



## Reactie NIPV op artikel over veilig gebruik van waterstof in bestaande aardgasleidingen

In juli 2024 verscheen in het wetenschappelijk tijdschrift *Energy Science and Engineering* een artikel getiteld *A review of challenges with using the natural gas system for hydrogen*. Het artikel beschrijft het gebruik van waterstof in bestaande aardgassystemen waaronder buisleidingen. Voor de productie, transport, opslag en gebruik van waterstof in aardgassystemen wordt aangegeven wat de uitdagingen zijn op het gebied van kosten, veiligheid, gezondheid, haalbaarheid, enz. Het artikel is geschreven door een groep (chemische) ingenieurs en milieubeschermers.<sup>1</sup>

In Nederland is ophef over dit artikel ontstaan, omdat de auteurs het gebruik van waterstof in bestaande aardgassystemen om diverse veiligheidsredenen afraden. Dit terwijl in ons land juist veel onderzoek wordt gedaan naar het transporteren van waterstof in (hogedruk) aardgasleidingen. Uit die onderzoeken komt een ander beeld naar voren dan wat in het artikel geschetst wordt. Het NIPV kreeg vanuit enkele veiligheidsregio's de vraag wat ze nu 'moeten' met de negatieve claims die dit artikel legt op het gebruik van waterstof. In deze memo geeft het NIPV een reactie op het artikel. De nadruk ligt hierbij op de veiligheidsaspecten van waterstof in buisleidingen<sup>2</sup> en niet op de praktische of financiële aspecten.

- <sup>1</sup> Martin P, Ocko IB, Esquivel-Elizondo S, et al. *A review of challenges with using the natural gas system for hydrogen*. *Energy Sci Eng*. 2024; 1-15. doi:10.1002/ese3.1861.
- <sup>2</sup> Het gaat hierbij zowel om hogedruk aardgasleidingen van de Gasunie als om distributieleidingen van netbeheerders.

## Samenvatting en conclusie NIPV over artikel

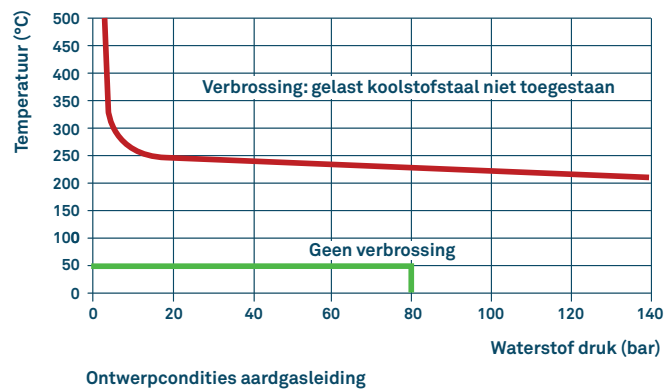
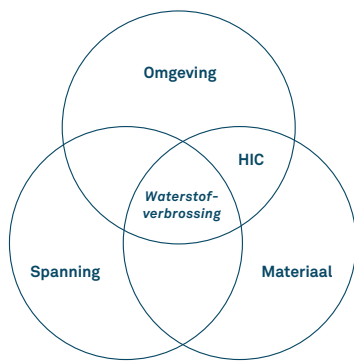
De auteurs van het artikel *A review of challenges with using the natural gas system for hydrogen* beschrijven de fysische en chemische verschillen tussen aardgas en waterstof goed. Bij de beschrijving wat dit betekent voor de veiligheid, ontbreken echter nuances waardoor de relevante veiligheidsverschillen tussen aardgas en waterstof te zwart-wit worden gesteld. Naar de mening van het NIPV kan waterstof veilig toegepast worden in systemen die oorspronkelijk ontworpen zijn voor aardgas, mits passende maatregelen worden genomen om verbrossing en vermoeiing te voorkomen.

## Bevindingen

- › De fysische en chemische verschillen tussen aardgas en waterstof worden juist beschreven, maar er ontbreken enkele nuanceringen. Twee voorbeelden:
  - › Waterstof heeft een lagere dichtheid dan methaan (het hoofdbestanddeel van aardgas). Er wordt wel aangegeven dat waterstof bij vrijkomen stijgt en zich kan ophopen onder een plafond, maar niet dat methaan dat ook doet, maar minder snel dan waterstof.
  - › Waterstof heeft een breder ontvlambaarheidsgebied dan methaan. Dat zorgt inderdaad voor een groter risico, maar niet in het gebied tussen 4-10 vol.%, omdat waterstof bij die concentraties niet kan exploderen. In dat gebied is methaan risicovoller dan waterstof, maar dat wordt niet vermeld.
  
- › De auteurs geven aan dat (atomair) waterstof bij bepaalde staalsoorten voor verzwakking van en scheuren in het staal kan zorgen. Dit is correct, maar ook hier ontbreken enkele nuanceringen. Er zijn veel manieren waarop waterstof invloed kan hebben op de sterkte van een stalen leiding, maar niet alle faaloorzaken zijn relevant en bepaalde oplossingen worden niet genoemd. Het artikel beschrijft bijvoorbeeld niet dat met goed beheer van het leidingensysteem voorkomen kan worden dat bepaalde stoffen in waterstof aanwezig zijn of dat het gehalte van bepaalde stoffen te hoog wordt. Er wordt in Nederland, maar ook daarbuiten, veel onderzoek gedaan naar de voorwaarden waaronder aardgasleidingen veilig en verantwoord hergebruikt kunnen worden. En welke faaloorzaken al dan niet relevant zijn voor aardgasleidingen. De volgende nuanceringen zijn van belang:
  - › *Hydrogen induced cracking* (HIC) speelt vooral een rol in vochtige zure omstandigheden waar H<sub>2</sub>S (waterstofsulfide) aanwezig is. Bij HIC ontstaan scheurtjes in staalsoorten met een lage tot gemiddelde sterkte, doordat waterstofatomen recombineren tot waterstofmoleculen bij bijvoorbeeld korrelgrenzen, imperfectheden en insluitsels. Hierdoor neemt lokaal de spanning op het metaal toe en kan onomkeerbare schade aan het materiaal ontstaan.<sup>3</sup> In leidingen die aardgas of waterstof transporteren, bevindt zich geen H<sub>2</sub>S waardoor deze vorm van verbrossing niet voorkomt.<sup>4</sup>
  - › *Stress corrosion cracking* (SCC) of spanningscorrosie is een vorm van waterstofverbrossing waarbij waterstofatomen doordringen in het metaalrooster van staal met een hoge sterkte en daar scheurtjes geven. De waterstofatomen ontstaan door een corrosieproces, terwijl het metaal tegelijkertijd onder spanning staat.<sup>3</sup> Als een materiaal niet onder spanning staat of onder een bepaald niveau blijft, treedt spanningscorrosie niet op. Leidingen die aardgas of waterstof transporteren, staan wel onder spanning, maar er bevinden zich geen zure stoffen als H<sub>2</sub>S en HF (waterstoffluoride) in de leiding. Hierdoor zal spanningscorrosie niet voorkomen.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Martin et al. (2022). [Hydrogen-induced cracking and blistering in steels: A review](#). Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 101, 104547.

<sup>4</sup> Monsma, V. (2023). [Is waterstofverbrossing een probleem bij hogedruk aardgasleidingen?](#)



Figuur links: de omstandigheden die nodig zijn om verbrossing te krijgen.<sup>3</sup>  
 Figuur rechts: de omstandigheden waarvoor aardgasleidingen ontworpen zijn.<sup>5</sup>

- > Twee andere vormen van waterstofverbrossing zijn *High Temperature Hydrogen Attack (HTHA)* en *Hydrogen Induced Cold Crack (HICC)*. HTHA vindt plaats bij temperaturen hoger dan 200 °C en daarvan is bij transportleidingen geen sprake. Bij HICC treedt verbrossing op, ook als er zich geen waterstof in de leiding bevindt (terwijl bij HIC de aanwezigheid van waterstof in de leiding wel nodig is). De waterstof is al in het metaal aanwezig, bijvoorbeeld door laswerkzaamheden. Deze waterstofconcentratie is hoger dan wanneer waterstof vanuit de leiding het metaal binnendringt als gevolg van corrosie en spanning.<sup>5</sup> Het maakt bij HICC dus niet of de leiding aardgas transporteert of waterstof.
- > Waterstof heeft grote invloed op het vermoeiingsgedrag van staal. Bij vermoeiing of metaalmoeheid bezwijkt een materiaal onder een lang aangehouden dynamische of wisselende belasting. Door de cyclische belasting kan een materiaal falen, ook al blijft de spanning onder de vloeigrens of breukspanning van dat materiaal. Waterstof kan de snelheid van scheurgroei als gevolg van vermoeiing tot een factor 10 verhogen. De vraag is of dit genoeg reden is om geen waterstof door aardgasleidingen te laten gaan. Een scheur in een hogedrukleiding mag groeien met een snelheid van maximaal 0.01 μm/cyclus.<sup>4,5</sup> Voor hogedrukleidingen met een grote diameter (≥ 24 inch) kan deze waarde overschreden worden bij drukwisselingen tot 30% van de ontwerpdruk. Bij aardgasleidingen is sprake van 1 à 2 cycli per dag.<sup>4,5</sup> Het is daarom belangrijk om drukwisselingen te beperken en om scheurgroei te monitoren met behulp van In Line Inspectie (ILI).<sup>6</sup>
- > In het artikel wordt aangegeven dat bij hergebruik van distributieleidingen de belangrijkste problemen lekkage van waterstof en permeatie zijn. Enkele nuances hierop zijn:<sup>7</sup>
  - > Waterstof is een kleiner molecuul dan aardgas en zal in theorie eerder lekken dan aardgas. Maar onderzoek bij distributieleidingen en leidingen in woningen heeft uitgewezen dat aardgas en waterstof zich bij lekkage hetzelfde gedragen: als waterstof lekt, lekt aardgas ook. Maar ook: als aardgas niet lekt, lekt waterstof ook niet.<sup>8</sup> Dat komt omdat een molecuul waterstof of aardgas vele malen kleiner is (1000 x) dan een minuscule gaatje van een micrometer.<sup>9</sup>

<sup>5</sup> Tebodin (2019). *Onderzoek technische aspecten van waterstof - In bestaande buisleidingen t.b.v. de energietransitie.*

<sup>6</sup> ILI vindt plaats met zogenaamde ‘pigs’. In 2019 waren de mogelijkheden voor het piggen van grote waterstofleidingen nog beperkt, maar mogelijk is dat inmiddels verbeterd. Het RIVM geeft aan dat een bestaande aardgasbuisleiding geïnspecteerd moet worden met ILI voordat waterstof als medium wordt ingezet. RIVM (2021). *Rekenmethodiek transport waterstof in (aardgas)transportleidingen*, briefrapport 2021-0074/VLH/HdW/ib.

<sup>7</sup> Veel informatie over onderzoek aan waterstof in distributieleidingen is te vinden op de [website](#) van Netbeheer Nederland (via Menu>Publicaties>Thema>Waterstof).

<sup>8</sup> H21 (2021). *Phase 1 Technical Summary Report.*

<sup>9</sup> Kleine lekkages in woningen zijn toegestaan. Voor aardgasleidingen bedraagt dit 1 liter per uur en er moeten maatregelen worden getroffen als het debiet meer dan 5 liter per uur bedraagt (NEN 8078). Voor waterstof wordt dezelfde waarde overwogen.

- › Permeatie is het verschijnsel dat moleculen in een systeem een concentratieverschil ervaren en als gevolg daarvan door de wanden van het systeem heengaan. Bij zowel aardgas als waterstof is sprake van permeatie door kunststofleidingen. Waterstof doet dat inderdaad eerder en meer dan aardgas, maar de hoeveelheden gas die door leidingwanden heengaan, zijn zo klein en zo verspreid over de gehele lengte van een leiding dat er geen gevaarlijke waterstofconcentraties ontstaan (met uitzondering van mantelbuizen).<sup>10</sup>
- › De auteurs stippen diverse veiligheidsaspecten aan die een rol gaan spelen op het moment dat waterstof in aardgasleidingen wordt gebruikt. Het gaat dan bijvoorbeeld om verbrossing en de grotere kans op lekkages. Die aspecten zijn alom bekend en worden door wetenschappers en experts ook onderkend en dat is de reden dat veel onderzoek wordt gedaan naar die veiligheidsaspecten. Het artikel geeft echter geen representatief en volledig beeld van de onderzoeken en de ontwikkelingen die op dat vlak gaande zijn. Met zoektermen als ‘hydrogen in natural gas systems’ of ‘hydrogen in natural gas pipelines’ in Google of in ScienceDirect komt informatie naar voren waaruit blijkt dat wereldwijd veel onderzoek wordt gedaan, onder andere in de vorm van experimenten en pilotprojecten.<sup>11</sup> Met deze zoektermen kan bijvoorbeeld direct informatie gevonden worden over projecten als HyWay27<sup>12</sup> (Nederland), NaturalHy<sup>13</sup> (Europa) en HyBlend<sup>14</sup> (Verenigde Staten). Ook zijn er diverse artikelen die de potentie van waterstof in aardgassystemen beschrijven en de technische obstakels die daarvoor overwonnen moeten worden.<sup>15</sup> Verder zijn er projecten in Nederland (HyDelta<sup>16</sup>) en Engeland (H21, Hy4Heat en HyHouse<sup>17</sup>) waarin het gebruik van waterstof in woningen en distributieleidingen (experimenteel) onderzocht wordt.

## Tot slot

Wij zijn van mening dat door het wegvallen van aardgas als energiebron en door de klimaatdoelstellingen van Nederland en Europa, waterstof ook vanuit veiligheidsperspectief in beeld kan blijven als vervanger van aardgas. Waterstof kan veilig toegepast worden in systemen die oorspronkelijk ontworpen zijn voor aardgas, mits passende maatregelen worden genomen om verbrossing en vermoeiing te voorkomen.

<sup>10</sup> KIWA (2022). [Permeatie van waterstof](#).

<sup>11</sup> Het kan zijn dat door instellingen van zoekmachines een auteur informatie uit bepaalde regio's niet of slechter te zien

<sup>12</sup> <https://www.gasunie.nl/en/expertise/hydrogen/hydrogen-through-gas-pipelines-safe-and-sustainable> en <https://www.hyway27.nl/en>

<sup>13</sup> <https://www.gerg.eu/wp-content/uploads/2021/12/Collection-of-publications-from-the-NaturalHy-project.pdf>

<sup>14</sup> <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hyblend-opportunities-hydrogen-blending-natural-gas-pipelines>

<sup>15</sup> Voorbeelden zijn ‘*Repurposing natural gas pipelines for hydrogen: Limits and options from a case study in Germany*’ en ‘*A review of technical and regulatory limits for hydrogen blending in natural gas pipelines*’.

<sup>16</sup> <https://reports.hydelta.nl/technology-safety>

<sup>17</sup> H21: <https://www.northerngasnetworks.co.uk/document-library/>. Hy4Heat: <https://www.hy4heat.info/>. HyHouse: <https://www.kiwa.com/nl/en/themes/renewable-energy-transition/hydrogen/news/hyhouse-project/>

## Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2024

Datum: 6 november 2024

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