

GT-180259

11 april 2019

Eerste inventarisatie naar waterstofuitstromen bij kleine toelaatbare aardgas lekken



kiwa 

Trust
Quality
Progress



Deze pagina is opzettelijk blanco gehouden

>



GT-180259

11 april 2019

Eerste inventarisatie naar waterstofuitstromen bij kleine toelaatbare aardgaslekken

© 2019 Kiwa N.V.
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige
vorm of op enige wijze, hetzij
elektronisch, mechanisch,
door fotokopieën, opnamen,
of enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de uitgever.

Kiwa Technology B.V.
Wilmersdorf 50
Postbus 137
7300 AC Apeldoorn

Tel. 088 998 33 93
Fax 088 998 34 94
www.kiwatechnology.nl

Colofon

Titel	Eerste inventarisatie naar waterstofuitstromen bij kleine toelaatbare aardgaslekken
Projectnummer	004P001256-01
Projectmanager	René Hermkens
Opdrachtgever	Liander, Enexis Netbeheer, Stedin Netbeheer en Rendo
Kwaliteitsborger(s)	Heinz Freese
Auteur(s)	Jeroen Caanen

Dit rapport is niet openbaar en slechts verstrekt aan de opdrachtgevers van het onderzoekproject. Eventuele verspreiding daarbuiten vindt alleen plaats door de opdrachtgever zelf.



Deze pagina is opzettelijk blanco gehouden

>

Voorwoord

In het kader van energietransitie is in opdracht van Liander, Enexis Netbeheer, Stedin Netbeheer en Rendo gekeken naar het distribueren van waterstof via het bestaande aardgasnet.

Volgens bestaande normen voor aardgasdistributie en het aansluiten van binneninstallaties (NEN1078 en NEN7244-7) zijn aardgaslekken binnenshuis tot 1 liter per uur acceptabel, omdat deze in beginsel geen onveilige situatie opleveren. Omdat de eigenschappen van waterstof afwijken van die van aardgas, is het onduidelijk of de huidige lekken van 1 liter per uur aardgas bij een omschakeling naar waterstof wél tot onveilige situaties zouden kunnen leiden. Het bepalen of een situatie onveilig is, is een complex vraagstuk dat in bijlage 1 is toegelicht. Om inzicht te verkrijgen hoe groot de uitstroom van waterstof is met een lek die bij aardgas maximaal 1 liter per uur geeft, hebben Liander, Enexis Netbeheer, Stedin Netbeheer en Rendo aan KIWA Technology gevraagd dit te onderzoeken. Dit onderzoek geeft dan ook alleen antwoord op deelvraag 2 zoals weergegeven in bijlage 1.

Samenvatting

Volgens bestaande normen voor aardgasdistributie en het aansluiten van binneninstallaties (NEN1078 en NEN7244-7) zijn aardgaslekken binnenshuis tot 1 liter per uur acceptabel, omdat deze in beginsel geen onveilige situatie opleveren. Omdat de eigenschappen van waterstof afwijken van die van aardgas, is het onduidelijk of de huidige lekken van 1 liter per uur aardgas bij een omschakeling naar waterstof wél tot onveilige situaties zouden kunnen leiden. KIWA Technology heeft onderzocht hoeveel uitstroom van waterstof ontstaat bij een aardgaslek van 1 liter per uur. Om te beoordelen of een kleine lekkage van waterstofgas acceptabel zijn moeten naast de in dit onderzoek gemeten maximale uitstroom van waterstof ook andere factoren -zoals de ontstekingskans, de verdeling van de lekken over de binneninstallatie – bekend zijn.

Voor het uitvoeren van de metingen is een opstelling met leidingen en koppelstukken gerealiseerd waarmee gedefinieerde lekken zijn gecreëerd. Bij een tweetal drukverschillen (25 mbar en 100 mbar) zijn een vijftal lekken in de orde van grootte van 0,1 l/h, 0,5 l/h, 1 l/h, 5 l/h en 10 l/h gecreëerd. In eerste instantie met een naaldventiel, daarna met koppelingen, waarbij opzettelijk lekken zijn gecreëerd. De lekdebieten zijn gemeten met een mass-flow meter.

Het was erg lastig om kleine lekken met zowel knelkoppelingen als fitkoppelingen te realiseren. Toch geven de resultaten een goed beeld vanwege de goede reproduceerbaarheid. Een bestaand lek met aardgas resulteert bij waterstof in ca. 60% meer debiet bij drukken van 25 tot 100 mbar.

Met het onderzoek is een eerste inventarisatie gedaan met beperkte praktijk metingen om een werkelijk situatie na te bootsen. De praktijkmetingen lieten een factor van 1,64 zien.

Inhoud

	Voorwoord	1
	Samenvatting	2
	Inhoud	3
1	Test opstelling	5
1.1	Theoretisch kader	5
1.2	Beschrijving test opstelling	5
2	Test resultaten	7
2.1	Test procedure	7
2.2	Inregelen testopstelling met naaldventiel	7
2.3	Resultaten koppelingen	9
2.3.1	Knelkoppeling	9
2.3.2	Fitkoppeling (draad)	10
3	Conclusie	11
	Bijlage 1	12

Deze pagina is opzettelijk blanco gehouden

1 Test opstelling

1.1 Theoretisch kader

Uitstroming van gas uit een lek kan afhankelijk van de fysieke vorm van het lek leiden tot een laminaire of turbulente stroming van het gas. Als bij eenzelfde lek het gas verandert van aardgas naar waterstof, zal het gasdebiet door het lek toenemen.

Op basis van de bekende wetten uit de stromingsleer geldt voor een laminaire stroming dat de toename van het debiet omgekeerd evenredig is met de dynamische viscositeit. De viscositeit van waterstof is $8,8 \cdot 10^{-6}$ Pa.s. Die van methaan is circa 25% hoger: $11,0 \cdot 10^{-6}$ Pa.s. Het gevolg is dan dat bij een dergelijke stroming het lekdebiet in het geval van waterstof ongeveer 25 % hoger zal zijn.

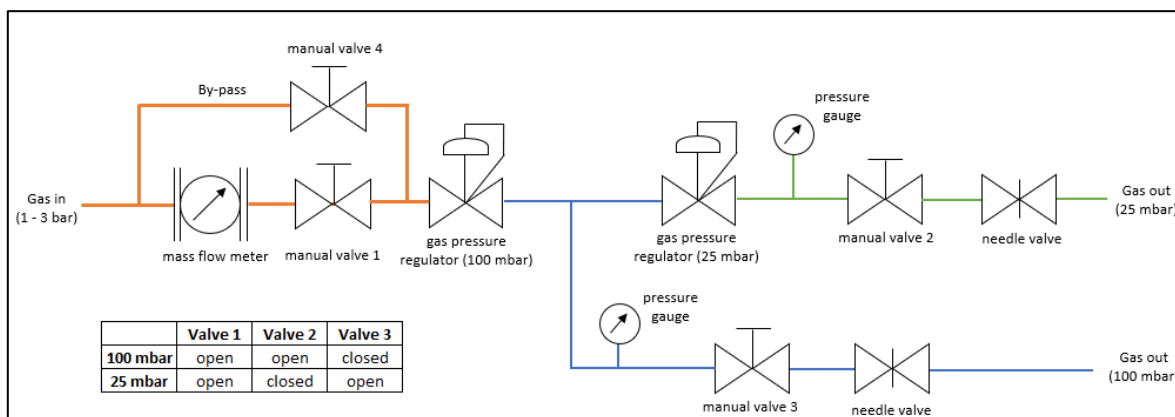
In het geval van een turbulente stroming zal het uitstromende gasdebiet evenredig zijn met de wortel uit de verhouding van de dichtheid. De dichtheid van aardgas is ca. $0,83 \text{ kg/m}^3$. Die van waterstof is $0,09 \text{ kg/m}^3$. Het uitstromend debiet bij een turbulente stroming is derhalve 3 maal groter bij waterstof dan bij aardgas.

Lekken in de praktijk zullen een stroming laten zien die tussen laminair en turbulent in ligt. De volumeverhouding van een lekdebiet bij waterstof in vergelijking met aardgas zal zich op basis van de beschreven theorie dan ook tussen een factor 1,25 en 3 in bevinden.

1.2 Beschrijving test opstelling

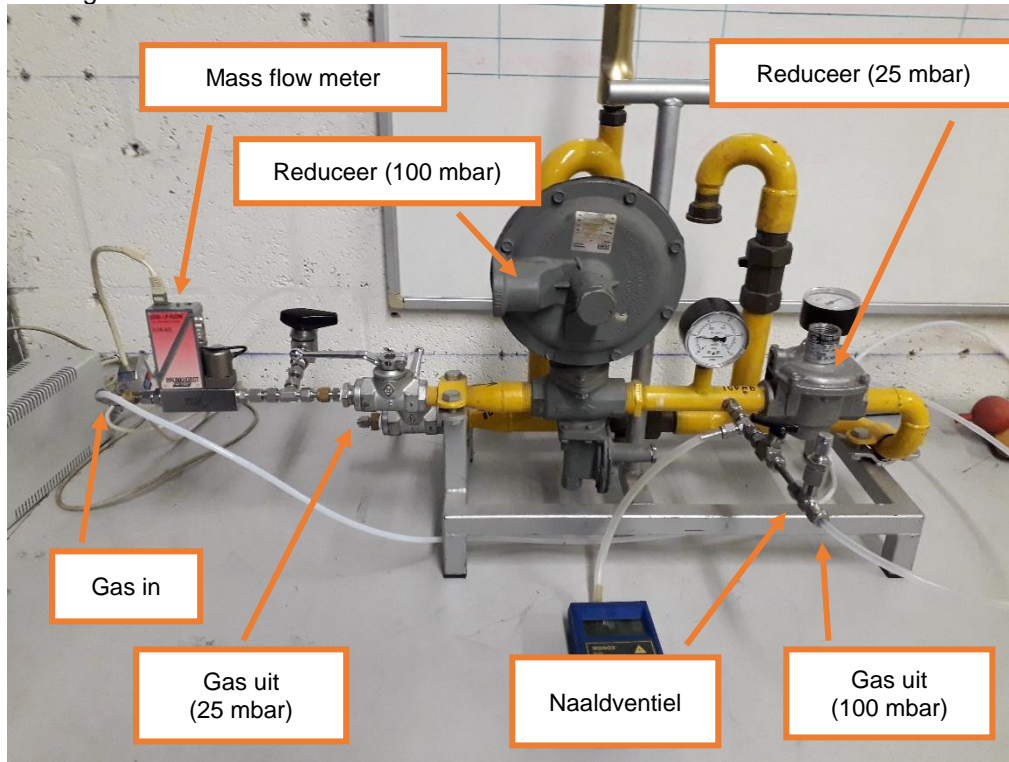
Om dit in een praktijksituatie te kunnen onderzoeken is een opstelling met leidingen en koppelstukken gerealiseerd waarmee gedefinieerde lekken kunnen worden gecreëerd. Bij een tweetal drukverschillen (25 mbar en 100 mbar) zijn een vijftal lekken in de orde van grootte van 0,1 l/h, 0,5 l/h, 1 l/h, 5 l/h en 10 l/h gecreëerd. In eerste instantie met een naaldventiel, daarna met koppelingen, waarbij opzettelijk lekken zijn gecreëerd. De lekdebieten zijn gemeten met een mass-flow meter.

De testopstelling bestaat uit leidingen, koppelstukken, een gasdrukregelaar naar 100 mbar, een gasdrukregelaar naar 25 mbar, een naaldventiel en een mass-flow sensor. In Figuur 1 wordt schematisch weergegeven hoe de opstelling is opgebouwd. Waterstof en aardgas wordt aan de opstelling aangeboden met behulp van gasflessen. In Figuur 2 wordt een foto van de opstelling weergegeven.



Figuur 1: Schematische weergave test opstelling

Tijdens de 25 mbar test, wordt de 100 mbar uitgang afgedopt, tijdens de 100 mbar test is de 25 mbar uitgang afgedopt. Tijdens de testen met de koppelingen, is het naaldventiel vervangen door een knelkoppeling of fitkoppeling. De bypass wordt gebruikt voor het doorspoelen van de opstelling, wanneer is overgeschakeld naar ander gas.

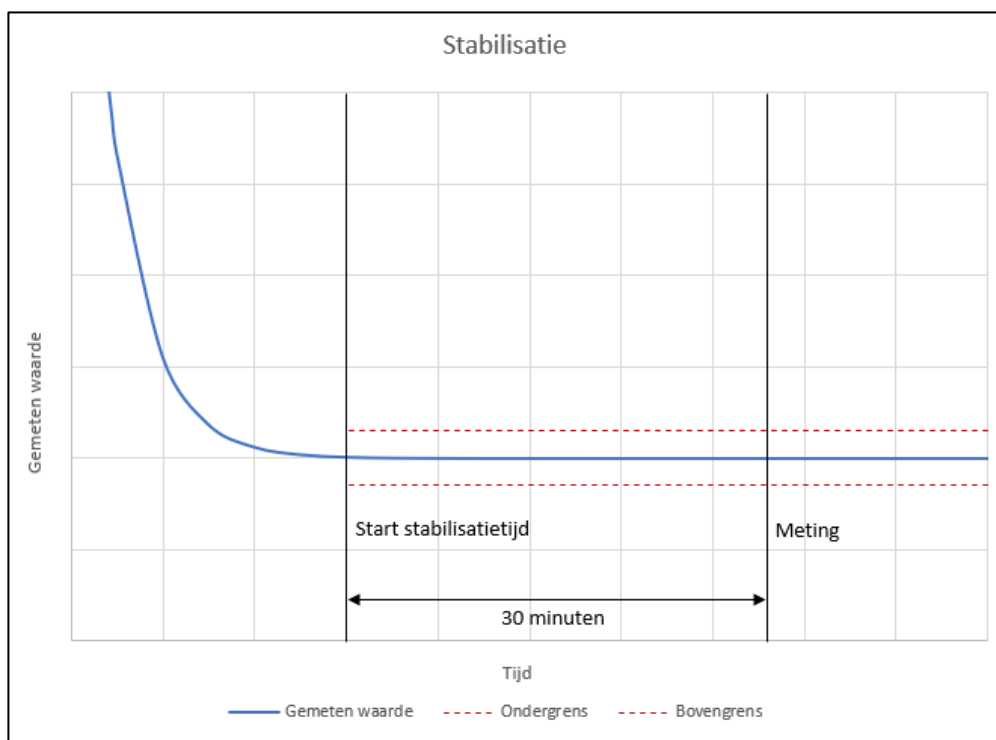


Figuur 2: Foto test opstelling

2 Test resultaten

2.1 Test procedure

Voor iedere meting is een zogenaamde nulmeting uitgevoerd. Dit betekent dat het lekdebiet is bepaald, waarbij klep 2 of 3 is dichtgezet. Vervolgens is bij de gemeten lekwaarden de nulmeting afgetrokken, waardoor eventueel aanwezige lekken van de meetopstelling zijn verdisconteert. Bij iedere overschakeling naar ander gas is een nulmeting uitgevoerd. Alle meetwaarden zijn bepaald na een stabilisatie periode, waarbij gewacht is tot de uitlezing van de sensor minder dan 1% varieert over een periode van 30 minuten (zie Figuur 3).



Figuur 3: Uitleg stabilisatietijd

2.2 Inregelen testopstelling met naaldventiel

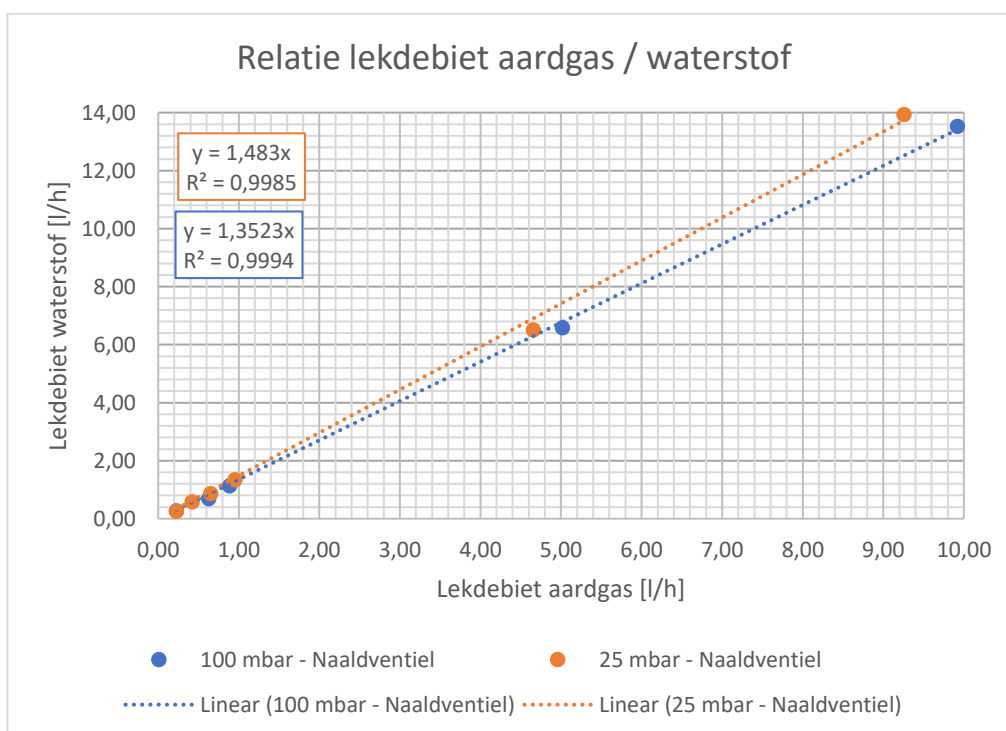
Om de testopstelling in te regelen en vast te kunnen stellen of de metingen goed verlopen is in eerste instantie een naaldventiel gebruikt. In Tabel 1 en Tabel 2 worden de resultaten weergegeven van de metingen waarbij het lekdebiet werd ingesteld met het naaldventiel. In Figuur 4 worden de resultaten grafisch weergegeven.

Tabel 1: Resultaten bij 100 mbar en naaldventiel

Ingesteld lekdebiet [l/h]	Gemeten lekdebiet met aardgas [l/h]	Gemeten lekdebiet met waterstof [l/h]	Ratio lek waterstof en lek aardgas [-]
10	9,92	13,54	1,36
5	5,02	6,59	1,31
1	0,89	1,14	1,28
0,5	0,63	0,70	1,11
0,1	0,23	0,28	1,23

Tabel 2: Resultaten bij 25 mbar en naaldventiel

Ingesteld lekdebiet [l/h]	Gemeten lekdebiet met aardgas [l/h]	Gemeten lekdebiet met waterstof [l/h]	Ratio lek waterstof en lek aardgas [-]
10	9,26	13,94	1,51
5	4,66	6,51	1,40
1	0,95	1,35	1,41
0,5	0,42	0,58	1,38
0,1	0,23	0,27	1,17



Figuur 4: Resultaten grafisch weergegeven

Naar aanleiding van de spreiding die te zien is in de resultaten, is de opstelling voor het meten van het lekdebiet bij koppelingen aangepast (bypass toegevoegd), zodat er op een andere manier gespoeld kon worden wanneer men van het ene gas overging

naar het ander gas. Dit om zeker te weten dat er geen restanten van het vorige gas achterbleven. Hierdoor was bij de metingen met de koppelingen een kleinere spreiding te zien en waren de resultaten beter reproduceerbaar.

2.3 Resultaten koppelingen

Een tweetal type koppelingen zijn getest:

- Knelkoppeling;
- Fitkoppeling (draad);

De koppelingen zijn dusdanig geprepareerd, dat verschillende lekdebieten gerealiseerd kunnen worden.

2.3.1 Knelkoppeling

De testen met knelkoppelingen zijn uitgevoerd met 15 mm koperen buis, waarbij een kras is aangebracht op de buis waar de knelring zich bevindt (Figuur 5). Vervolgens is de koppeling meer of minder aangedraaid om zo verschillende lekdebieten te creëren.

Het was erg lastig om kleine lekken met knelkoppelingen te realiseren, ofwel het lek was heel groot, of er was geen lek te meten. Bij de metingen met 25 mbar zijn twee meting gelukt, bij 100 mbar gasdruk waren dat er drie.

Toch geven de resultaten een goed beeld vanwege de goede reproduceerbaarheid. Een bestaand lek van 1,0 l/h met aardgas, resulteert in circa 1,6 l/h met waterstof, ongeacht de voordruk.



Figuur 5: Knelkoppeling met kras op koperen buis

Tabel 3: Testresultaten bij 25 mbar en knelkoppeling met aangebrachte kras

Gemeten lekdebiet met aardgas [l/h]	Gemeten lekdebiet met waterstof [l/h]	Ratio lek waterstof en lek aardgas [-]
3,91	6,24	1,60
1,78	2,83	1,59

Tabel 4: Testresultaten bij 100 mbar en knelkoppeling met aangebrachte kras

Gemeten lekdebiet met aardgas [l/h]	Gemeten lekdebiet met waterstof [l/h]	Ratio lek waterstof en lek aardgas [-]
9,90	16,09	1,62
6,05	9,52	1,57
3,74	6,13	1,64

2.3.2 Fitkoppeling (draad)

Bij fitkoppelingen is getracht lekken te realiseren door te weinig teflontape te gebruiken en/of door de wartel onvoldoende aan te draaien. Zie Figuur 6.



Figuur 6: Gebruikte fitkoppeling (teflontape ontbreekt op foto). Op de overige verbindingen is locktight toegepast.

Tabel 5: Testresultaten bij 25 mbar en fitkoppeling (draad met telfon tape)

Gemeten lekdebiet met aardgas [l/h]	Gemeten lekdebiet met waterstof [l/h]	Ratio lek waterstof en lek aardgas [-]
1,30	2,13	1,64
0,71	1,12	1,58

Tabel 6: Testresultaten bij 100 mbar en fitkoppeling (draad met telfon tape)

Gemeten lekdebiet met aardgas [l/h]	Gemeten lekdebiet met waterstof [l/h]	Ratio lek waterstof en lek aardgas [-]
1,33	2,15	1,62
0,54	0,87	1,63

Ook met fitkoppelingen was het erg lastig kleine lekken te realiseren. Ook hier geven de resultaten een goed beeld vanwege de goede reproduceerbaarheid. Een bestaand lek van 1,0 l/h met aardgas, resulteert in circa 1,6 l/h met waterstof, ongeacht de voordruk.

3 Conclusie

Het was erg lastig om kleine lekken met zowel knelkoppelingen als fitkoppelingen te realiseren. Toch geven de resultaten een goed beeld vanwege de goede reproduceerbaarheid.

Met dit onderzoek is een eerste inventarisatie gedaan, waarbij met beperkte aantal metingen is geprobeerd de werkelijk situatie na te bootsen.

De metingen hebben laten zien dat de verhouding tussen het lekdebiet gemeten met waterstof en het debiet gemeten met aardgas een factor van 1,64 oplevert.

Vanwege de beperkte omvang van het aantal metingen zoals in deze eerst inventarisatie uitgevoerd, nemen de opdrachtgevers voor de veiligheid een factor van 2 aan, totdat aanvullend onderzoek aangetoond heeft dat deze factor naar beneden bijgesteld kan worden.

Bijlage 1

In het kader van energietransitie is het nodig de veiligheid van de distributie van waterstof via het bestaande aardgasnet te beschouwen. Uitgangspunt is dat distributie van waterstof net zo veilig moet zijn dan de distributie van aardgas. Bij de beschouwing moet gedacht worden aan de veiligheid van leidingen en appendages buiten gebouwen, maar ook aan de veiligheid van leidingen in gebouwen.

In de leidingen in gebouwen kunnen lekken voorkomen. De lekken zullen vanwege de eigenschappen van waterstof in vergelijking met aardgas een groter lekdebiet tot gevolg hebben. Hoeveel meer dit lekdebiet bedraagt en wat daarmee het gevolg is voor de veiligheid is nog onbekend.

Om een antwoord te kunnen geven wat de overgang van aardgas naar waterstof voor de veiligheid van de bestaande binneninstallaties betekent, zullen de onderwerpen die bijdragen aan de veiligheid onderzocht moeten worden.

Deze onderwerpen zijn:

1. De verdeling van lekdebieten van binneninstallaties in de praktijk.
2. De verhouding in het lekdebiet als er overgeschakeld wordt van aardgas naar waterstof
3. De optredende waterstofconcentratie in de lucht bij een bepaalde waterstofuitstroming (rekening houdend met het volume en de vorm van de ruimte)
4. De ontstekingskans van een waterstof/luchtmengsel in gebouwen
5. Het uiteindelijke effect van de ontstoken waterstof luchtmengsels voor de inwoners van die gebouwen en de gebouwen zelf.

Dit onderzoek heeft alleen betrekking op punt twee van deze lijst.