



Risicoanalyse / H2-tankstation Leeuwarden

Project 214765
Datum 18 januari 2022

Opdrachtgever
ContrAll
t.a.v. [REDACTED]
Postbus 525
7300 AM Apeldoorn

Risicoanalyse / H2-tankstation Leeuwarden

Project 214765

Datum 18 januari 2022

Auteur(s) [REDACTED]
Versie nr. 1.2

Opdrachtgever ContrAll
t.a.v. [REDACTED]
Postbus 525
7300 AM Apeldoorn

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Beschrijving inrichting	5
2.1 H2-installatie	5
2.2 Situatietekening	5
3 Ongevalsscenario's waterstof	7
3.1 Selectie van bedrijfsonderdelen	7
3.2 Initiële faalfrequentie	7
3.3 Flessenpakket	Error! Bookmark not defined.
3.4 Hoge druk bufferopslag	8
3.5 Compressorsysteem	10
3.6 Ongevalsscenario's 700 bar dispenser	11
4 Overige aspecten	12
4.1 Parameters	12
4.2 Aanwezigheid rond de inrichting	12
5 Resultaat risicoberekening	14
5.1 Plaatsgebonden risico	14
5.2 Groepsrisico	15
5.3 Effectafstand	15
6 Conclusie	16
Referenties	17

1 Inleiding

Het voornemen is een tankstation met een waterstofinstallatie te plaatsen op bedrijventerrein Hemrik in Leeuwarden. In het kader van het aanpassen van het bestemmingsplan is deze risicoanalyse opgesteld. Voor de H2-installatie wordt het extern veiligheidsrisico berekend conform de landelijke voorschriften.

Hoofdstuk 2 bevat een korte beschrijving van de inrichting. In hoofdstuk 3 worden de ongevalsscenario's voor waterstof beschreven. Hoofdstuk 4 bevat o.a. de modellering van de omgeving van de inrichting. Hoofdstuk 5 bevat het berekende plaatsgebonden risico, het groepsrisico en de effectafstanden. Het berekende risiconiveau wordt hier getoetst aan de normstelling externe veiligheid voor inrichtingen. Hoofdstuk 6 tenslotte bevat de conclusie.

2 Beschrijving inrichting

2.1 H2-installatie

Het waterstofvulstation bestaat uit een aantal componenten:

1. Flessenpakketen met waterstof op 300 bar.
2. Compressie en opslag voor de 700 bar vulinstallatie (maximale druk 950 bar(g)).
3. Dispenser voor de 700 bar vulinstallatie.

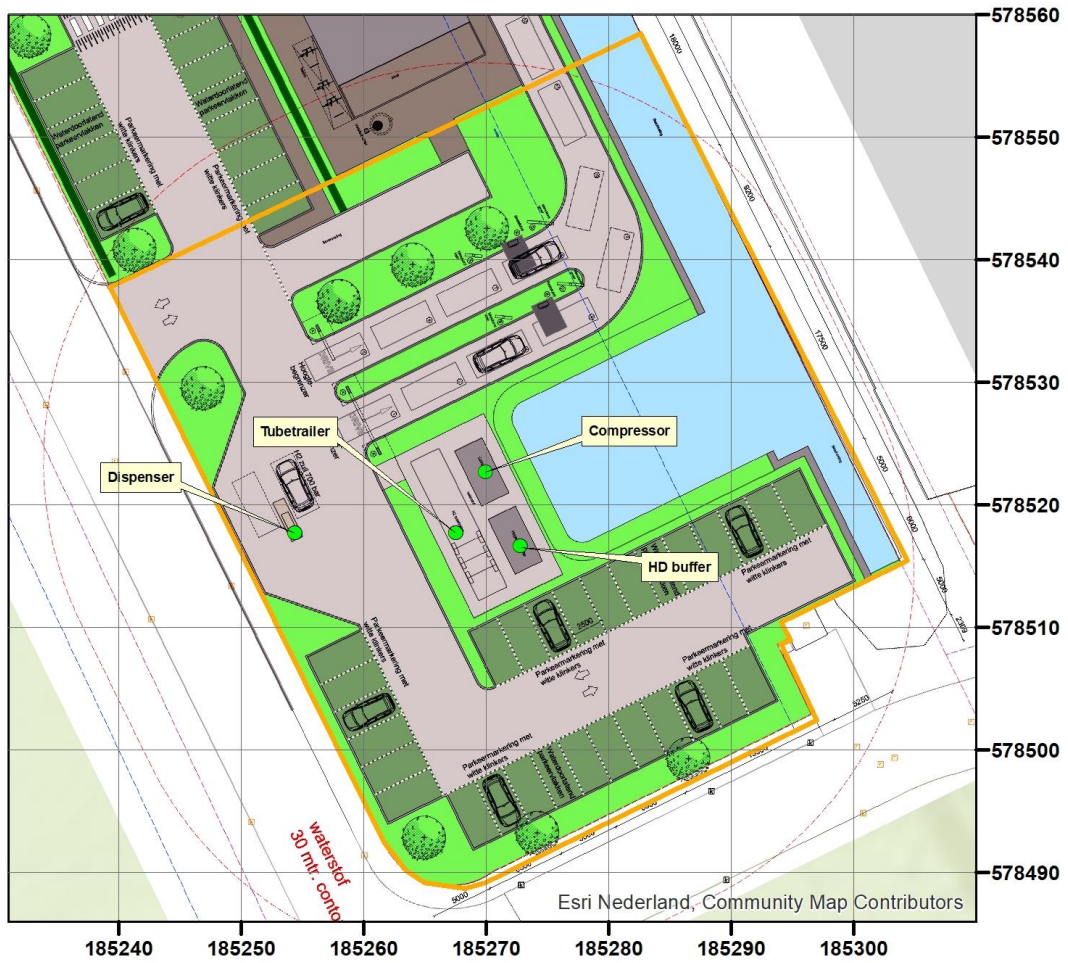
De waterstof wordt aangeleverd met flessenpakketten die worden uitgewisseld. Er staan maximaal 5 flessenpakketten. Daarna vindt compressie plaats in een cascadebuffer tot 300 bar(g), 480 bar(g) en 950 bar(g). Vervolgens wordt een waterstofvoertuig via de dispenser tot 700 bar(g) afgevuld.

De doorzet is 75 ton waterstof per jaar. Deze wordt evenredig verdeeld over beide dispensers.

Voor de overige gegevens wordt verwezen naar de aanvraag voor de omgevingsvergunning.

2.2 Situatietekening

Figuur 2 toont schematisch de situatietekening van de inrichting met de positie van de belangrijkste onderdelen van de installatie.



Figuur 1. Situatietekening

3 Ongevalsscenario's waterstof

In dit hoofdstuk worden alle uitgangspunten getoond voor de aangevraagde situatie van de waterstof installatie.

3.1 Selectie van bedrijfsonderdelen

De risicoanalyse is uitgevoerd voor het waterstofvulstation. De volgende insluitsystemen en/of activiteiten zijn gemodelleerd voor het 700 bar station:

- De continu aanwezige flessenpakketten.
- De compressoren.
- De bufferopslagen met cilinders.
- De losverbinding tussen de dispenser en het motorvoertuig.

De compressoren zijn opgesteld in een omkasting. Voor de risicoanalyse is de invloed van de omkasting op de gevolgen van de ongevalsscenario's niet gemodelleerd. Met Safeti-NL is het niet goed mogelijk om de gevolgen van het vrijkomen van een gas in een omkasting te modelleren. Aangenomen is dat de waterstof in de open lucht vrijkomt.

3.2 Initiële faalfrequentie

Tabel 1 toont de initiële faalfrequentie voor onderdelen van de installatie zoals voorgeschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1] en een specifiek rekenvoorschrift voor gascilinders [2] en een notitie voor waterstof tankstations [3]. De faalfrequentie van een cilinder wordt gebruikt wanneer het volume maximaal 150 l is, in alle andere gevallen wordt de faalfrequentie van een drukvat gehanteerd.

Component	Faalwijze	Frequentie
Cilinder	Breuk	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Lekkage 3.3 mm gat	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Brand in de omgeving van de gascilinder	Zie tekst
Cilinderpakket	Zie tekst	Zie tekst
Compressor	Breuk	$1.0 \cdot 10^{-4}$ /jr
	Lekkage	$4.4 \cdot 10^{-3}$ /jr
Losslang	Breuk	$4.0 \cdot 10^{-6}$ /uur
	Lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur

Tabel 1. Initiële faalfrequentie onderdelen van de installatie

Voor een cilinderpakket met N gascilinders dient alleen het scenario 'instantaan falen' meegenomen te worden met een faalfrequentie gelijk aan $N \times 5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr. Bij het instantaan

falen van één gascilinder zal de gehele inhoud van het cilinderpakket vrijkomen. De uitstroming kan worden beschouwd als het instantaan falen van de eerste cilinder, waarna de inhoud van de overige N - 1 cilinders door middel van een 5 mm gat uitstroomt. Het instantaan falen van het gehele cilinderpakket wordt niet aannemelijk geacht.

Het is niet aannemelijk dat een langdurige brand uitbreekt door het falen van een cilinder met brandbaar gas. Daarvoor is de inhoud van een gascilinder namelijk te klein. Wel kan een brand uitbreken door de aanwezigheid van brandbare (vloeistof)stoffen in de directe nabijheid van de opslaglocatie, waardoor gascilinders worden aangestraald (of midden in een plasbrand komen te staan). Pas bij een langdurige brand zal een deel van de opgeslagen cilinders kunnen falen. Het meenemen van het brandscenario is dus afhankelijk van locatiespecifieke omstandigheden. In veel gevallen kan dit scenario worden uitgesloten.

- Wanneer er geen brandbare vloeistoffen en vaste stoffen in de nabijheid van een opslag van gascilinders aanwezig zijn, worden de scenario's "plasbrand" en "brand overig" niet aannemelijk geacht.
- Voor scenario "gevelbrand" geldt dat het betreffende gebouw volgens de PGS 15 richtlijn in ieder geval 60 minuten brandwerend dient te zijn uitgevoerd. Desondanks is een gevelbrand niet volledig uit te sluiten.
- Scenario "brand in een in pandige opslag" tenslotte wordt niet aannemelijk geacht indien de constructie van de betreffende opslagruimte van onbrandbaar materiaal is vervaardigd en er geen brandbare vloeistoffen en vaste stoffen in zowel dezelfde ruimte als in aangrenzende ruimten zijn opgeslagen. De effecten van een in pandige opslag worden gemodelleerd als buiten zijnde.
- Indien brandbare vloeistoffen in de nabijheid van gascilinders aanwezig zijn, kan een plasbrand ontstaan waarbij simultaan falen van meerdere gascilinders niet is uit te sluiten. Bij opslagen van cilinders met brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen resulteert dit in gecumuleerde warmtestraling, hetgeen tot grotere effectafstanden zal leiden. Bij de overige gassen heeft het simultaan falen geen extra effecten tot gevolg.

Indien brand niet kan worden uitgesloten, moet de kans op brand van $1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr voor elke opslag afzonderlijk toegepast worden.

Voor deze installatie wordt een brand in de omgeving van de gascilinders door bovenstaande oorzaken uitgesloten geacht.

3.3 Tubetrailer

De aanvoer van waterstof vindt plaats met tubetrailers. Er is één opstelplaats waar een trailer kan worden neergezet voor het lossen. Voor het modeleren van de trailer wordt uitgegaan van een tubetrailer met 9 tubes van elk 2000 l. De druk is 300 bar(g). Per trailer wordt circa 380 kg waterstof aangevoerd. Conservatief wordt aangenomen dat de trailer continu aanwezig is. De trailer wordt met een composiet slang gekoppeld aan de installatie. De inwendige diameter van de slang is 9.53 mm. Voor de kans op een vuurbal door brand in de omgeving wordt aangenomen dat het vulpunt buiten de toetsingsafstanden ligt. Tabel 8 toont

de ongevalsscenario's per pakket. Voor de uitstroomduur wordt het totale volume van de tubetrailer van 18 m³ gebruikt.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	8760 (uur per jaar aanwezig)/ 8760 (uur per jaar) x 9 (aantal tubes) x 5.0 10 ⁻⁷ (frequentie per jaar)
Continu grootste aansluiting	8760 (uur per jaar aanwezig)/ 8760 (uur per jaar) x 9 (aantal tubes) x 5.0 10 ⁻⁷ (frequentie per jaar)
Vuurbal brand tijdens verlading	8760 (uur per jaar aanwezig) x 5.8 10 ⁻¹⁰ (frequentie vuurbal per uur)
Vuurbal brand in omgeving	8760 (uur per jaar aanwezig) x 4.0 10 ⁻⁹ (frequentie vuurbal per uur)
Vuurbal externe impact	8760 (uur per jaar aanwezig) x 5.0 10 ⁻¹¹ (frequentie vuurbal per uur)
Breuk slang	8760 (uur per jaar aanwezig) x 4.0 10 ⁻⁷ (frequentie breuk per uur in bedrijf)
Lekkage slang	8760 (uur per jaar aanwezig) x 4.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	4.5 10 ⁻⁶	63 kg	Maximale inhoud van één tube
Continu grootste aansluiting	4.5 10 ⁻⁶	1.1 kg/s	Gatgrootte 9.53 mm, uitstroomduur 565 s.
Vuurbal brand tijdens verlading	5.1 10 ⁻⁶	63 kg	Maximale inhoud van één tube
Vuurbal brand in omgeving	3.5 10 ⁻⁵	63 kg	Maximale inhoud van één tube
Vuurbal externe impact	4.4 10 ⁻⁷	63 kg	Maximale inhoud van één tube
Breuk slang	3.5 10 ⁻²	1.1 kg/s	Gatgrootte 9.53 mm, uitstroomduur 565 s.
Lekkage slang	3.5 10 ⁻¹	0.01 kg/s	Gatgrootte 0.953 mm, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 2. Ongevalsscenario's van de tubetrailer

3.4 Hoge druk bufferopslag

De hoge druk bufferopslag bestaat uit drie verschillende buffers met ieder een eigen druk. Bij het afnemen van waterstof zal dit in cascade worden gevuld afhankelijk van de benodigde druk. Nadien zullen deze buffers door het compressiestation opnieuw wordt gevuld. Buffer opslag totaal is 300 l, verdeeld over zes cilinders. Dit is onderverdeeld in de drukken 300 bar, 480 bar en 950 bar.

Tabel 3 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalsscenario's. Er is aangenomen dat de bufferopslag kan worden beschouwd als één flessenpakket. De kans op instantaan falen van een cilinder is dan $6 \times 5.0 \cdot 10^{-7} = 3.0 \cdot 10^{-6}$ /jr. Daarna vindt uitstroming plaats van de gehele inhoud van het pakket door een gat van 5 mm. In Safeti-NL is het niet mogelijk om beide bronsterktes in één scenario te modelleren. Er wordt daarom apart een instantaan en een continu scenario doorgerekend. Conservatief wordt alleen van de hoogste druk uitgegaan.

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$3.0 \cdot 10^{-6}$	2.4 kg	Maximale inhoud van één buffer
Continu 5 mm	$3.0 \cdot 10^{-6}$	0.87 kg/s	Inhoud van 250 l (rest van de buffer), uitstroomduur 14 s.

Tabel 3. Ongevalsscenario's hoge druk bufferopslag

3.5 Compressorsysteem

Aangenomen is dat de compressor continu in gebruik zal zijn. Tabel 4 toont de ongevalsscenario's. Voor de berekening van de bronsterkte is uitgegaan van de kenmerken van het leidingwerk voor de compressor en de druk en inhoud van één flessenpakket.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk	$1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
Lekkage	$4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	$1.0 \cdot 10^{-4}$	0.27 kg/s	Diameter 8 mm, lengte 5 m, uitstroomduur 62 s.
Lekkage	$4.4 \cdot 10^{-3}$	< 0.01 kg/s	Diameter 0.8 mm, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 4. Ongevalsscenario's compressor

3.6 Ongevalsscenario's 350 bar dispenser

De doorzet van deze dispenser is 37.5 ton waterstof per jaar. Het afleverdebiet is gemiddeld 0.06 kg/s, zodat de dispenser maximaal circa 164 uur van het jaar in gebruik is. De afleverleiding is voorzien van een flowmeter met een doorstroombegrenzer. Bij breuk van de slang is de kans dat de doorstroombegrenzer niet werkt gelijk aan 0.06. Als de doorstroombegrenzer wel werkt is de uitstroomduur 5 s. De gevolgen van een lekkage zijn verwaarloosbaar, het noodstopsysteem is voor dit scenario niet gemodelleerd. De bronsterkte is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 30 m. Tabel 5 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk noodstop Ok	$164 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.94 \text{ (kans noodstop succesvol)}$
Breuk noodstop niet Ok	$164 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.06 \text{ (kans noodstop niet succesvol)}$
Lekkage	$164 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-5} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)}$

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk noodstop Ok	$6.2 \cdot 10^{-4}$	0.18	Diameter 8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 5 s.
Breuk noodstop niet Ok	$3.9 \cdot 10^{-5}$	0.18	Diameter 8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 50 s.
Lekkage	$5.6 \cdot 10^{-3}$	0.01	Diameter 0.8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 5. Ongevalsscenario's dispenser 350 bar station

3.7 Ongevalsscenario's 700 bar dispenser

De doorzet van deze dispenser is 37.5 ton waterstof per jaar. Het afleverdebiet is gemiddeld 0.06 kg/s, zodat de dispenser maximaal circa 164 uur van het jaar in gebruik is. De afleverleiding is voorzien van een flowmeter met een doorstroombegrenzer. Bij breuk van de slang is de kans dat de doorstroombegrenzer niet werkt gelijk aan 0.06. Als de doorstroombegrenzer wel werkt is de uitstroomduur 5 s. De gevolgen van een lekkage zijn verwaarloosbaar, het noodstopsysteem is voor dit scenario niet gemodelleerd. De bronsterkte is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 30 m. Tabel 6 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk noodstop Ok	$164 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.94 \text{ (kans noodstop succesvol)}$
Breuk noodstop niet Ok	$164 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.06 \text{ (kans noodstop niet succesvol)}$
Lekkage	$164 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-5} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)}$

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk noodstop Ok	$6.2 \cdot 10^{-4}$	0.33	Diameter 8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 5 s.
Breuk noodstop niet Ok	$3.9 \cdot 10^{-5}$	0.33	Diameter 8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 44 s.
Lekkage	$5.6 \cdot 10^{-3}$	0.02	Diameter 0.8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 6. Ongevalsscenario's dispenser 700 bar station

4 Overige aspecten

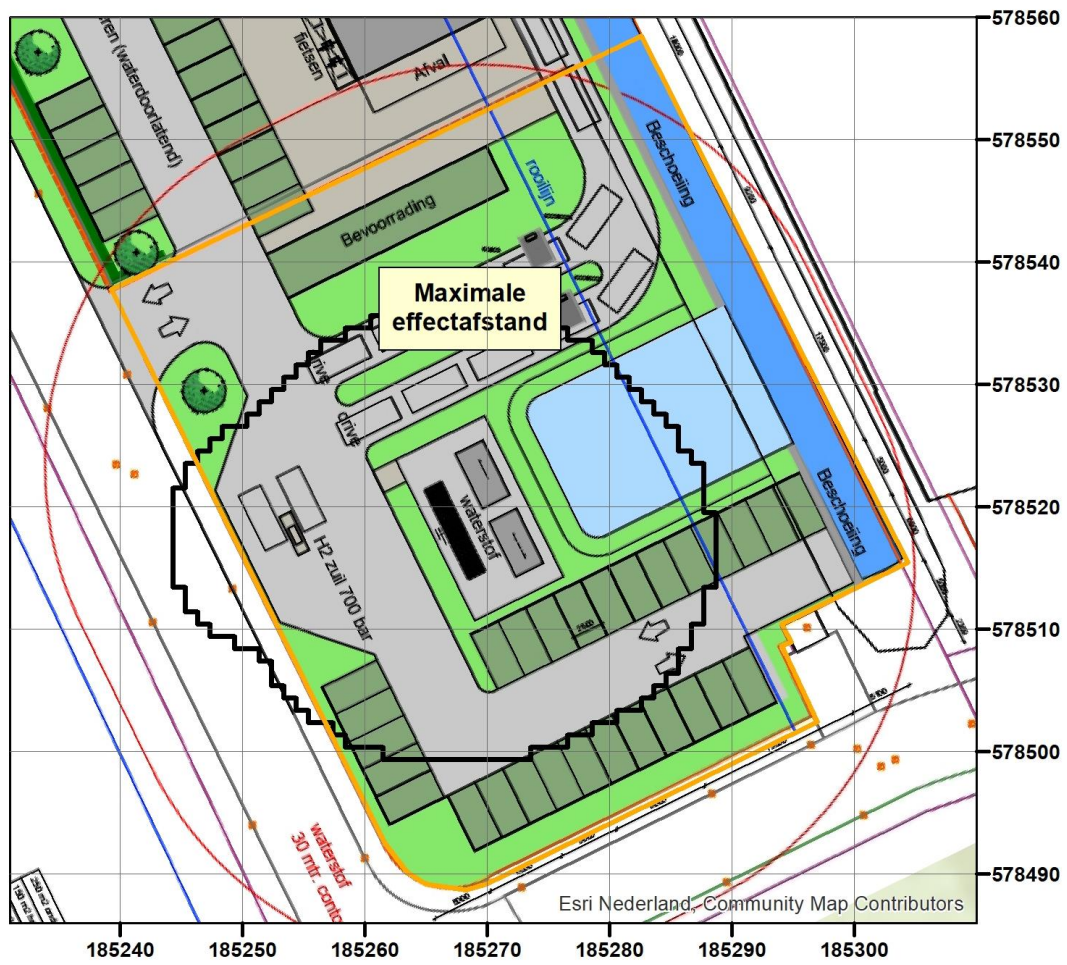
4.1 Parameters

De standaard parameters van Safeti-NL versie 8.3 zijn gebruikt voor de berekening. De gegevens voor het weerstation Leeuwarden worden gebruikt voor de kans op het voorkomen van een bepaalde weersklasse. Voor de ruwheidslengte is de standaard waarde van 0.3 m gehanteerd.

Voor waterstof is de kans op directe ontsteking gelijk aan 1.0 [3]. Er zijn daarom geen externe ontstekingsbronnen gemodelleerd.

4.2 Aanwezig rond de inrichting

Figuur 2 toont het invloedsgebied rond de inrichting begrensd door de maximale effectafstand veroorzaakt door de toekomstige situatie (zie hoofdstuk 5.3). Binnen het invloedsgebied bevindt zich geen bebouwing van derden en zijn geen personen aanwezig. Parkeerplaatsen worden conform de Handreiking Verantwoording Groepsrisico niet meegenomen [4].



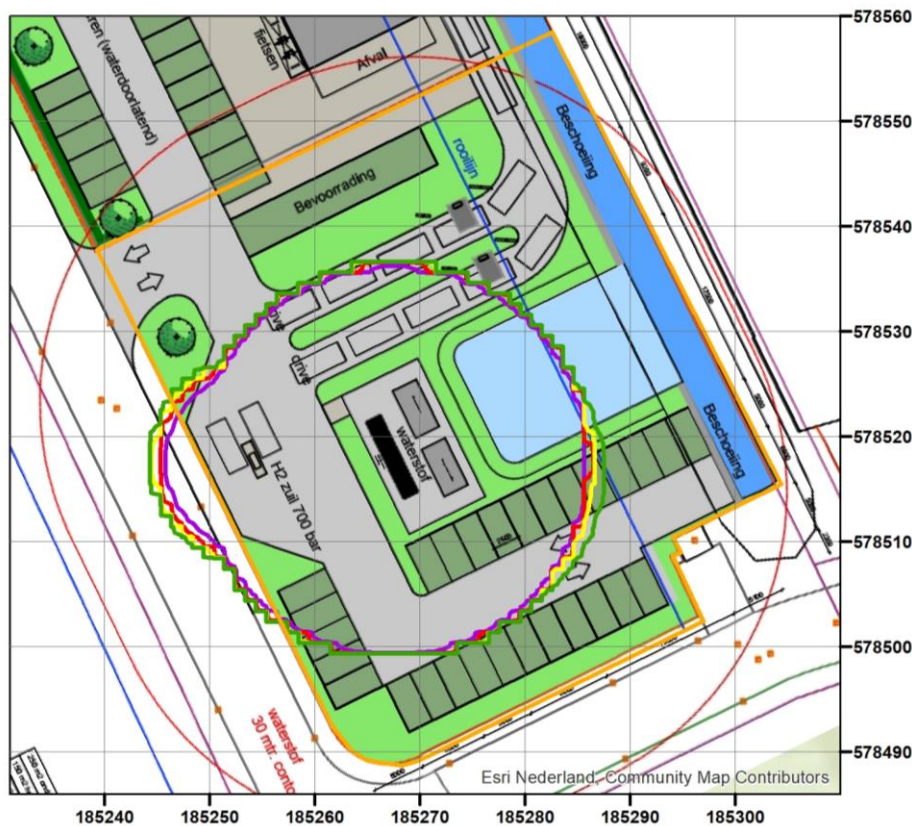
Figuur 2. Bevolkingsgebieden rond de inrichting

5 Resultaat risicoberekening

5.1 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico is de kans per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats in de omgeving van een inrichting bevindt, overlijdt door een ongeval met gevaarlijke stoffen. Plaatsen met een gelijk risico worden door risicocontouren op een kaart weergegeven. Het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr dient volgens het Bevi (Besluit externe veiligheid inrichtingen) gehanteerd te worden als grenswaarde voor kwetsbare objecten en als richtwaarde voor beperkt kwetsbare objecten.

Figuur 4 toont de plaatsgebonden risicocontouren. De contour voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr ligt gedeeltelijk buiten de inrichting. Binnen de contour bevindt zich gebied dat is bestemd voor Verkeer. Er liggen geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen deze grenswaarde.



Figuur 3. Plaatsgebonden risicocontouren

- $1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
- $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr
- $1.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
- $1.0 \cdot 10^{-8}$ /jr

5.2 Groepsrisico

Het groepsrisico geeft aan wat de kans is op een ongeval met tien of meer dodelijke slachtoffers in de omgeving van de inrichting. Het aantal personen dat in de omgeving van de inrichting verblijft, bepaalt daardoor mede de hoogte van het groepsrisico. Het groepsrisico wordt weergegeven in een zogenaamde fN-curve: op de verticale as staat de cumulatieve kans per jaar f op een ongeval met N of meer slachtoffers en op de horizontale as het aantal slachtoffers N. De oriëntatiewaarde voor het groepsrisico is gelijk aan $10^{-3} / N^2$, dat wil zeggen een frequentie van 10^{-5} /jr voor 10 slachtoffers, 10^{-7} /jr voor 100 slachtoffers en geldt vanaf het punt met 10 slachtoffers.

Binnen het invloedsgebied bevinden zich geen personen. De inrichting veroorzaakt daarom geen groepsrisico.

5.3 Effectafstand

Effectafstanden zijn berekend voor alle scenario's. Tabel 6 toont de afstand tot 1% kans op overlijden (bij onbeschermde blootstelling) voor weersklasse D-5.0 overdag (neutraal weer met een windsnelheid van 5 m/s) en weersklasse F-1.5 's nachts (zeer stabiel weer met een windsnelheid van 1.5 m/s) voor waterstof. De aanduiding in de kolommen onderdeel en scenario zijn een referentie naar de tekst in hoofdstuk 3.

Onderdeel	Scenario	D-5.0 [m]	F-1.5 [m]
Tubetrailer	Instantaan	16	16
	Continu	18	18
	BreukSlang	18	18
	LekkageSlang	2	2
	Vuurbal brand tijdens verlading	16	16
	Vuurbal brand in omgeving	16	16
	Vuurbal externe impact	16	16
Cascadebuffer	Breuk	5	5
	Continu 5 mm	15	15
Compressor	Breuk	9	9
	Lekkage	2	2
Slang dispenser	BreukNoodstopOk	9	9
	BreukNoodstopNietOk	9	9
	Lekkage	3	3

Tabel 7. Effectafstand waterstof tot 1% kans op overlijden

6 Conclusie

Het voornemen is een tankstation met een waterstofinstallatie te plaatsen op Hemrik in Leeuwarden. In het kader van de aanvraag voor de omgevingsvergunning is deze risicoanalyse opgesteld.

De contour voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr ligt gedeeltelijk buiten het terrein van de inrichting. Binnen de contour bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten. De gronden binnen deze contour hebben de bestemming Verkeer.

De inrichting veroorzaakt geen groepsrisico.

Referenties

1. RIVM 2021 Handleiding risicoberekeningen BEVI
Versie 4.3 gedateerd 1 januari 2021
2. RIVM 2008 Modelleren gascilinders uit Handleiding
risicoberekeningen BEVI concept versie 1.4
3. RIVM 2016 Risico- en effectafstanden waterstoftankstations
Memo kenmerk 20160149 VLH HAS/Sta/sij gedateerd 3
oktober 2016
4. VROM 2007 Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico
Versie 1.0 november 2007