

Waterstoftransport in buisleidingen

Wat betekent dit t.a.v. de veiligheid?

Marc Dröge



Belangrijkste verschillen waterstof – aardgas

- **Moleculen kleiner**
 - Mogelijk eerder kleine lekkage bij afsluiters
 - Staal is (onder “normale” temperatuur) dicht voor waterstof
- **Ontstekingsenergie kleiner**
 - Extra maatregelen nodig bij werkzaamheden aan infrastructuur
 - Rekening houden bij explosieveiligheid zonering en niet afblazen
- **Potentie tot waterstofverbrossing**
 - statische belasting geen issue bij “normale” temperatuur
 - mogelijk bij vermoeiingsbelasting (combinatie van grote scheurachtige defecten in combinatie met langdurige grote drukvarianties) – daardoor niet realistisch bij transportleidingen
- **Externe Veiligheid**
 - Ontstekingskans hoger (100% verondersteld)
 - Bij leidingbreuk lagere warmtestraling
 - Voorgeschreven faalfrequenties (Besluit externe veiligheid buisleiding) zijn significant hoger. Potentieel knelpunten bij grote leidingen

Waterstofgas vs. Methaan

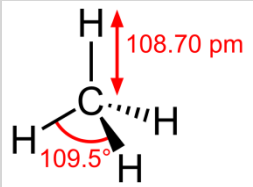
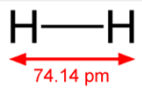
De overeenkomsten

	Kleurloos	Reukloos	Brandbaar	Explosief	Corrosief
Methaan	ja	ja	ja	ja	nee
Waterstof	ja	ja	ja	ja	nee

Waterstofgas vs. Methaan De verschillen (1)

	Relatieve dichtheid (lucht = 1)	Explosiegrenzen (onder- en bovengrens [%])		Ontstekings- energie [mJ]	Verbrandings- energie [MJ / m ³]
Methaan	0,55	4,4	17	0,26	32
Waterstof	0,07 stijgt snel omhoog	4,0	77	0,02 ontsteekt makkelijk	11

Waterstofgas vs. Methaan De verschillen (2)

	Vlam	molecuul grootte [pm]	Joule-Thomson [°C / bar]	Verbrossing van staal
Methaan	blauw verbranding zichtbaar		0,4 wordt kouder bij decompressie	nee
Waterstof	kleurloos verbranding niet zichtbaar	 kans op meer emissie	-0,03 wordt iets warmer bij decompressie	kan

Verskil: verbrossing

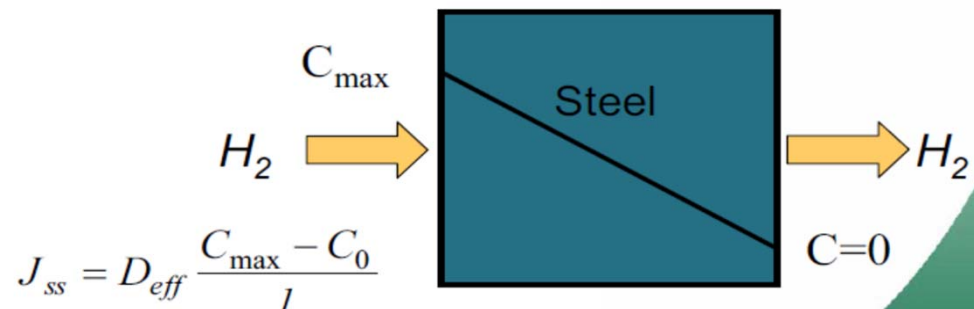
Waterstof kan het staal degraderen. De algemene term voor het degradatiemechanisme is waterstofverbrossing.

De mate van de waterstofverbrossing en de verschijningsvorm van de waterstofverbrossing hangen af van 6 factoren

- 1) bron van waterstofatoom (electrochemisch of gas)
- 2) waterstofatoomconcentratie in het staal
- 3) belastingsnelheid (dynamisch, semi-statisch, vermoeiing)
- 4) temperatuur
- 5) optreden van plasticiteit (deformatie)
- 6) aanwezigheid van scheurachtige defect

Waterstofverlies in een pijpleiding

- Waterstofmoleculen kunnen op schoon staaloppervlak ontleden in wateratomen maar ook weer recombineren tot moleculen.
- Als er waterstof in een pijpleiding wordt getransporteerd dan zou er dus waterstof door de pijpwand kunnen stromen en aan de buitenzijde weer uitkomen!
- Voor het hele Gasunie net waterstof zou transporteren, lekt jaarlijks minder dan 0,002% van de inhoud weg.

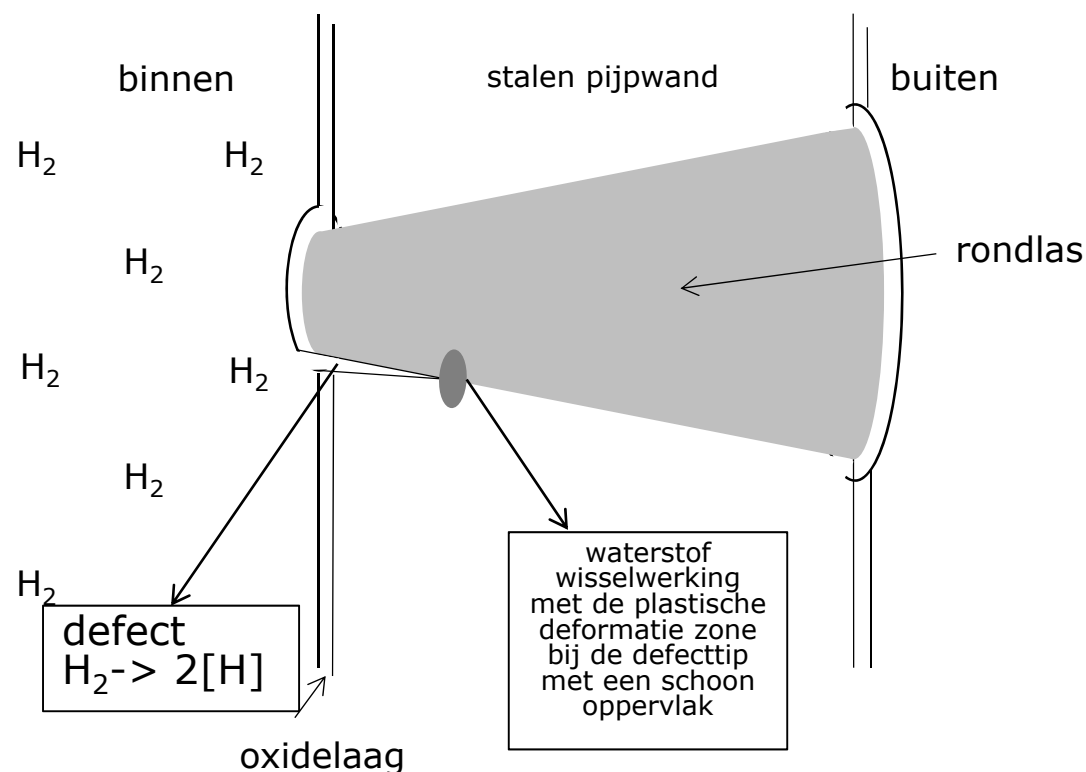


Waterstofverbrossing bij vermoeiingsbelasting

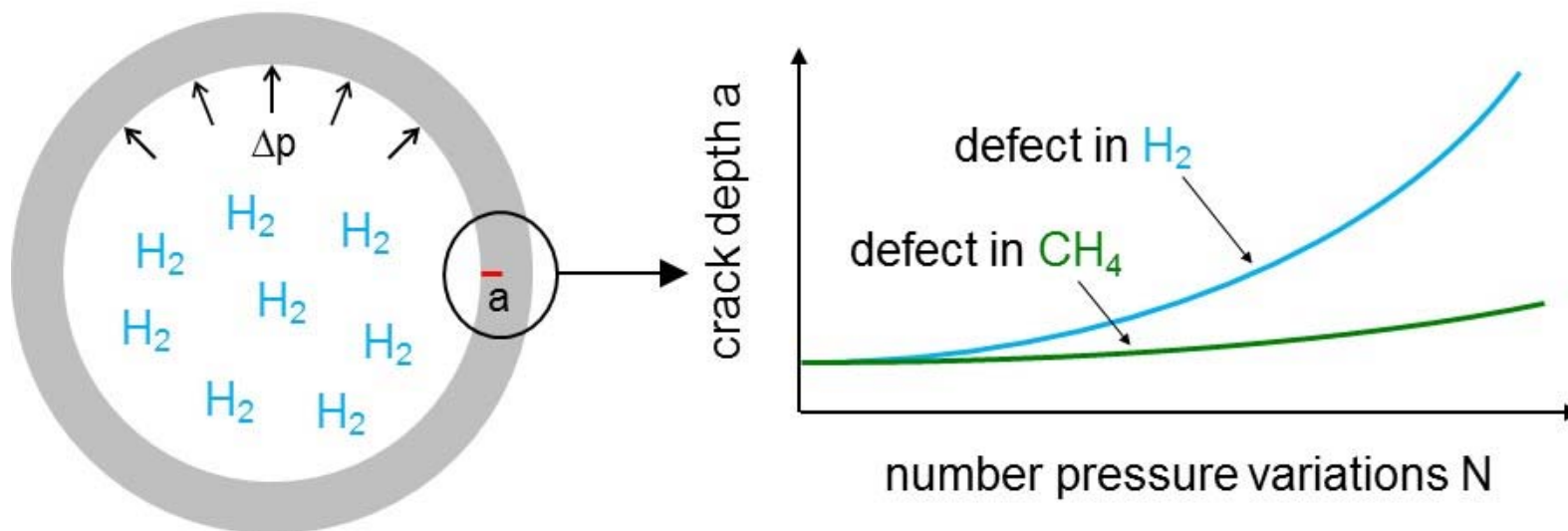
bestaande scheurachtige defecten in de pijpleiding zoals lasfouten kunnen in waterstof sneller groeien dan in aardgas onder drukvariaties

Dit aspect moet berekend en getoetst worden.

Hieruit kan een beperking in drukvariaties volgen.

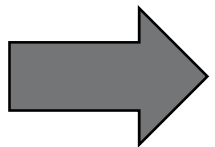


Waterstofverbrossing bij vermoeiingsbelasting



Waterstofverbrossing bij vermoeiingsbelasting

- Bepaal de drukvariaties (grootte Δp en aantal N) gedurende beoogde levensduur.
- Bepaal de scheurdrijvende kracht (ΔK) van een aangenomen defect (3 bij 50 mm) in een pijpleiding dat niet gevonden is.
- Bepaal de scheurgroeisnelheid.
- Bepaal de scheurgroei van het gepostuleerde defect.
- Bepaal of de scheurgroei leidt tot lek binnen de beoogde levensduur.



Bovenstaande aanpak is gevolgd voor het accepteren van waterstof in voormalig hogedruk aardgasleiding in Zeeland.

Verskil: molecuuleigenschappen

- gasconcentratimeters gebaseerd op infraroodabsorptie zijn niet geschikt voor waterstof
- afsluiters: kans op meer inwendige lekkage en lekkage langs de stem
- flensverbindingen: kans op meer lekkage
- compressie met centrifugaal compressoren niet efficiënt
- geen verwarming nodig bij expansie

Verschil: verbranding

- aanpassing van branders
- zuivere H_2 vlam nauwelijks zichtbaar. Gebruik maken van infrarooddetectie
- groter risico op explosie van waterstof in besloten ruimtes (door snellere verbranding en makkelijker ontsteken)

Verskil: lagere ontstekingsenergie

- grotere kans op ontsteking:
 - niet afblazen maar affakkelen (verbranden)
 - altijd ontsteking verwacht bij leidingbreuk
- alleen gebruik van apparatuur die geschikt is voor gebruik in gasgroep IIC (EX – explosieveiligheid)

Verschil: externe veiligheid

Faalfrequentie

- De faaloorzaken vanuit het Besluit externe veiligheid buisleiding zijn anders en de bijbehorende faalfrequenties zijn significant hoger.
 - potentieel knelpunten bij grote leidingen.
 - hierdoor grotere risicocontouren (10^{-6} /jaar)
 - lastig/onmogelijk te voldoen aan “ 10^{-6} binnen belemmeringenstrook”-eis
- De ontstekingskans is hoger
 - handleiding stelt 100% - lijkt reëel

Verschil: externe veiligheid

Effecten

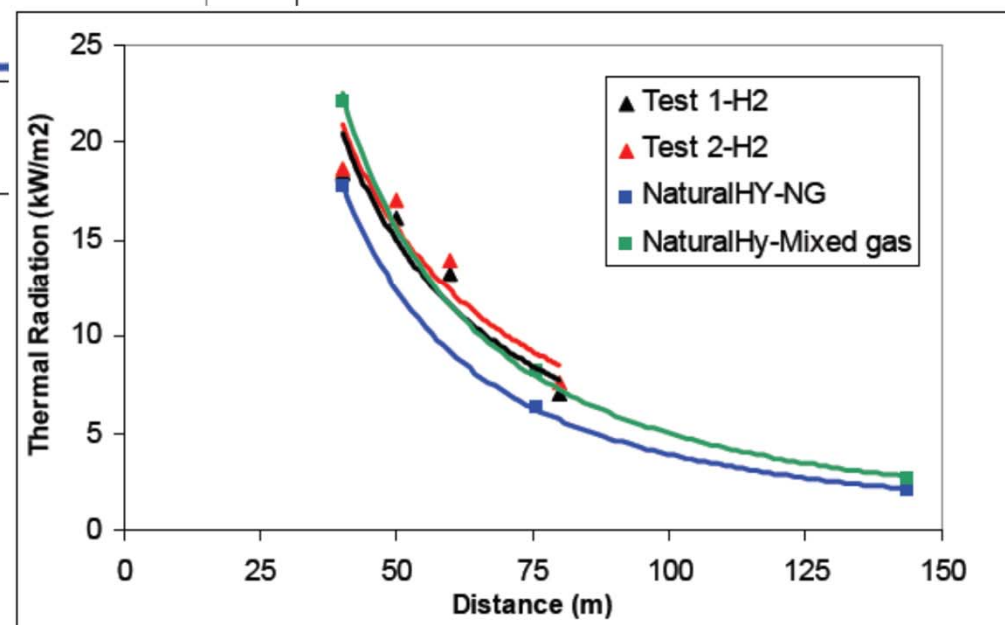
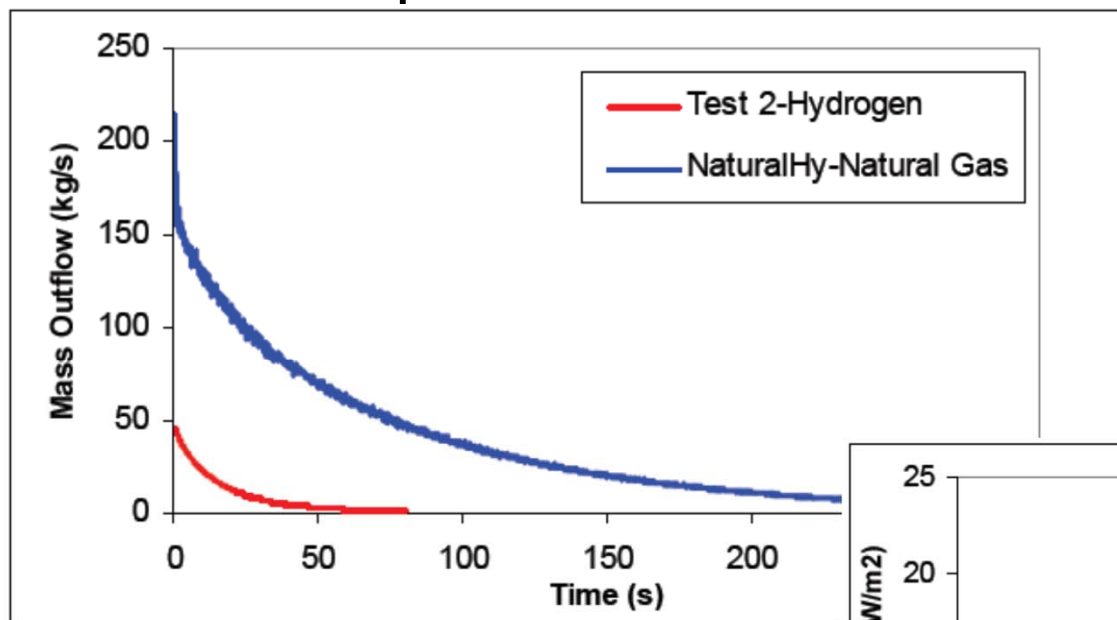
- Bij leidingbreuk stroomt meer volume, maar minder massa en minder energie uit in vergelijking met aardgas.
Warmtestraling bij leidingbreuk is dus minder.
- In tegenstelling tot de “laboratorium”-vlam is de fakkelbrand van waterstof net zo zichtbaar en stralend als bij aardgas.

Test Spadeadam: 60 bar, 6"



Bron: Large scale experiments to study hydrogen pipeline fires, IPC2010-31391, M.R. Acton et al.

Test Spadeadam: uitstroom en warmtestraling



Bron: Large scale experiments to study hydrogen pipeline fires, IPC2010-31391, M.R. Acton et al.