van woningen en gebouwen**. Vooral waar toereikend isoleren en elektrificeren, of warmtelevering (stadsverwarming) niet mogelijk is biedt waterstof een alternatief.

Mobiliteit



Voor zwaarder (en openbaar) vervoer is waterstof in beeld als transportbrandstof. Denk hierbij aan zee- en binnenvaart, railtransport en luchtvaart. Het aantal voertuigen en tankstations is nog beperkt.

Waterstofinfrastructuur: de toekomst in en om de gebouwde omgeving

Het transporteren van waterstof moet in de toekomst grotendeels mogelijk worden door een nationaal netwerk, ook wel de waterstofbackbone genoemd. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van bestaande aardgas-buisleidingen of worden nieuwe leidingen, specifiek voor transport van waterstof, aangelegd. Dit netwerk zal eerst vooral industriële sectoren bedienen maar kan ook dienen voor de aanvoer naar waterstoftankstations en de gebouwde omgeving. Voordat de infrastructuur gereed is voor transport van waterstof, zal waterstof vooral moeten worden vervoerd door de bestaande geschikte buisleidingen en over de weg, het spoor of water of lokaal worden geproduceerd en gebruikt.

Waterstofdragers in vergelijking met aardgas: fysische eigenschappen en gevolgen voor de omgevingsveiligheid

In de onderstaande tabel worden de eigenschappen van waterstof, ammoniak en LOHC's vergeleken met die van aardgas. Op pagina 3 wordt ingegaan op hoe deze dragers in en rond de bebouwde omgeving kunnen voorkomen. De wijzerplaatjes geven een indicatie van de omvang en zwaarte van de aandachtspunten met betrekking tot de omgevingsveiligheid.

Energiedrager	Waterstof (H ₂)	Ammoniak (NH ₃)	LOHC (MCH / PDBT)	Aardgas (CH ₄)
Energievorm	Onder druk gasvormig of vloeibaar, of gekoeld vloeibaar.	Onder druk of gekoeld vloeibaar.	Vloeibare organische waterstofdrager	Onder druk gasvormig of gekoeld vloeibaar.
Massa-dichtheid / lekeffecten	Licht en klein molecuul, lekt relatief makkelijk, maar stijgt ook snel op. In slecht geventileerde ruimten ontstaat risico op ophoping.	Ammoniak gedraagt zich in gasvorm gelijk aan aardgas.	LOHC's hebben een relatief hoge massa-dichtheid. Bij lekken ontstaat een plas, die zich die zich langzaam verspreidt.	Aardgas stijgt in geval van een lek langzaam omhoog. In slecht geventileerde ruimtes ontstaat risico op ophoping.
Toxiciteit	Waterstof is niet toxisch; kan in hoge concentraties wel verstikkend zijn.	Ammoniak is toxisch. Er gelden strenge eisen voor nieuwe activiteiten met ammoniak.	LOHC's kunnen toxisch zijn, maar veel minder dan ammoniak.	Aardgas is niet toxisch; kan in hoge concentraties wel verstikkend zijn.
Ontvlambaarheid	Waterstof is bij lekconcentraties tot circa 10 procent minder explosief dan aardgas. Bij hoge lekconcentraties is het meer explosief.	Ammoniak heeft relatief veel energie nodig om te ontsteken en is in weinig situaties explosief.	LOHC's hebben veel energie nodig om te ontsteken en zijn in weinig situaties explosief.	Aardgas is in veel situaties explosief en heeft relatief weinig energie nodig om te ontsteken.
Verbranding / veiligheidsafstanden	Waterstof heeft een onzichtbare vlam, weinig stralingswarmte en een snelle schokgolf bij explosie. Er gelden veiligheidsafstanden voor activiteiten met waterstof.	Ammoniak heeft een zichtbare vlam met stralingswarmte. De verbranding is gelijkmatiger dan bij waterstof. Er gelden grote veiligheidsafstanden. Deze moeten worden gehanteerd bij activiteiten met ammoniak.	LOHC's hebben een zichtbare vlam met stralingswarmte. De verbranding is gelijkmatiger dan bij waterstof. Er gelden beperkte veiligheidsafstanden voor activiteiten met LOHC's.	Aardgas heeft een zichtbare vlam met stralingswarmte. De verbranding is langer en gelijkmatiger dan bij waterstof. Er gelden veiligheidsafstanden voor activiteiten met aardgas.
Bijzondere eigenschappen	Waterstof is geurloos; geurstof kan worden toegevoegd. Waterstof kan in bepaalde stalen leidingen leiden tot verbrossing. Bij veel drukverschillen kan dit leiden tot lekkages.	Ammoniak heeft een sterke geur, is corrosief en beïnvloedt in waterige omstandigheden de zuurgraad van de omgeving. Dit is schadelijk voor de ecologie.	Bij LOHC's is een retourstroom nodig van de gebruikte drager. Dit betekent dubbel vervoer van gevaarlijke stoffen.	Aardgas is geurloos. Er wordt een geurstof toegevoegd. Bij onvolledige verbranding van aardgas komt koolstofmonoxide vrij.

Waterstofdragers:

Transport, opslag en gebruik van diverse typen

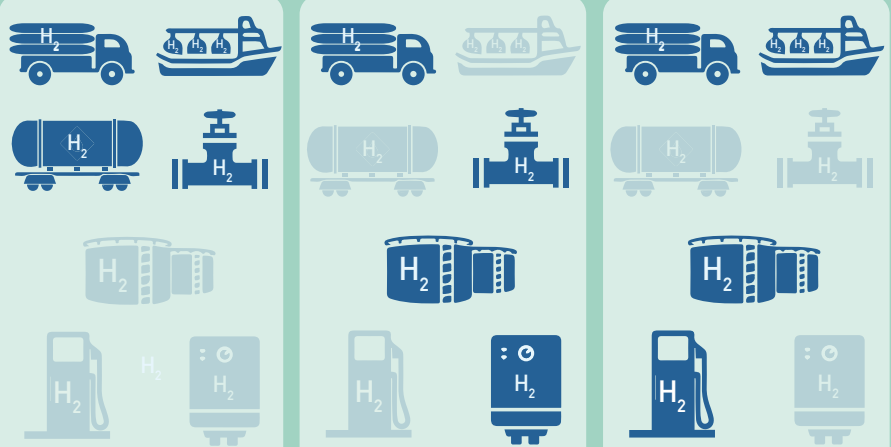
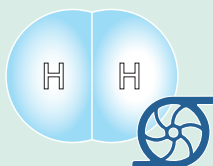
Transport door de gebouwde omgeving

Ruimteverwarming en warm tapwater

Mobiliteit

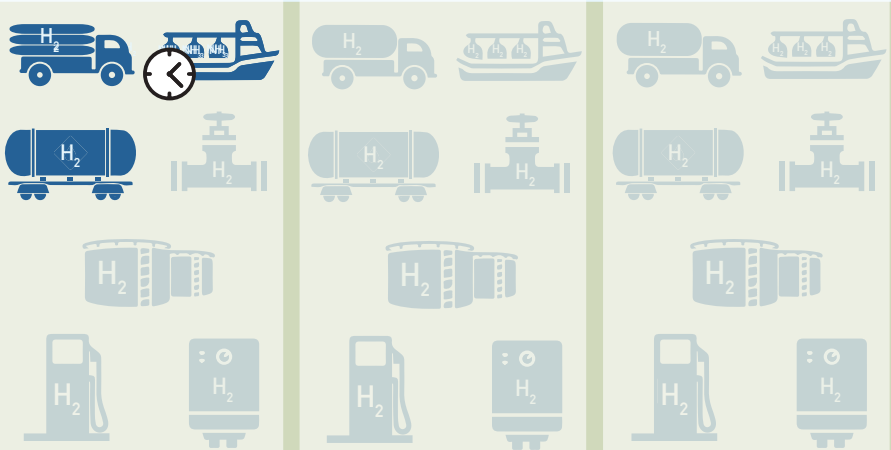
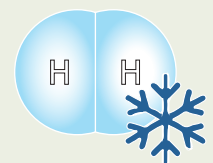
Waterstofgas op druk

Waterstofgas in gecomprimeerde vorm kan, met enkele aanpassingen, in het huidige gasnet worden ingezet. Het is ook in te zetten als brandstof voor voertuigen en kan via buisleidingen of wegvoertuigen (tube-trailers) naar afnemers worden getransporteerd.



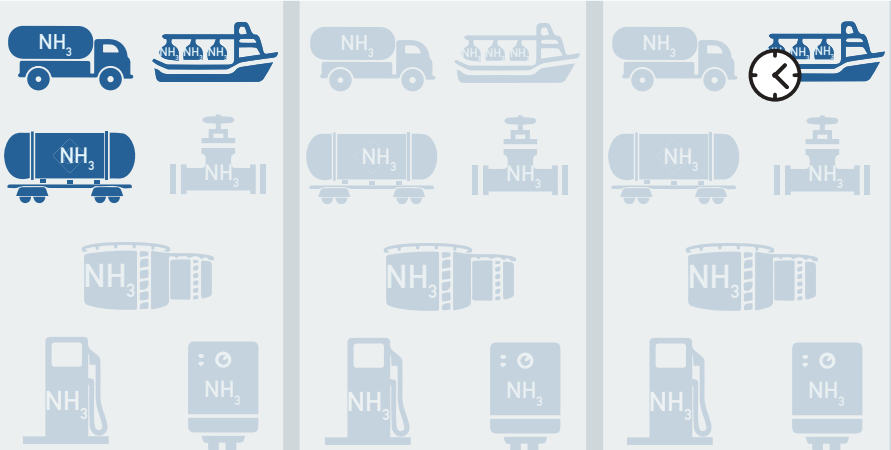
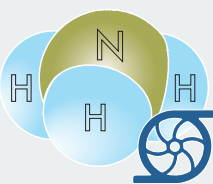
Waterstof gekoeld vloeibaar

Vloeibare waterstof is zeer sterk gekoeld met een lage druk. Het neemt een veel kleiner volume in dan gasvormige waterstof en is zo geschikter voor transport over lange afstanden. Voor transport van gekoelde waterstof per binnenvaart geldt nu een gedeeltelijk verbod. De verwachting is dat dit op termijn wordt aangepast (gevisualiseerd met het klokje).



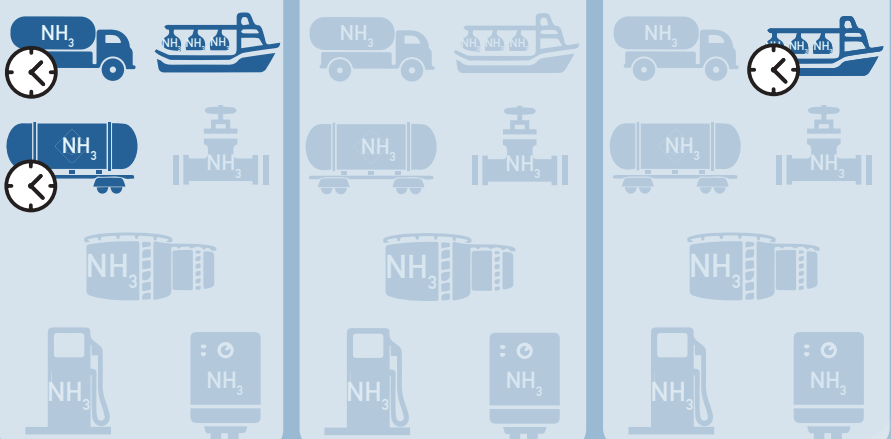
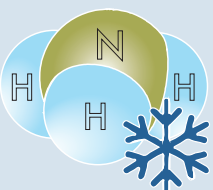
Ammoniak onder druk vloeibaar

Ammoniak wordt op dit moment op druk vervoerd in tankwagens, tankwagens en binnenvaartschepen. Het aantal transporten is voornamelijk beperkt. Ammoniak heeft geen toepassingen in de bebouwde omgeving, maar transporten kunnen daar wel doorheen gaan en binnenvaartschepen kunnen op termijn op ammoniak gaan varen.



Ammoniak gekoeld vloeibaar

Ammoniak kan met beperkte koeling vloeibaar worden gemaakt. De druk is dan laag. Voor transport van gekoelde ammoniak over het spoor en de weg geldt nu een algemeen verbod. De verwachting is dat dit op termijn wordt aangepast (gevisualiseerd met de klokjes). Binnenvaartschepen kunnen op ammoniak gaan varen.



Meer weten: Waterstof en de energietransitie

De informatie in deze factsheet is gebaseerd op de huidige kennis en ontwikkelingen (Q1 2022) bij de implementatie van waterstof en waterstofdragers; dat is onvermijdelijk een momentopname. De factsheets zijn bedoeld voor bestuurders en anderen die besluiten nemen over energiebeleid, waterstofinitiatieven en transport van gevaarlijke stoffen. Er is een groot aanbod aan informatiebronnen waarin nieuwe inzichten en ontwikkelingen te volgen zijn. Hieronder enkele van deze informatiebronnen:

<https://nationaalwaterstofprogramma.nl/>; de website van het **Nationaal Waterstof Programma**

<https://opwegmetwaterstof.nl/> is een online platform waar veel informatie over waterstofdragers in Nederland overzichtelijk is gebundeld.

Ketenstudie omgevingsveiligheid van duurzame waterstofrijke energiedragers (IENW, 2021) geeft een gedetailleerd overzicht van de (toekomstige) toepassingen van waterstofdragers in Nederland met de bij behorende veiligheidsrisico's. De studie is te vinden op de website van de rijksoverheid

(<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2021/12/02/rapportage-ketenstudie-omgevingsveiligheid-van-duurzame-waterstofrijke-energiedragers>).

RIVM-rapport Klimaatakkoord: effecten van nieuwe energiebronnen op gezondheid en veiligheid in Nederland:

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2021-0054.pdf>



Colofon

Deze factsheet maakt deel uit van een set van drie. In de twee andere factsheets worden respectievelijk de technische aspecten van het omgaan met de omgevingsveiligheid van waterstof(dragers) behandeld en de organisatie hiervan in de praktijk, met de rol van verschillende stakeholders. De focus in de factsheets ligt op de mogelijke toepassing van waterstofdragers in of nabij de gebouwde omgeving.

De factsheets zijn tot stand gekomen in samenwerking tussen het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Witteveen+Bos en naar aanleiding van de Ketenstudie omgevingsveiligheid van duurzame waterstofrijke energiedragers. Bij het opstellen is uiterste zorgvuldigheid betracht, maar door de aard van de energietransitie is de beschikbare kennis voortdurend in ontwikkeling. Mede om deze reden kunnen aan de inhoud van de factsheets geen rechten worden ontleend.

Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Auteurs: Laurens Frowijn (Witteveen+Bos), Tijn Nederstigt (Witteveen+Bos) en Jos Benner (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat)

Vormgeving en lay-out: Tijn Nederstigt (Witteveen+Bos)

Jaar van uitgave: 2022

Contactpersoon Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat: Jos Benner, jos.benner@minienw.nl

Contactpersoon Witteveen+Bos: Jan Willem Slaa, jan.willem.slaa@witteveenbos.com



Het ministerie van IenW zet in op een veilig, bereikbaar en leefbaar Nederland. Het ministerie beschermt tegen wateroverlast en zorgt voor de kwaliteit van lucht, water en bodem en het realiseren van een circulaire economie. De directie Omgevingsveiligheid en Milieurisico's werkt onder meer aan een veilig vervoer van gevaarlijke stoffen en de veiligheid van de energietransitie.

Witteveen+Bos helpt als advies- en ingenieursbureau wereldwijd onze klanten bij het oplossen van de complexe uitdagingen van deze tijd. Vanuit een netwerk van 23 kantoren in 11 landen werken ruim 1.400 ingenieurs en adviseurs aan een betere leefomgeving voor iedereen, nu en later. Samen met stakeholders draagt Witteveen+Bos zo bij aan sociale, ecologische en economische vooruitgang, waarbij de duurzame ontwikkelingsdoelen van de Verenigde Naties een inspirerende leidraad zijn.

