

Risicoanalyse waterstof distributie

Alliander

Report No.: OGNL.172353

Date: 22 november 2018



Project name: DNV GL
Report title: Risicoanalyse waterstof distributie Oil & Gas
Customer: Alliander Energieweg 17
Customer contact: P. te Morsche 9743 AN Groningen
Date of issue: 22 november 2018
Project No.: 10123729 Tel: +31 6 1177 1054
Organisation unit: Asset Integrity Management
Report No.: OGNL.172353

Applicable contract(s) governing the provision of this Report:

Objective:

Prepared by:



Roelof Coster
Consultant

Verified by:



Dennis Triezenberg
Consultant

Approved by:



Rob Beks
Deputy Head of Section

Copyright © DNV GL 2018. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

Keywords:

- ☒ OPEN. Unrestricted distribution, internal and external.
☐ INTERNAL use only. Internal DNV GL document.
☐ CONFIDENTIAL. Distribution within DNV GL according to applicable contract.*
☐ SECRET. Authorized access only.

*Specify distribution:

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
	22-11-2018		R. Coster	D. Triezenberg	R. Beks



Inhoudsopgave

1	SAMENVATTING	1
2	OPZET VAN HET ONDERZOEK.....	2
2.1	Onderzochte scenario's	2
2.2	Verband met Bevb en Handleiding risicoberekeningen Bevb	2
2.3	Faalfrequentie	2
2.4	Overige parameters	3
3	RESULTATEN.....	5
3.1	100 mbar, 63 mm	5
3.2	100 mbar, 110 mm	6
3.3	8 bar, 110 mm	7
3.4	8 bar, 114,3 mm	8
4	OVERIGE OBSERVATIES	10
5	CONCLUSIES.....	13
6	REFERENTIES.....	14
	APPENDIX: WIJZE VAN INVOEREN VAN DE SCENARIO'S.....	15



1 SAMENVATTING

In dit rapport wordt een risicoanalyse gepresenteerd waarmee het risico van waterstof in distributieleidingen wordt vergeleken met het risico van aardgas. Inzichtelijk wordt hoe het risico van waterstof in distributieleidingen zich verhoudt tot het risico van aardgas, als gekeken wordt naar het effect van warmtebelasting bij een brandende uitstroom van waterstof.

De berekeningen wijzen uit dat de warmtestraling, en daarmee de letaliteit en het risico als gevolg van deze warmtestraling, van waterstof kleiner is dan die van aardgas onder identieke condities.

In overleg met Liander zijn meer complexe scenario's die zich in de situatie van distributieleidingen kunnen voordoen niet onderzocht. Zo is niet onderzocht wat het gevaar is van waterstof dat zich ophoopt in gebouwen en kan exploderen. Ook is niet onderzocht wat er kan gebeuren als de leiding breekt maar de grond niet wordt weggeblazen.

2 OPZET VAN HET ONDERZOEK

2.1 Onderzochte scenario's

Het onderzoek betreft de warmtestraling (en daarmee de letaliteit) van een fakkelbrand die kan ontstaan bij een breuk van een ondergrondse leiding. Vanwege de ondergrondse ligging is de fakkelbrand verticaal. De berekeningen gaan uit van een situatie dat de leiding blootligt, zoals het geval is wanneer de grond weggeblazen wordt.

In overleg met Liander zijn meer complexe scenario's die zich in de situatie van distributieleidingen kunnen voordoen niet onderzocht. Zo is niet onderzocht wat het gevaar is van waterstof dat zich ophoopt in gebouwen en kan exploderen. Ook is niet onderzocht wat er kan gebeuren als de leiding breekt maar de grond niet wordt weggeblazen. Het is niet te zeggen of de uitkomsten zonder grond op de leiding conservatief zijn ten opzichte van de uitkomsten die met grond erop.

2.2 Weergave van de uitkomsten

Per leidingconfiguratie worden de warmtestraling en het PR weergegeven, zowel voor waterstof als voor aardgas. De warmtestraling en de faalfrequentie zijn de twee belangrijkste factoren om het PR te berekenen, maar ook de verdeling van windrichtingen en -snelheden spelen een rol.

2.3 Verband met Bevb en Handleiding risicoberekeningen Bevb

Het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) geldt voor hogedruk leidingen: 16 bar en hoger. Het Bevb schrijft voor dat het plaatsgebonden risico (PR) van leidingen moet worden berekend. Het PR van deze hogedruk leidingen moet ter plaatse van kwetsbare objecten kleiner zijn dan 10^{-6} per jaar. Ter plaatse van beperkt kwetsbare objecten is deze 10^{-6} per jaar een richtwaarde. Andere waarden van het PR (zoals 10^{-7} per jaar of 10^{-8} per jaar) hebben geen wettelijke status.

De voorschriften voor hoe het PR berekend moet worden liggen vast in de Handleiding risicoberekeningen Bevb (HRB) [1]. De huidige analyse sluit zo veel mogelijk aan bij de modellering die wordt voorgeschreven in module D van deze HRB.

Module D van de HRB heeft betrekking op chemicaliënleidingen, waaronder waterstof. De leidingconfiguraties die in dit rapport worden onderzocht vallen echter buiten het bereik van de HRB, omdat de druk lager is dan 16 bar. Er is geen rekenmethodiek voorgeschreven voor deze leidingen op lagere druk, daarom is de HRB-methodiek zo goed mogelijk overgenomen.

2.4 Faalfrequentie

Onderdeel van de analyse is een rudimentaire plaatsgebonden risicoberekening voor verschillende leidingen. Een belangrijke inputparameter hiervoor is de faalfrequentie van de leiding.

Bij het maken van QRA's voor hogedruk aardgasleidingen wordt deze faalfrequentie, onzichtbaar voor de gebruiker, berekend door CAROLA. Voor hogedruk waterstofleidingen wordt deze faalfrequentie berekend op een wijze die is voorgeschreven in module D van de HRB (paragrafen 2.2 en 4).

Voor de huidige risicoanalyse is geen van beide methodes voorgeschreven, omdat het gaat over leidingen met een druk die lager is dan 16 bar. Om toch een uitspraak te kunnen doen over hoe het risico van waterstofleidingen zich verhoudt tot het risico van aardgasleidingen, is gekozen om voor alle leidingen te rekenen met een identieke faalfrequentie, die volgt uit de voorschriften voor waterstofleidingen die voldoen aan de stand der techniek. Hiervoor is het ook nog nodig een

diepteligging van de leiding aan te nemen; deze is geschat op 80 cm. Dit resulteert in een faalfrequentie van $3,74 \cdot 10^{-5}$ per km per jaar:

Mechanisme	Basisfrequentie	Correctiefactor	Resultaat (per km per jaar)
Beschadiging door derden	$1,77 \cdot 10^{-5}$	1,100759	$1,95 \cdot 10^{-5}$
Mechanisch	$7,96 \cdot 10^{-6}$	1	$7,96 \cdot 10^{-6}$
Inwendige corrosie	$1,41 \cdot 10^{-6}$	0	0
Uitwendige corrosie	$4,25 \cdot 10^{-6}$	1	$4,25 \cdot 10^{-6}$
Natuurlijke oorzaken	$2,26 \cdot 10^{-6}$	1	$2,26 \cdot 10^{-6}$
Operationeel / overig	$3,40 \cdot 10^{-6}$	1	$3,40 \cdot 10^{-6}$
Totaal			$3,74 \cdot 10^{-5}$

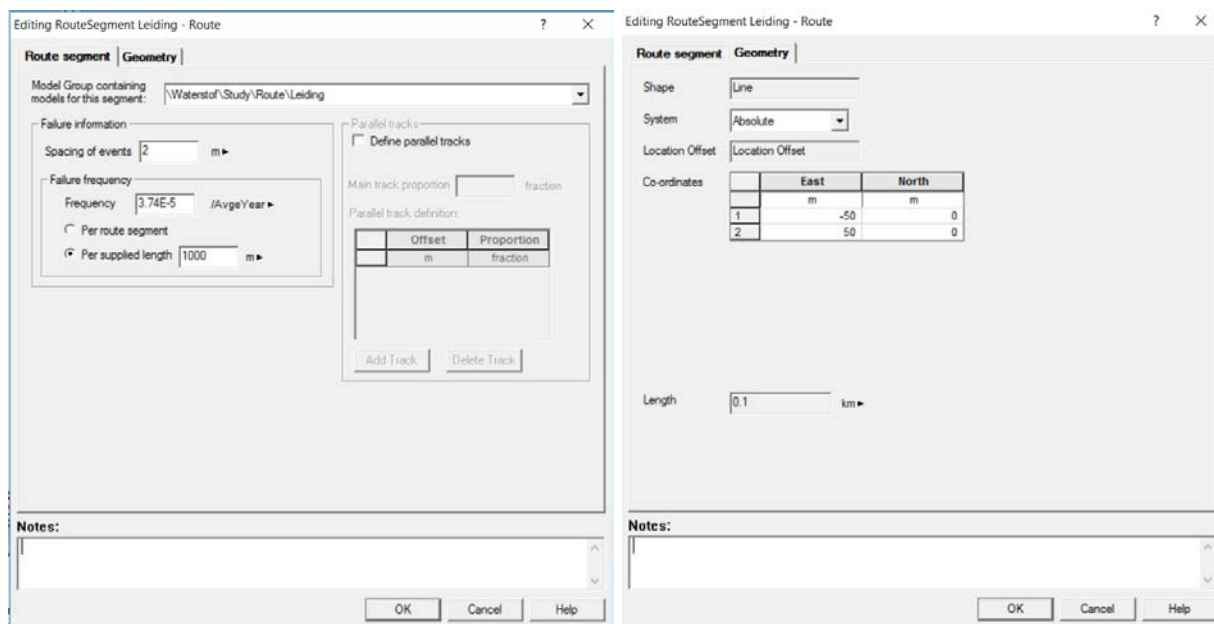
Tabel 1: Faalfrequentie voor de PR-berekeningen.

De basisfrequenties in de tabel komen uit Tabel 20 in module D van de HRB. De correctiefactor voor beschadiging door derden volgt uit de formule in paragraaf 2.2 van module D van de HRB, ingevuld voor een diepteligging van 80 cm. De correctiefactor voor inwendige corrosie volgt uit het feit dat waterstof en methaan niet corrosief zijn.

2.5 Overige parameters

Geometrie

De leiding is gemodelleerd als een route van 100 meter tussen coördinaten (-50, 0) en (50, 0). Alle scenario's zijn aan deze fictieve leiding gekoppeld. Alle bijzonderheden over hoe deze leiding is ingevoerd zijn af te leiden uit de volgende screenshots.



Figuur 1: Invoer van de fictieve leiding waaraan alle scenario's zijn gekoppeld.

Scenario's

De scenario's die zijn doorgerekend zijn breuken van leidingen met de volgende kenmerken:

Druk	Diameter
100 mbar	63 mm
100 mbar	110 mm
8 bar	110 mm
8 bar	114,3 mm

Deze scenario's zijn doorgerekend voor waterstof en voor aardgas (methaan).

De berekeningen zijn uitgevoerd met de aanname dat de genoemde diameters de binnendiameters zijn. In werkelijkheid zijn het de buitendiameters. De gemaakte keuze leidt tot een hogere berekende warmtestraling en is dus conservatief.

De wijze van invoeren van een van deze scenario's is met screenshots weergegeven in de appendix. De overige scenario's zijn op vergelijkbare wijze ingevoerd. De gemaakte keuzes zijn in overeenstemming met module D van de HRB.

In afwijking hiervan, is voor de waterstofscenario's niet een 'user defined source' gemaakt met bijmenging van lucht. In Tabel 9 van module D van de HRB wordt aangegeven hoeveel lucht bijgemengd wordt bij verschillende diameters en drukken. De drukken in de huidige analyse zijn veel kleiner dan 16 bar, het minimum in die tabel, daarom is niet bekend hoeveel lucht bijgemengd zou moeten worden. Door in de modellering geen rekening te houden met de bijmenging van lucht, is de huidige analyse conservatief, omdat deze bijmenging leidt tot lagere warmtestraling (zie paragraaf 6.4 van module D van de HRB).

Meteorologische data

Er is gerekend met de generieke meteorologische data van 'Nederland'. Dit is voor de plaatsgebonden risicoberekening van belang. Alle warmtestralingsgrafieken die weergegeven zullen worden, zijn berekend voor weertype 'D9' overdag. De D in dit type staat voor de atmosferische stabiliteit en de 9 staat voor een windsnelheid van 9 m/s. Een kleine voorafgaande analyse heeft uitgewezen dat bij dit weertype de warmtestraling het verst reikt (omdat de sterke wind de pluim meer horizontaal richt).

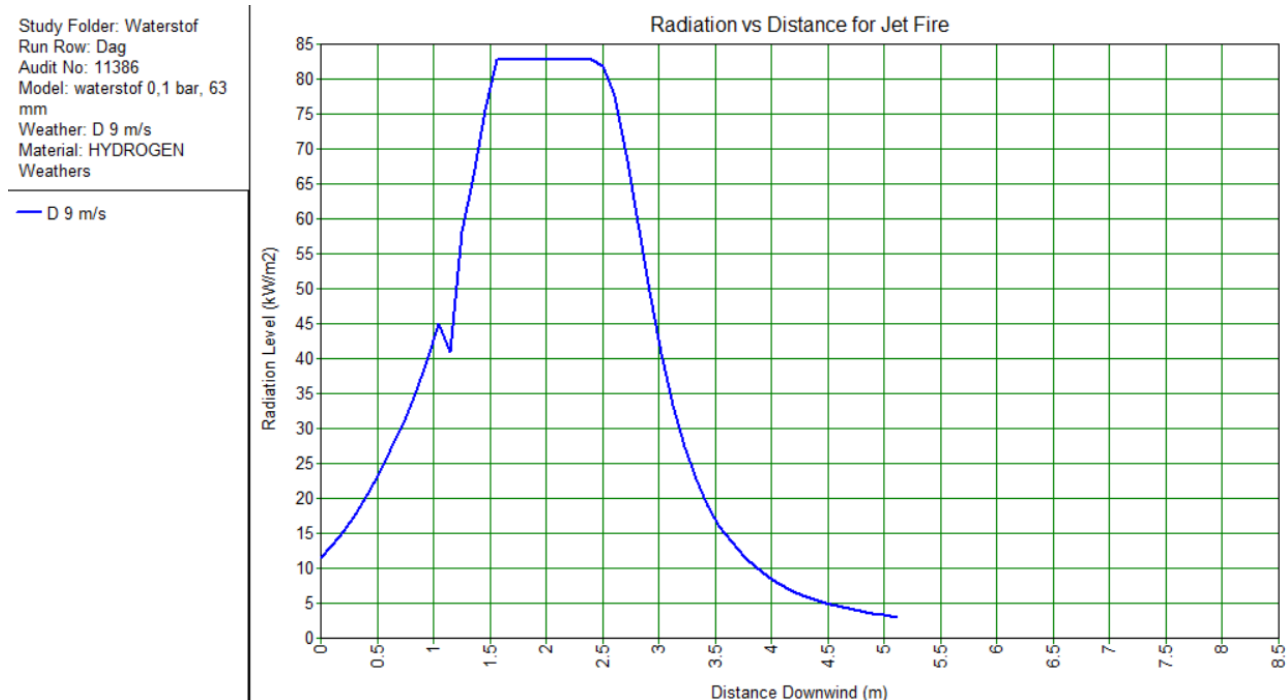
Overige

Er is gerekend met de optie 'No free field' in 'General Risk Parameters'. Dit omdat de leidingen niet binnen een inrichting liggen, zie paragraaf 6.8.1 van module D van de HRB.

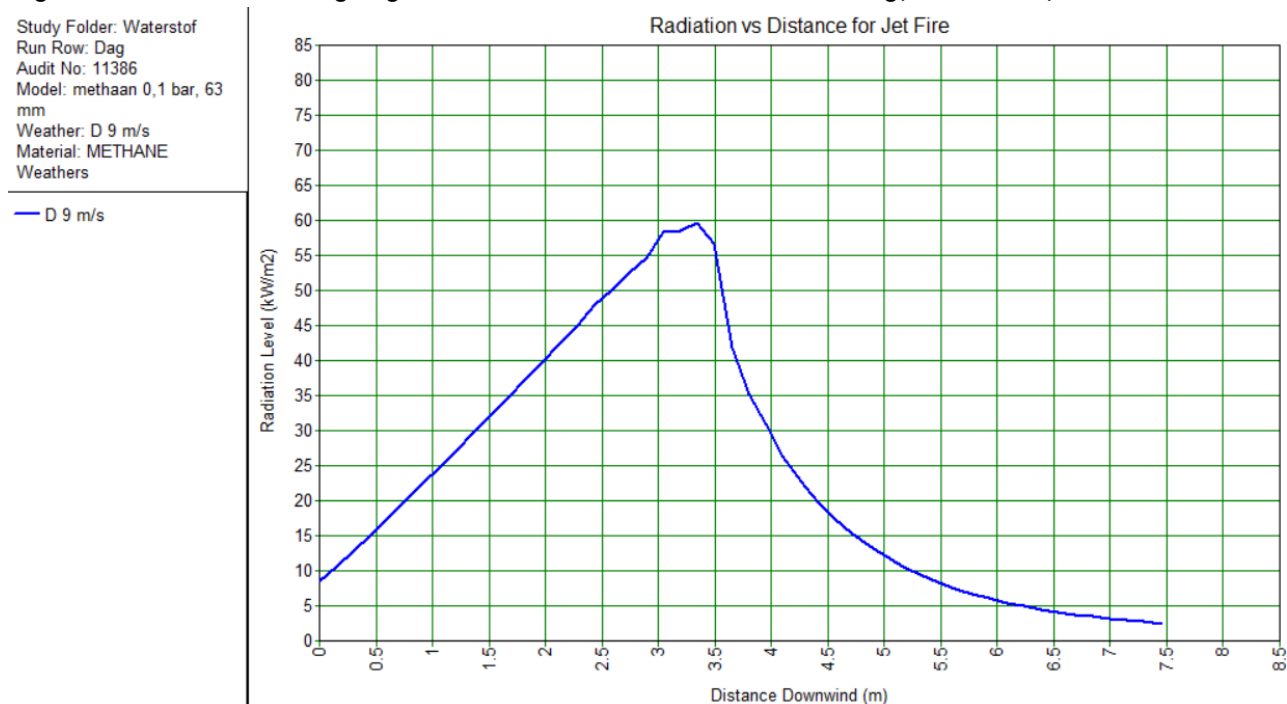
3 RESULTATEN

3.1 100 mbar, 63 mm

De warmtestraling van een fakkelbrand van een leiding met waterstof en met methaan, beiden met een inwendige diameter van 63 mm en een druk van 100 mbar, worden hieronder weergegeven¹.



Figuur 2: Warmtestraling tegen afstand voor een waterstofleiding, 100 mbar, 63 mm.



Figuur 3: Warmtestraling tegen afstand voor een aardgasleiding, 100 mbar, 63 mm.

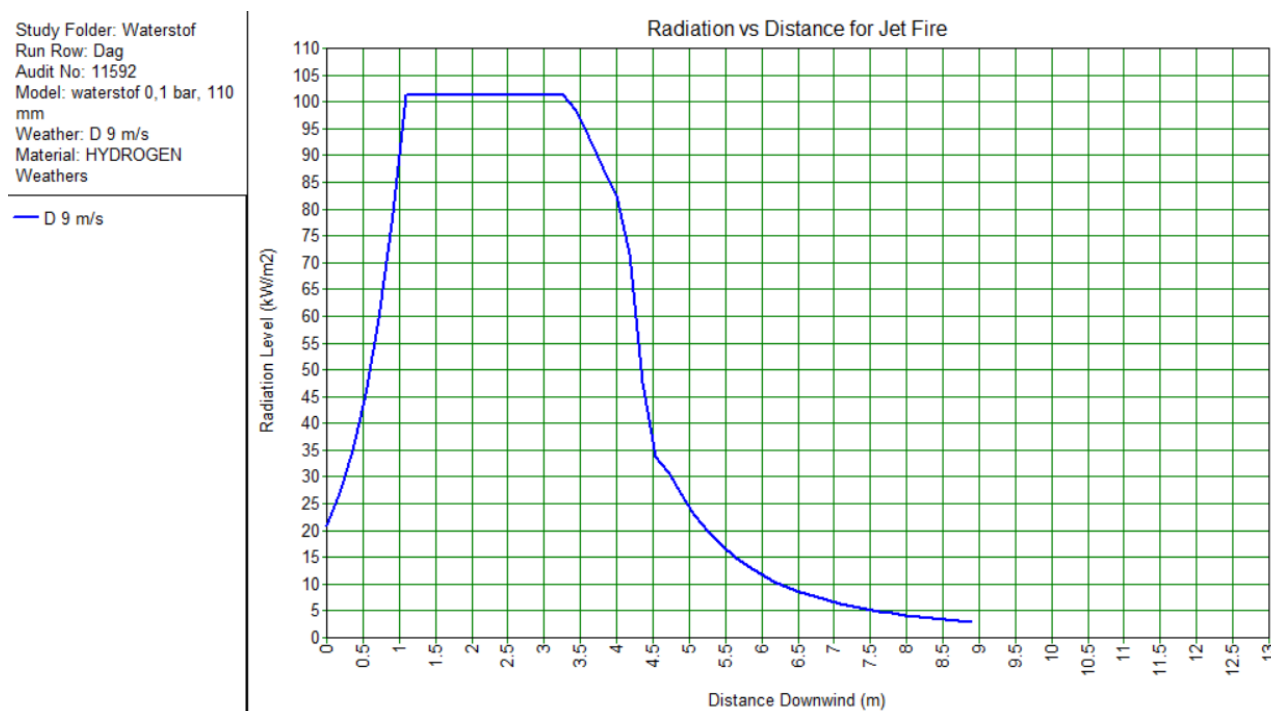
¹ Zie paragraaf 4 voor een opmerking over het brokkelige verloop van deze curve.

Uit de berekeningen volgt ook het plaatsgebonden risico. Hiervoor is een faalfrequentie van $3,74 \cdot 10^{-5}$ per km per jaar aangenomen (zie paragraaf 2.3). De berekening wijst uit dat een plaatsgebonden risico van 10^{-6} en 10^{-7} per jaar niet wordt bereikt. Deze conclusie geldt zowel voor waterstof als voor aardgas.

De 10^{-8} per jaar PR-contour ligt voor waterstof op 3,3 meter uit de leiding. Voor aardgas ligt deze op 4,5 meter uit de leiding.

3.2 100 mbar, 110 mm

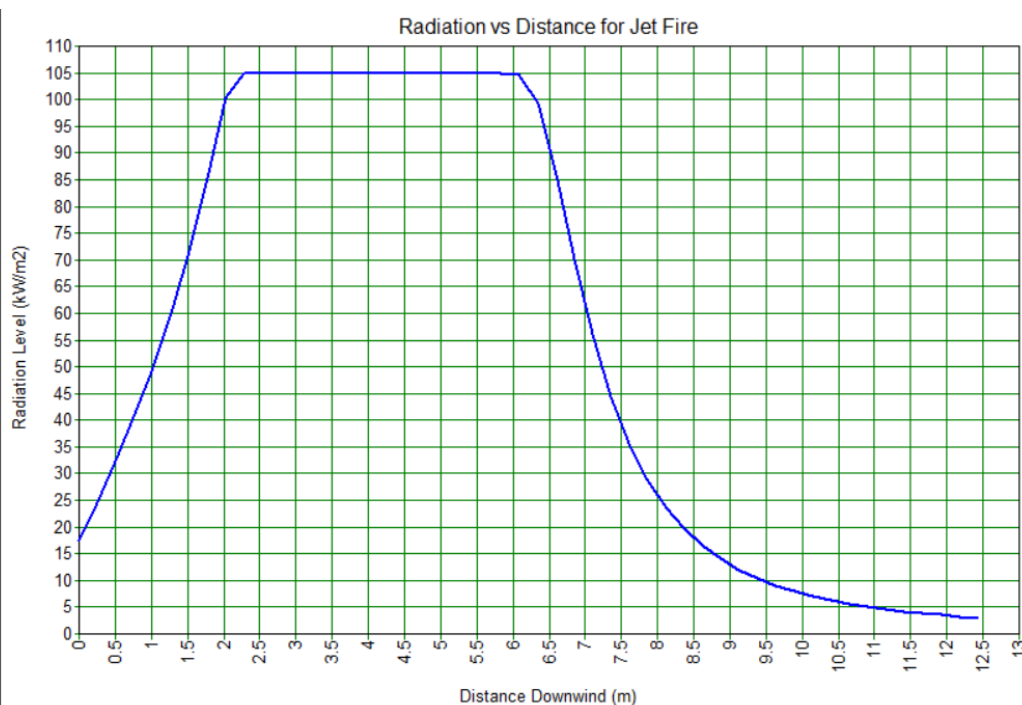
De warmtestraling van een fakkelflame van een leiding met waterstof en met methaan, beiden met een inwendige diameter van 110 mm en een druk van 100 mbar, worden hieronder weergegeven.



Figuur 4: Warmtestraling tegen afstand voor een waterstofleiding, 100 mbar, 110 mm.

Study Folder: Waterstof
Run Row: Dag
Audit No: 11592
Model: methaan 0,1 bar, 110 mm
Weather: D 9 m/s
Material: METHANE
Weathers

— D 9 m/s



Figuur 5: Warmtestraling tegen afstand voor een aardgasleiding, 100 mbar, 110 mm.

Uit de berekeningen volgt ook het plaatsgebonden risico. Hiervoor is een faalfrequentie van $3,74 \cdot 10^{-5}$ per km per jaar aangenomen (zie paragraaf 2.3). De berekening wijst uit dat een plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar niet wordt bereikt. Deze conclusie geldt zowel voor waterstof als voor aardgas.

De 10^{-7} per jaar PR-contour ligt voor waterstof op 0,1 meter uit de leiding. Voor aardgas ligt deze op 2,4 meter uit de leiding.

3.3 8 bar, 110 mm

De warmtestraling van een fakkelbrand van een leiding met waterstof en met methaan, beiden met een inwendige diameter van 110 mm en een druk van 8 bar, worden hieronder weergegeven.

Study Folder: Waterstof
Run Row: Dag
Audit No: 11634
Model: waterstof 8 bar, 110 mm
Weather: D 9 m/s
Material: HYDROGEN
Weathers

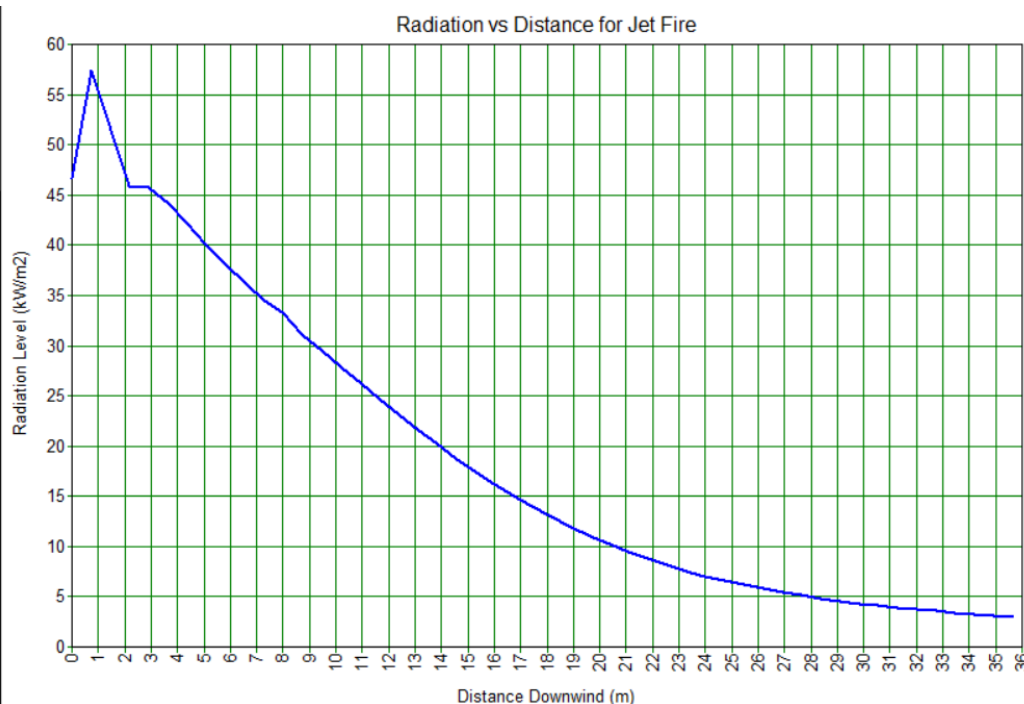
— D 9 m/s



Figuur 6: Warmtestraling tegen afstand voor een waterstofleiding, 8 bar, 110 mm.

Study Folder: Waterstof
Run Row: Dag
Audit No: 11634
Model: methaan 8 bar, 110 mm
Weather: D 9 m/s
Material: METHANE
Weathers

— D 9 m/s



Figuur 7: Warmtestraling tegen afstand voor een aardgasleiding, 8 bar, 110 mm.

Uit de berekeningen volgt ook het plaatsgebonden risico. Hiervoor is een faalfrequentie van $3,74 \cdot 10^{-5}$ per km per jaar aangenomen (zie paragraaf 2.3). De berekening wijst uit dat een plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar niet wordt bereikt. Deze conclusie geldt zowel voor waterstof als voor aardgas.

Voor waterstof wordt er ook geen PR van 10^{-7} per jaar bereikt. De 10^{-8} per jaar PR-contour ligt voor waterstof op 6 meter uit de leiding. Voor aardgas wordt een PR van 10^{-7} per jaar wel bereikt. Bij aardgas ligt de 10^{-7} per jaar PR-contour op 10 meter uit de leiding en de 10^{-8} per jaar PR-contour op 17 meter uit de leiding.

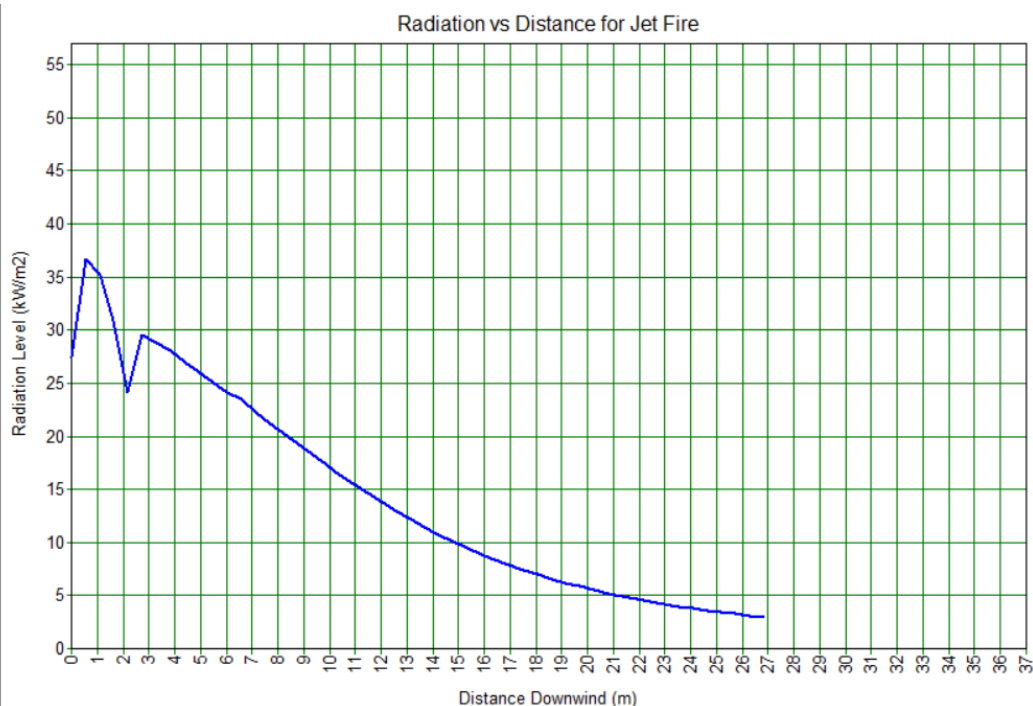
Het is opmerkelijk dat bij waterstof in deze leidingconfiguratie het PR van 10^{-7} per jaar niet wordt bereikt, terwijl dit bij een druk van 100 mbar wel gebeurt. In paragraaf 4 wordt dit nader geanalyseerd.

3.4 8 bar, 114,3 mm

De warmtestraling van een fakkelbrand van een leiding met waterstof en met methaan, beiden met een inwendige diameter van 114,3 mm en een druk van 8 bar, worden hieronder weergegeven.

Study Folder: Waterstof
Run Row: Dag
Audit No: 12020
Model: waterstof 8 bar, 114,3 mm
Weather: D 9 m/s
Material: HYDROGEN
Weathers

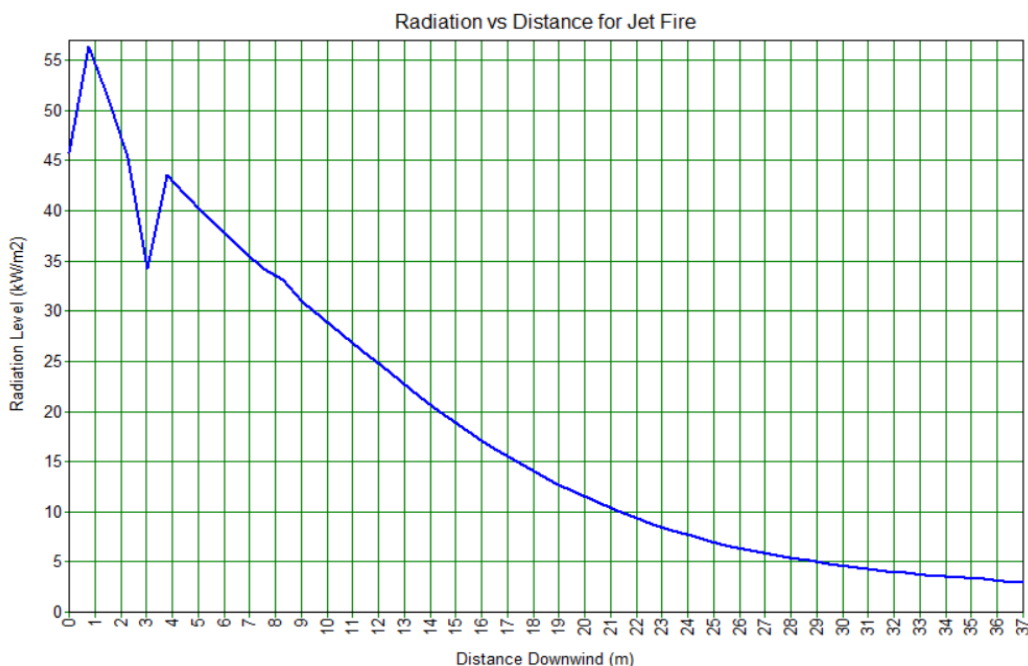
— D 9 m/s



Figuur 8: Warmtestraling tegen afstand voor een waterstofleiding, 8 bar, 114,3 mm.

Study Folder: Waterstof
Run Row: Dag
Audit No: 12020
Model: methaan 8 bar, 114,3 mm
Weather: D 9 m/s
Material: METHANE
Weathers

— D 9 m/s



Figuur 9: Warmtestraling tegen afstand voor een aardgasleiding, 8 bar, 114,3 mm.

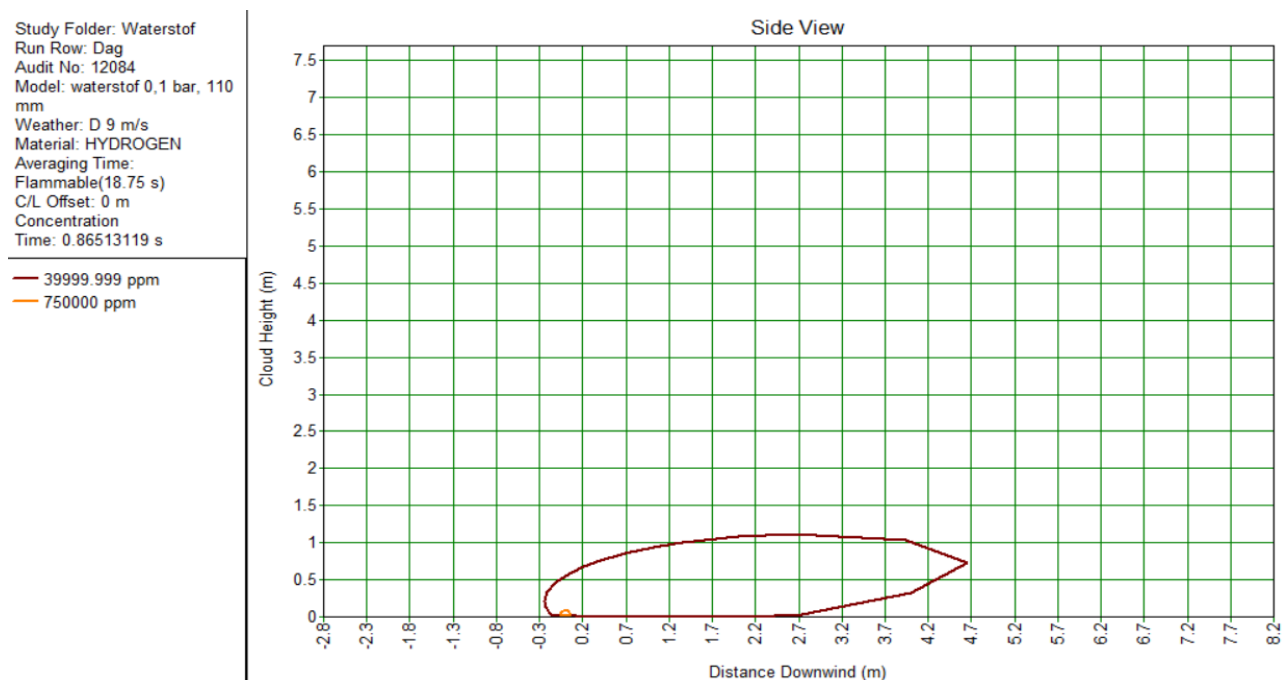
Uit de berekeningen volgt ook het plaatsgebonden risico. Hiervoor is een faalfrequentie van $3,74 \cdot 10^{-5}$ per km per jaar aangenomen (zie paragraaf 2.3). De berekening wijst uit dat een plaatsgebonden risico van 10^{-6} per jaar niet wordt bereikt. Deze conclusie geldt zowel voor waterstof als voor aardgas.

Voor waterstof ligt de 10^{-7} per jaar PR-contour op 3,6 meter uit de leiding. Voor aardgas ligt deze contour op 10,6 meter uit de leiding.

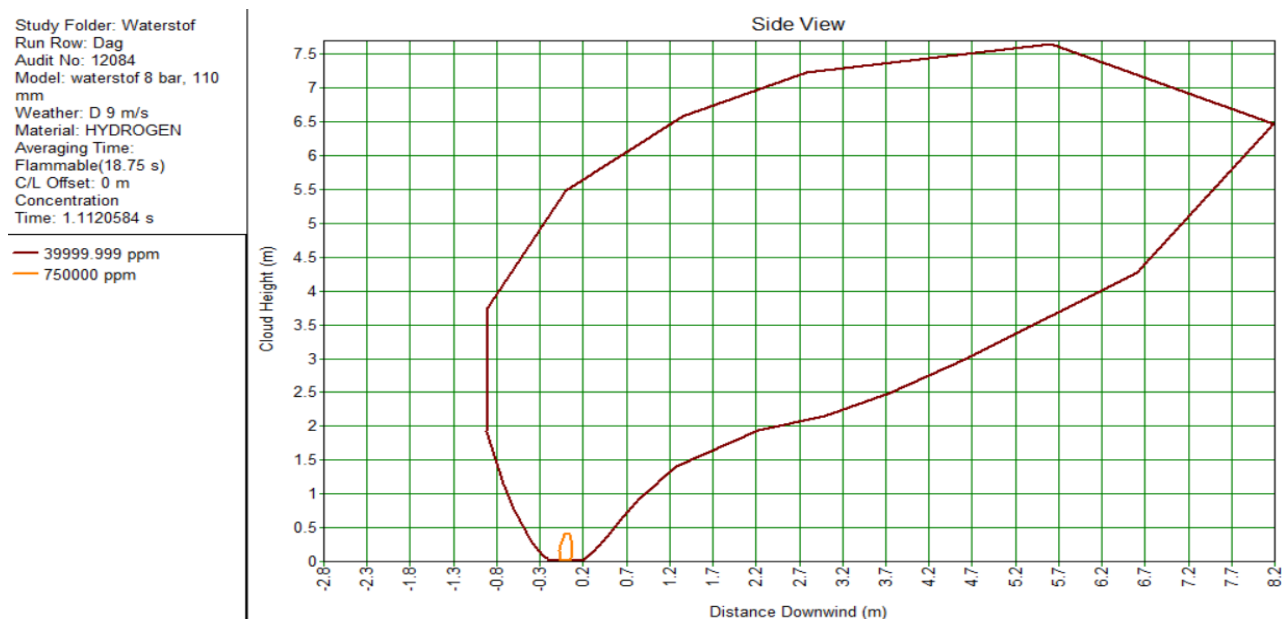
4 OVERIGE OBSERVATIES

Zoals eerder opgemerkt, is het berekende plaatsgebonden risico (PR) van een 8 bar, 110 mm waterstofleiding kleiner dan van dezelfde leiding op 100 mbar. Nadere analyse heeft uitgewezen dat dit waarschijnlijk veroorzaakt wordt door de uitstroomsnelheid.

De volgende twee figuren tonen de wolken van waterstof die er ontstaan bij 100 mbar en bij 8 bar:



Figuur 10: Wolk van waterstof bij een breuk van een 100 mbar, 110 mm leiding. De buitenste kring is de LFL, de binnenste kring de UFL.



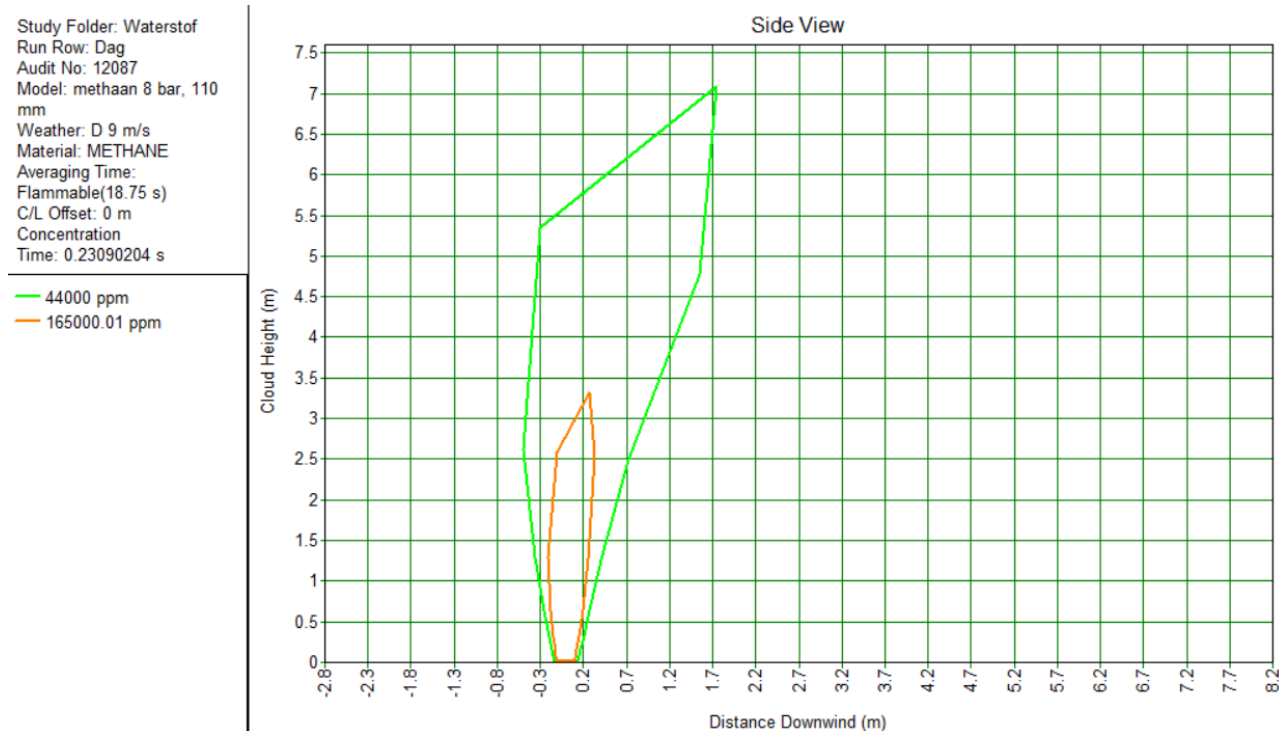
Figuur 11: Wolk van waterstof bij een breuk van een 8 bar, 110 mm leiding. De buitenste kring is de LFL, de binnenste kring de UFL.

Zoals te zien in de plaatjes, blijft de wolk vanwege de lagere snelheid van het gas bij 100 mbar lager bij de grond dan bij 8 bar. Dit is een mogelijke verklaring voor het feit dat het PR lager is bij 8 bar dan bij 100 mbar.

Ter illustratie worden dezelfde grafieken van dezelfde leidingconfiguraties, maar dan met aardgas, weergegeven in de volgende twee figuren.



Figuur 12: Wolk van aardgas bij een breuk van een 100 mbar, 110 mm leiding. De buitenste kring is de LFL, de binnenste kring de UFL.



Figuur 13: Wolk van aardgas bij een breuk van een 8 bar, 110 mm leiding. De buitenste kring is de LFL, de binnenste kring de UFL.



De grafiek van de warmtestraling heeft een aantal keren een brokkelig verloop (zoals Figuur 2). Navraag bij de helpdesk van Safeti-NL heeft uitgewezen dat dit een afrondingsverschijnsel is, dat weliswaar zorgt voor een lelijk beeld, maar niet leidt tot andere conclusies van de berekeningen.

Het is niet duidelijk hoe het kan dat het PR van een 114,3 mm waterstofleiding aanzienlijk veel groter is dan van een 110 mm leiding op gelijke druk.

5 CONCLUSIES

De berekeningen wijzen uit dat de warmtestraling, en daarmee de letaliteit en het risico als gevolg van deze warmtestraling, van waterstof kleiner is dan van aardgas onder identieke condities.

Achter deze uitkomsten zit een vrij complexe modellering van de uitstroming, de dispersie en de verbrandingseigenschappen van beide media, en het effect van de weersomstandigheden. Deze modellering is ingebouwd in Safeti-NL en is niet gemakkelijk inzichtelijk te maken. Specifiek over de dispersie is in paragraaf 4 al getoond dat de uitstroming bij hogere druk kan leiden tot een zodanig andere dispersie dat het resulterende risico lager is.

De leidingconfiguraties die in dit rapport worden onderzocht vallen buiten het bereik van de HRB, omdat de druk lager is dan 16 bar. Er is geen rekenmethodiek en faalfrequentie voorgeschreven voor deze leidingen op lagere druk, daarom is de HRB-methodiek zo goed mogelijk overgenomen. Het is dus mogelijk dat de berekende waarden voor de PR-contour niet de werkelijke waarden zijn. De uitkomsten geven alleen inzicht in de verhouding tussen de letaliteit en het risico van enerzijds waterstof, en anderzijds aardgas.

De uitkomsten van de berekeningen worden samengevat in de volgende tabel:

	waterstof		aardgas	
	Piek warmte kW/m ²	Afstand PR	Piek warmte kW/m ²	Afstand PR
100 mbar – 63 mm	83	10 ⁻⁶ : nvt 10 ⁻⁷ : nvt 10 ⁻⁸ : 3,3 m	60	10 ⁻⁶ : nvt 10 ⁻⁷ : nvt 10 ⁻⁸ : 4,5 m
100 mbar – 110 mm	101	10 ⁻⁶ : nvt 10 ⁻⁷ : 0,1 m	105	10 ⁻⁶ : nvt 10 ⁻⁷ : 2,4 m
8 bar – 110 mm	38	10 ⁻⁶ : nvt 10 ⁻⁷ : nvt 10 ⁻⁸ : 6 m	57	10 ⁻⁶ : nvt 10 ⁻⁷ : 10 m 10 ⁻⁸ : 17 m
8 bar – 114 mm	37	10 ⁻⁶ : nvt 10 ⁻⁷ : 3,6 m	56	10 ⁻⁶ : nvt 10 ⁻⁷ : 10,6 m

Tabel 2: Uitkomsten van de berekeningen



6 REFERENTIES

- [1] Handleiding Risicoberekeningen Besluit externe veiligheid buisleidingen. RIVM. Versie 2.0, 1 juli 2014.
- <https://www.rivm.nl/dsresource?objectid=670ab61b-3f82-4b5d-b51a-d9cbef9b6099&type=org&disposition=inline>

APPENDIX: WIJZE VAN INVOEREN VAN DE SCENARIO'S

Hieronder volgt een serie screenshots die laten zien hoe een scenario is ingevoerd. De overige scenario's zijn op vergelijkbare wijze ingevoerd.

The screenshots show the following configuration details:

- Material:** Discharge Material: HYDROGEN (CAS Id: 1333740, Scope: Global). Inventory: Mass (kg) or Volume (m3). Process Conditions: Temperature 9.8 degC, Pressure (gauge) 8 bar, Phase: Vapor, Fluid Type: Pressurized gas. Material to Track: HYDROGEN (CAS Id: 1333740).
- Risk:** Frequencies and probabilities: Event Probability (fraction), Supply probability of non-ignition, Probability of immediate ignition (Specify directly: 1). Type of risk effects to model: Toxic, Flammable (selected), Both. Model risk effects for vertical jet fires, Ignore Fireball risks (Eg. if a Mounded Tank).
- Scenario:** Scenario Type: Catastrophic Rupture, Leak, Line Rupture, Disc Rupture, Vent from Vapor Space, Fixed Duration, Long Pipeline (selected), Relief Valve, Tank Roof Failure. Outdoor / In-Building Release: Outdoor Release (selected), In-Building Release, Droplets: Trapped, Indoor Vapour Mass Modification Factor: 3. Building Wake Effect: Roof / Lee Effect, Chimney Effect. Phase to be Released: Vapor (selected), Liquid, Two-Phase. Tank Roof Effect: Roof Collapsed, Roof Removed, Model Effect: Instantaneous effects. Basic scenario data: Hole Diameter (mm), Gas Volume Flow (m3/hr), Pump Head (m), Duration (for fixed duration releases) (600 s), Supply Discharge Coefficient, Vessel burst pressure used in fireball calculations (g) (bar).
- Pipe:** Pipe Length: 50000 m, Internal Diameter: 114.3 mm, Pipe Roughness: 0.045 mm. Short Pipeline Model: Excess Flow, Non-return, Shut-Off, Number of valves (0). Long Pipeline Model: Distance to Break: 25000 m, Pumped Inflow (0 kg/s), Relative Aperture (Area) (1 fraction), Use Ambient temp. Pipe Wall: Material, Thickness (mm). Valves: Cut, Add, Valve Dista (m), Valve Closi (s), Valves Close.

Vessel/Pipe : waterstof 8 bar, 114,3 mm

Material

Risk

Scenario

Pipe

Vessel

Location

Geometry

Bund Data

☐ Time Varying Release
 Tank Head m

Rates versus time
 Duration of Interest s

☐ Average rates
 ☐ Rate at given time s
 ☒ Rate between two times s
 ☐ Multiple rates

Dimensions
 Tank Type
 Height of Discharge from Vessel bottom m
 Height m
 Width m
 Length m
 Diameter m

Construction
 Material
 Thickness mm
 Roof
 Insulation

Notes:

OK Cancel Help

Vessel/Pipe : waterstof 8 bar, 114,3 mm

Material

Risk

Scenario

Pipe

Vessel

Location

Geometry

Bund Data

Release
 Elevation m

Distances for radiation modeling and dispersion scope
 Distances m

Concentration for terminating dispersion
 Concentration of interest ppm
 Uses averaging time s

Averaging times to be used in reports
 ☐ User-defined s
 Toxics
 ☐ NLIV (1 hr)
 ☐ IDLH (30 mins)
 ☐ STEL (15 mins)

Notes:

OK Cancel Help

Vessel/Pipe : waterstof 8 bar, 114,3 mm

Material

Risk

Scenario

Pipe

Vessel

Location

Geometry

Bund Data

Shape
 System
 Location Offset
 East m
 North m
 The location is derived from the route co-ordinates and cannot be set in this window.

Notes:

OK Cancel Help

Vessel/Pipe : waterstof 8 bar, 114,3 mm

Pipe

Vessel

Location

Geometry

Bund Data

Indoor/Outdoor

☐ Bund exists
 Bund modeling
 Height m
 Bund Failure:
 Surface type
 Area m2

Properties of user-defined bund surface
 Minimum Thickness mm
 Thermal diffusivity m2/s
 Roughness factor
 Thermal conductivity kJ/m.s.degK

Notes:

OK Cancel Help

Vessel/Pipe : waterstof 8 bar, 114,3 mm

?

×

Pipe

Vessel

Location

Geometry

Bund Data

Indoor/Outdoor

Outdoor Release

Direction

Vertical

 by deg

In-Building Release

⌕

Natural Ventilation

Air changes

4

 /hr

C

Forced Ventilation

Vent Location

Exhaust Diameter m

Vent Flowrate m3/hr

Building Size and Orientation

Height m

Width m

Length m

Building Angle deg

Wind Angle deg

Chimney Height m

Chimney Diameter m

Notes:

OK

Cancel

Help



About DNV GL

DNV GL is a global quality assurance and risk management company. Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, we enable our customers to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification, technical assurance, software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas, power and renewables industries. We also provide certification, supply chain and data management services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our experts are dedicated to helping customers make the world safer, smarter and greener.