



Risicoanalyse / LNG/ H2-tankstation Almelo

Project 204370
Datum 27 september 2022

Opdrachtgever
ContrAll
t.a.v. 5.1.2e
Postbus 525
7300 AM Apeldoorn

Risicoanalyse / LNG/ H2-tankstation Almelo

Project 204370

Datum 27 september 2022

Auteur(s) 5.1.2e 5.1.2e 5.1.2e 5.1.2e
5.1.2e 5.1.2e

Versie nr. 1.1

Opdrachtgever ContrAll
t.a.v. 5.1.2e
Postbus 525
7300 AM Apeldoorn

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Beschrijving inrichting	5
2.1 LNG-installatie	5
2.2 H2-installatie	6
2.3 Situatietekening	7
3 Ongevalsscenario's LNG	8
3.1 Selectie van bedrijfsonderdelen	8
3.2 Initiële faalfrequentie	8
3.3 Ongevalsscenario's opslagvat	11
3.4 Ongevalsscenario's dispenser pomp bij het opslagvat	11
3.5 Ongevalsscenario's bovengrondse leidingen bij het opslagvat	12
3.6 Ongevalsscenario's VRE bij het opslagvat	12
3.7 Ongevalsscenario's overslag tankauto	13
3.8 Ongevalsscenario's ondergrondse vulleiding tankauto	16
3.9 Ongevalsscenario's ondergrondse afleverleiding	17
3.10 Ongevalsscenario's dispenser	18
4 Ongevalsscenario's waterstof	19
4.1 Selectie van bedrijfsonderdelen	19
4.2 Initiële faalfrequentie	19
4.3 Flessenpakket	21
4.4 Hoge druk bufferopslag	21
4.5 Compressorsysteem	22
4.6 Ongevalsscenario's 350 bar dispenser	22
4.7 Ongevalsscenario's 700 bar dispenser	23
5 Overige aspecten	24
5.1 Parameters	24
5.2 Aanwezigen rond de inrichting	24
6 Resultaat risicoberekening	26
6.1 Plaatsgebonden risico	26
6.2 Groepsrisico	29
7 Effectafstand	31
8 Conclusie	33
Referenties	34

1 Inleiding

Het voornemen is een tankstation met een LNG- en waterstofinstallatie te plaatsen op bedrijventerrein XL Businesspark Twente in Almelo. In het kader van de aanvraag voor de omgevingsvergunning is deze risicoanalyse opgesteld. Conform PGS 33-1 valt een LNG-tankstation niet onder het Bevi. De risicoanalyse van de LNG-installatie is opgesteld conform de Circulaire externe veiligheid LNG-tankstations met de landelijk vastgestelde rekenmethodiek.

Hoofdstuk 2 bevat een korte beschrijving van de inrichting. In hoofdstuk 3 worden de ongevalsscenario's vastgesteld waarmee de risicoberekening voor LNG wordt uitgevoerd. In hoofdstuk 4 worden de ongevalsscenario's voor waterstof beschreven. Hoofdstuk 5 bevat o.a. de modellering van de omgeving van de inrichting. Hoofdstuk 6 bevat het berekende plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Het berekende risiconiveau wordt hier getoetst aan de normstelling externe veiligheid voor inrichtingen. Hoofdstuk 7 bevat de effectafstanden voor de ongevalsscenario's. Hoofdstuk 8 tenslotte bevat de conclusie.

2 Beschrijving inrichting

2.1 LNG-installatie

De afkorting LNG betekent: Liquefied Natural Gas, oftewel vloeibaar aardgas. LNG wordt in verschillende delen van de wereld al langere tijd gebruikt als motorbrandstof. Vloeibaar aardgas bestaat voornamelijk uit methaan. LNG heeft bij atmosferische druk een temperatuur van $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vloeibaar aardgas kan daarom onder de cryogene vloeistoffen worden geschaard. Vanwege de vloeibare vorm heeft LNG een grotere energie-inhoud per liter dan CNG. Dit maakt het uitermate geschikt voor langeafstandsvervoer.

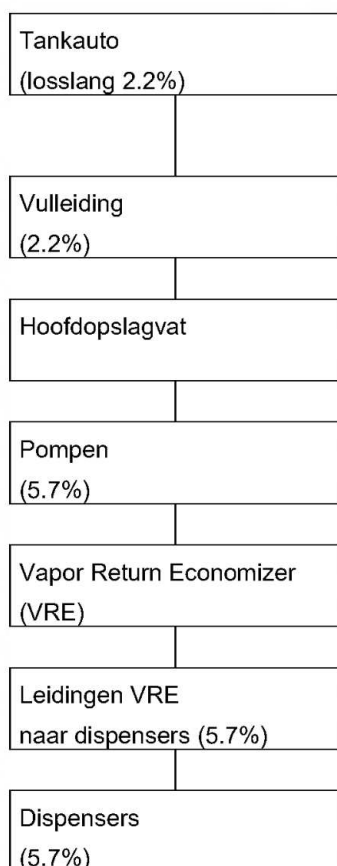
Het vloeibaar aardgas wordt met een tankwagen of tankcontainer over de weg vervoerd en verpompt met een pomp op de tankwagen naar het opslagvat. In het opslagvat wordt de LNG ontvangen en voorgesatureerd op maximaal 6 bar(g). Vanuit het opslagvat wordt LNG met een dompelpomp via een VRE (Vapor Return Economizer) geleid naar de dispenserslang voor directe aflevering, al dan niet onder verwarming door de saturatie regeling van de VRE. De VRE zorgt er voor dat warmte die terugkomt van de vrachtwagen wordt opgevangen en niet in het opslagvat terecht komt, maar terug wordt geleverd aan de vrachtwagen.

De dispenser (aflever-installatie) is vrijstaand en verbonden met de rest van de installatie via een ondergrondse leiding.

Voor het vullen van het opslagvat vanuit de tankauto wordt gebruik gemaakt van een losslang als verbinding tussen de tankauto en installatie.

De aangevraagde doorzet van LNG is 4500 ton/jr. Het vuldebiet van het opslagvat vanuit een tankauto is gemiddeld 380 kg/min. Er vindt dan gedurende circa 197 uur per jaar aanvoer van LNG plaats (dit is 2.2% van het jaar). Het debiet bij aflevering van LNG is circa 150 kg/min. Er vindt dan gedurende circa 501 uur per jaar aflevering van LNG plaats (dit is 5.7% van het jaar).

Figuur 1 toont een schematische weergave van de verschillende onderdelen van de installatie. Er worden een opslagvat, pomp, VRE en een dispenser geïnstalleerd. Bij de pompen en leidingen is aangegeven welk gedeelte van de tijd ze in bedrijf zullen zijn. Voor de overige gegevens wordt verwezen naar de aanvraag voor de omgevingsvergunning en de bij de aanvraag gevoegde situatietekening.



Figuur 1. Schematische weergave onderdelen van de LNG- installatie

2.2 H2-installatie

Het waterstofvulstation bestaat uit een aantal componenten:

1. Flessenpakketen met waterstof op 300 bar.
2. Compressie en opslag voor de 350 bar vulinstallatie (maximale druk 480 bar(g)).
3. Dispenser voor de 350 bar vulinstallatie.
4. Compressie en opslag voor de 700 bar vulinstallatie (maximale druk 950 bar(g)).
5. 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

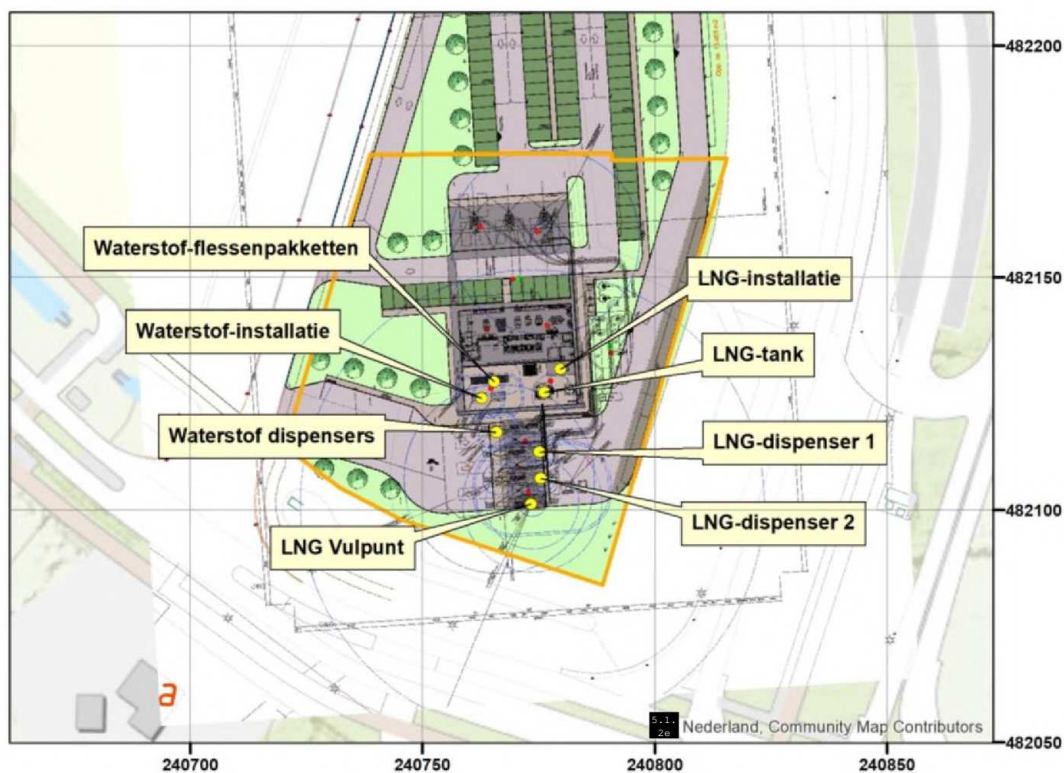
350 bar(g) afgevuld. Voor de 700 bar vulinstallatie wordt gebruik gemaakt van de 950 bar(g) buffer.

De doorzet is 50 ton waterstof per jaar uniform verdeeld over de 350 en 700 bar vulinstallatie.

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

2.3 Situatietekening

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



Figuur 2. Situatietekening

3 Ongevalsscenario's LNG

3.1 Selectie van bedrijfsonderdelen

De volgende onderdelen en/of activiteiten voor de LNG-installatie zijn gemodelleerd (zie ook figuur 1 en 2):

- Het opslagvat.
- De pomp voor aflevering naar de dispenser.
- De Vapor Return Economizer (VRE).
- De bevoorrading met een tankauto.
- De ondergrondse vulleiding van het vulpunt naar het opslagvat.
- De ondergrondse leiding tussen de VRE en de dispenser.
- De afleververbinding tussen de dispenser en de vrachtauto.

Er worden geen scenario's gemodelleerd voor leidingen die alleen gas bevatten. Het effect van deze scenario's is verwaarloosbaar klein.

De scenario's voor deze installatie-onderdelen worden beschreven in paragraaf 3.3 t/m 3.11. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de standaard scenario's voor onderdelen zoals voorgeschreven in de definitieve versie van het Rekenvoorschrift LNG-Tankstations [3]. Deze standaard scenario's voor de onderdelen worden getoond in paragraaf 3.2.

De stikstof installatie wordt niet gemodelleerd conform de Handleiding module B blz. 29.

De CNG opslagbuffer en dispenser zijn conform het rekenvoorschrift niet gemodelleerd [3]. Voor deze onderdelen gelden vaste aan te houden externe veiligheidsafstanden voorgeschreven in het Activiteitenbesluit (zie ook PGS 25).

3.2 Initiële faalfrequentie

Tabel 1 toont de initiële faalfrequentie voor onderdelen van de installatie zoals voorgeschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1] en het Rekenvoorschrift LNG-Tankstations [3].

Bevoorrading vindt plaats met een tankauto, waarbij een composiet losslang wordt gebruikt voor de verbinding met het vulpunt. De slangverbinding tussen de dispenser (afleverinstallatie) en de vrachtauto is een composiet losslang.

Component	Faalwijze	Frequentie
Drukvat	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu 10 min	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu 10 mm gat	$1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
Tankauto	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu grootste aansluiting	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Pomp (met pakking) breuk	$1.0 \cdot 10^{-4}$ /jr
	Pomp (met pakking) lekkage	$4.4 \cdot 10^{-3}$ /jr
	Losslang composiet breuk	$4.0 \cdot 10^{-7}$ /uur
	Losslang composiet lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur
	BLEVE door brand tijdens verlading	$5.8 \cdot 10^{-10}$ /uur
	BLEVE door brand in de omgeving	Zie tekst hierna
	BLEVE door externe impact	Zie tekst hierna
Pomp (canned)	Breuk	$1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
	Lekkage	$5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
Leiding ondergronds < 3"	Breuk	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /m-jr
	Lekkage	$1.5 \cdot 10^{-6}$ /m-jr
VRE (plaatwarmtewisselaar)	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
	Continu 10 min	$5.0 \cdot 10^{-5}$ /jr
	Continu 10 mm gat	$1.0 \cdot 10^{-3}$ /jr
Losslang composiet (gebruikt voor slang aflever-installatie)	Breuk	$4.0 \cdot 10^{-7}$ /uur
	Lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur

Tabel 1. Initiële faalfrequentie onderdelen van de installatie

Voor de op- en overslag van tot vloeistof gekoeld (cryogeen) gas zijn voor een druvat en een tankauto niet specifiek scenario's voorgeschreven. Dit zijn multilayer geïsoleerde dubbelwandige tanks, zodat verwacht mag worden dat bij het scenario instantaan falen een BLEVE minder frequent zal kunnen voorkomen dan bij een enkelwandige druktank. De scenario's voor een enkelwandige druktank zullen worden gehanteerd, waarbij een BLEVE nog mogelijk is bij de werkdruk van het insluitsysteem (en niet bij een verhoogde druk).

Voor een BLEVE veroorzaakt door een brand van het LNG-systeem tijdens verlading wordt uitgegaan van een frequentie van $5.8 \cdot 10^{-10}$ /uur voor een onbeschermd tankauto (enkelwandig zonder hittewerende coating). Bij een dubbelwandige geïsoleerde tankauto wordt de BLEVE-frequentie verlaagd met een factor twintig. Aangenomen wordt dat de tankauto maximaal is gevuld.

Voor een BLEVE veroorzaakt door een brand in de omgeving wordt de omgeving van de opstelplaats van de LNG-tankauto beschouwd. Als de afstand tussen met name genoemde objecten en de opstelplaats kleiner is dan een toetsingsafstand, dan kan de brand van een object leiden tot een BLEVE van de tankauto. De toetsing wordt uitgevoerd voor de benzine en LNG/LPG-afleverzuil, voor gebouwen en voor de opstelplaats van de benzinetankauto. Tabel 2 toont de toetsingsafstand.

Object omgevingsbrand		Toetsingsafstand [m]
LNG/LPG-afleverzuil personenauto's		17.5
Benzine afleverzuil personenauto's		5
Opstelplaats benzinetankauto		25
Gebouw zonder brandbescherming	Hoogte < 5 m	10
	5 m < hoogte < 10 m	15
	Hoogte > 10 m	20
Gebouw met brandbescherming (en maximaal 50% gevelopeningen)	Hoogte < 5 m	5
	5 m < hoogte < 10 m	10
	Hoogte > 10 m	15

Tabel 2. Toetsing bijdrage omgevingsbrand aan de BLEVE-frequentie (toetsingsafstand conform stappenplan RIVM)

De kans op een brand nabij de LNG-tankauto is afhankelijk van de uitkomst van de toetsing. Tabel 3 toont de frequentie. Aangenomen wordt dat de tankauto maximaal is gevuld. De kans dat een brand in de omgeving leidt tot een BLEVE is 0.19. Bij een dubbelwandige geïsoleerde tankauto wordt de BLEVE-frequentie verlaagd met een factor twintig.

LNG/LPG afleverzuil	Benzine afleverzuil	Opstelplaats tankauto	Gebouw	Frequentie [/jr]
Ja	Ja	Ja	Ja	2.0 10 ⁻⁶
Nee	Ja	Ja	Ja	
Ja	Nee	Ja	Ja	
Ja	Ja	Nee	Ja	
Ja	Nee	Nee	Ja	
Nee	Ja	Nee	Ja	
Nee	Nee	Ja	Ja	
Ja	Ja	Ja	Nee	1.0 10 ⁻⁶
Ja	Nee	Ja	Nee	
Nee	Nee	Nee	Ja	
Ja	Ja	Nee	Nee	8.0 10 ⁻⁷
Nee	Ja	Ja	Nee	
Ja	Nee	Nee	Nee	6.0 10 ⁻⁷
Nee	Nee	Ja	Nee	
Nee	Ja	Nee	Nee	4.0 10 ⁻⁷
Nee	Nee	Nee	Nee	2.0 10 ⁻⁷

Tabel 3. Frequentie van een brand nabij de LNG-tankauto voor een aanwezigheid van 50 uur per jaar

Een BLEVE van de tankauto kan ook plaatsvinden door externe impact (aanrijdingen). De frequentie is afhankelijk van het type opstelplaats. Tabel 4 toont de specifieke BLEVE frequentie. De BLEVE wordt gemodelleerd met de barstdruk gelijk aan de evenwichtsdruk in de tankauto.

Opstelplaats tankauto	Frequentie [jr]
Geïsoleerde opstelplaats waarbij een aanrijding van opzij tegen de leidingkast niet aannemelijk wordt geacht (ook niet met lage snelheid)	$2.5 \cdot 10^{-9}$
Opstelplaats op een (wegrij)strook met een toegestane snelheid van maximaal 70 km/uur	$4.8 \cdot 10^{-8}$
Overige situaties	$2.3 \cdot 10^{-7}$

Tabel 4. BLEVE frequentie tankauto door mechanische inslag (aanrijdingen) voor een aanwezigheid van 50 uur per jaar

3.3 Ongevalsscenario's opslagvat

Tabel 5 toont de kenmerken van het opslagvat benodigd voor de modellering.

Kenmerk	Opslagvat
Inhoud bruto [m ³]	70
Vulgraad maximaal	90%
Werktemperatuur [°C]	-131.4
Werkdruk [bar(g)]	3.0 - 8.0
Insteldruk veerveiligheid [bar(g)]	10

Tabel 5. Kenmerken opslagvat

Tabel 6 toont de frequentie en bronsterkte voor de ongevalsscenario's van een opslagvat. Bij het instantaan vrijkomen wordt geen BLEVE gemodelleerd bij verhoogde druk, omdat het opslagvat dubbelwandig is uitgevoerd. Het afblazen van de veiligheid op hoogte is wegens te verwaarlozen letale effecten op grondniveau niet meegenomen in de risicoberekening. De berekening is uitgevoerd voor een werkdruk van gemiddeld 5.5 bar. Er is uitgegaan van 5 verschillende vulgraden met de daarbij behorende kans.

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$	23.5 ton	Maximale inhoud
Continu 10 min	$5.0 \cdot 10^{-7}$	35.4 kg/s	Maximale inhoud in 600 s
Continu 10 mm	$1.0 \cdot 10^{-5}$	1.0 kg/s	Diameter 10 mm

Tabel 6. Ongevalsscenario's opslagvat

3.4 Ongevalsscenario's dispenser pomp bij het opslagvat

Bij het opslagvat staat bovengronds een pomp opgesteld. Het betreft een pomp die werkt vanaf het opslagvat via de VRE naar de dispenser. Voor de faalfrequentie wordt deze pomp gemodelleerd als canned (zonder pakking). Een pomp is circa 5.7% van de tijd in gebruik

voor aflevering. Een breuk van de pomp leidt tot uitstroming uit een leiding met een diameter van maximaal 3" die rechtstreeks is verbonden met het opslagvat.

Tabel 7 toont de ongevalsscenario's zonder doorstroombegrenzer in de leiding tussen het opslagvat en de pomp. De bronsterkte is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 5 m.

Scenario	Toelichting frequentie		
Breuk	0.057 (tijdsfractie in bedrijf) x 1.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)		
Lekkage	0.057 (tijdsfractie in bedrijf) x 5.0 10 ⁻⁵ (frequentie lekkage per jaar in bedrijf)		
Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk	5.7 10 ⁻⁷	23.7	Diameter 75 mm, lengte 5 m, duur 1009 s
Lekkage	2.9 10 ⁻⁶	0.6	Diameter 7.5 mm, duur 1800 s

Tabel 7. Ongevalsscenario's dispenser pomp aangesloten aan het opslagvat

3.5 Ongevalsscenario's bovengrondse leidingen bij het opslagvat

Het bovengrondse leidingwerk bij het opslagvat is niet gemodelleerd. Het opslagvat, de pomp en de VRE staan dicht bij elkaar. De lengte van deze leidingsecties is klein, zodat deze scenario's geen relevante bijdrage leveren aan het risico.

3.6 Ongevalsscenario's VRE bij het opslagvat

De VRE wordt gemodelleerd als een plaatwarmtewisselaar. De inhoud van de plaatwarmtewisselaar is circa 14 l. De bronsterkte voor de scenario's instantaan vrijkomen van de inhoud en continu vrijkomen van de inhoud in 10 min zijn daarom gemodelleerd als breuk van de toevoerleiding met het pompdebiet.

Het pompdebiet is gelijk aan 150 kg/min, ofwel 2.5 kg/s. Bij breuk van de leiding zal gedurende korte tijd uitstroming plaatsvinden met een bronsterkte die afhangt van de condities in de leiding op het moment van de breuk. De leiding is relatief kort, zodat de pompdruk snel wegvalt. Voor breuk van de leiding stroomafwaarts van de pomp is conform de voorbeeldstudie RIVM de bronsterkte gelijk aan 150% van het pompdebiet.

Een VRE is 5.7% van de tijd in gebruik voor aflevering naar de dispenser. Als deze niet in gebruik is, dan staan de leidingen ingeblokt. De gevolgen van het falen van een ingeblokte leiding zijn verwaarloosbaar. Tabel 8 toont de ongevalsscenario's.

Onderdeel	Scenario	Toelichting frequentie
VRE	Instantaan	0.057 (tijdsfractie in bedrijf) x $5.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
	Continu 10 min	0.057 (tijdsfractie in bedrijf) x $5.0 \cdot 10^{-5}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
	Continu 10 mm	0.057 (tijdsfractie in bedrijf) x $1.0 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)

Onderdeel	Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
VRE	Instantaan	$2.9 \cdot 10^{-6}$	3.8	Pompdebiet 150%, duur 1800 s
	Continu 10 min	$2.9 \cdot 10^{-6}$	3.8	Pompdebiet 150%, duur 1800 s
	Continu 10 mm	$5.7 \cdot 10^{-5}$	1.6	Diameter 10 mm, druk 15 bar(g), duur 1800 s

Tabel 8. Ongevalsscenario's VRE

3.7 Ongevalsscenario's overslag tankauto

De doorzet van LNG is 4500 ton/jr. Er is aangenomen dat de bevoorrading plaatsvindt met een dubbelwandige geïsoleerde tankauto. Bij aankomst is de druk 1.4 bar(g) bij een temperatuur van -150 °C. De tankauto heeft een inhoud van 23 ton. Het pompdebiet is 380 kg/min. De tijd voor het lossen is dan 197 uur per jaar. Aangenomen is dat de tankauto 1.5 keer zo lang op de inrichting aanwezig is (totaal 296 uur, dit is 3.4% van het jaar). Het lossen vindt plaats met een composiet losslang.

Bij het scenario breuk van de pomp zal de operator ingrijpen en wordt onmiddellijk de pomp gestopt en de bodemklep van de tankauto gesloten. Conform de handleiding is aangenomen dat de kans op succesvol ingrijpen door de operator gelijk is aan 0.9 en de uitstroomduur is dan 120 s. Bij het scenario lekkage van de pomp is ingrijpen niet gemodelleerd. De bronsterkte bij breuk van de pomp is berekend door uit te gaan van breuk van de zuigleiding (3") bij de pomp. De bronsterkte daarvan is berekend met Safeti-NL door uit te gaan van een leiding aan een vat met een lengte van 5 m. De bronsterkte is 10.9 kg/s bij een druk van 1.4 bar(g) in de tankauto.

Bij het scenario breuk van de losslang mag worden aangenomen dat de druk in de slang vrijwel onmiddellijk wegvalt, omdat de inhoud van de slang relatief klein is. Er is een lage druk sensor geïnstalleerd die is aangesloten op het ESD-systeem van de installatie en de tankauto. Dit systeem detecteert automatisch een breuk van de losslang, stopt de pomp en sluit de bodemklep van de tankauto en de ESD-klep bij de tank. De kans op succes is gelijk aan 0.99 en de uitstroomduur is dan 5 s. Het is te conservatief om de bronsterkte te baseren op de condities in de slang vlak voordat de breuk optreedt. Deze condities bepalen weliswaar de initiële bronsterkte, maar de afname in bronsterkte door het wegvallen van de pompdruk is snel. De vullleiding lost in de tank boven het vloeistofniveau. Bij breuk van de slang zal eerst de inhoud van de leiding vanaf de plaats van de breuk tot de tank uitstromen en vervolgens dient rekening te worden gehouden met terugstroming van damp uit de ontvangende tank.

Terugstroming wordt eveneens verhinderd door terugslagkleppen in de vulling. Voor de uitstroomtijd bij het juist functioneren van een terugslagklep is 5 s voorgeschreven. Deze tijdsduur is gelijk aan de gekozen tijdsduur voor het juist functioneren van het noodstopstelsel. Gelet hierop is het juist functioneren van de terugslagklep niet aanvullend gemodelleerd.

Het scenario breuk van de losslang is gemodelleerd als een "fixed duration" uitstroming. De bronsterkte wordt bepaald door de pomp en door terugstroming uit het opslagvat. Het pompdebiet is 380 kg/min ofwel 6.3 kg/s. Voor het bepalen van de bronsterkte door terugstroming vanuit het opslagvat wordt uitgegaan van vulling aan de dampzijde van het opslagvat. Tijdens het vullen zal de druk in het opslagvat snel dalen vanaf de maximale werkdruk van 6 bar(g) tot minimaal 1.4 bar(g). Terugstroming leidt tot uitstroming van de vloeistof aanwezig in de vulling en vervolgens van damp uit een 2" gat uit een leiding 20 m vanaf het opslagvat met een druk van 1.4 bar(g) en een temperatuur van -150 °C. De inhoud van de vulling is circa 16 kg vloeistof. Deze leiding loopt dan leeg met een debiet van circa 2.9 kg/s. Deze benadering is conservatief, er kan ook worden aangenomen dat geen terugstroming optreedt, zoals bij het vaststellen van het interim beleid wordt gedaan. Als de noodstop en de terugslagklep niet succesvol zijn, dan vindt na het leeglopen van de leiding nog uitstroming van damp plaats met een debiet van circa 0.6 kg/s.

	Noodstop Ok?	Terugslagklep Ok?	Bronsterkte
Breuk	0.99		
	Ja		Duur uitstroming aan de zijde van de pomp is 5 s. Duur terugstroming is eveneens 5 s. Bronsterkte is 6.3 kg/s (pomp) plus 2.9 kg/s (terugstroming). Totaal 9.2 kg/s en duur 5 s.
	0.01	0.94	
	Nee	Ja	Duur uitstroming aan de zijde van de pomp is 1800 s. Duur terugstroming is 5 s. Bronsterkte is 6.3 kg/s (pomp) plus 0.0 kg/s (terugstroming is verwaarloosbaar). Totaal 6.3 kg/s en duur 1800 s.
		0.06	
		Nee	Duur uitstroming aan de zijde van de pomp is 1800 s. Duur terugstroming is 1800 s. Bronsterkte is 6.3 kg/s (pomp) plus 0.6 kg/s (terugstroming). Totaal 6.9 kg/s en duur 1800 s.

Voor een omgevingsbrand geldt dat de afstand tussen de opstelplaats van de LNG-tankauto en een aantal met name genoemde objecten groter moet zijn dan de minimaal benodigde afstand. Toetsing wordt uitgevoerd voor de benzine en LNG/LPG-afleverzuil, gebouwen en voor de opstelplaats van de benzinetankauto. Tabel 9 vat de beoordeling samen. De frequentie op een omgevingsbrand voor 100 verladingen met een duur van 50 uur is dan afgerond $6 \cdot 10^{-7}$.

Object omgevingsbrand		Toetsings afstand [m]	Vulpunt binnen deze afstand?
LNG/LPG-afleverzuil personenauto's		17.5	Nee
Benzine afleverzuil personenauto's		5	Nee
Opstelplaats benzinetankauto		25	Nee
Gebouw zonder brandbescherming	Hoogte < 5 m	10	Nee
	5 m < hoogte < 10 m	15	Nee
	Hoogte > 10 m	20	Nee
Gebouw met brandbescherming (en maximaal 50% gevelopeningen)	Hoogte < 5 m	5	Nee
	5 m < hoogte < 10 m	10	Nee
	Hoogte > 10 m	15	Nee

Tabel 9. Toetsing bijdrage omgevingsbrand aan de BLEVE-frequentie

De insteldruk van de veerveiligheid van de tankauto is 8 bar(g). Voor de BLEVE bij verhoogde druk is uitgegaan van een druk van 9.8 bar(g) (dit is 1.2 keer de absolute insteldruk van de veerveiligheid).

Een BLEVE van de tankauto kan ook plaatsvinden door externe impact (aanrijdingen). De frequentie is afhankelijk van het type opstelplaats. Voor dit tankstation wordt uitgegaan van de waarde voor een opstelplaats op een (wegrij)strook met een toegestane snelheid van maximaal 70 km/uur van $4.8 \cdot 10^{-8}$ voor 100 verladingen met een duur van 50 uur. Dit is een conservatieve veronderstelling, aangezien de tankauto zodanig staat opgesteld ten opzichte van de draaicirkel van de binnenkomende vrachtoertuigen dat een botsing met grote snelheid onwaarschijnlijk wordt geacht. Een mogelijkheid zou dan zijn om de lagere frequentie voor een geïsoleerde opstelplaats te hanteren. Deze keuze is vooralsnog niet gedaan. Externe impact is gemodelleerd als een BLEVE bij een druk van 1.4 bar(g).

Tabel 10 toont de ongevalsscenario's voor de overslag van LNG per tankauto. Het lossen kan zowel overdag (tussen 7:00 en 19:00 uur) als 's avonds plaatsvinden (tussen 19:00 en 23:00 uur). Aangenomen is dat het lossen 75% overdag en 25% 's avonds plaatsvindt.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	0.034 (tijdsfractie aanwezig) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Continu grootste aansluiting	0.034 (tijdsfractie aanwezig) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie per jaar)
Breuk pomp noodstop Ok	197 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 0.9$ (kans noodstop succesvol)
Breuk pomp noodstop niet Ok	197 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 1.0 \cdot 10^{-4}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 0.1$ (kans noodstop niet succesvol)
Lekkage pomp	197 (uren in bedrijf) / 8760 (uren per jaar) $\times 4.4 \cdot 10^{-3}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf)
Breuk losslang noodstop Ok	197 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.99$ (kans noodstop succesvol)
Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep Ok	197 (uren in bedrijf) $\times 4.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per uur in bedrijf) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.94$ (kans terugslagklep succesvol)

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep niet Ok	$197 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-7} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.01 \text{ (kans noodstop niet succesvol)} \times 0.06 \text{ (kans terugslagklep niet succesvol)}$
Lekkage losslang	$197 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-5} \text{ (frequentie lekkage per uur in bedrijf)}$
BLEVE door brand tijdens lossen	$197 \text{ (uren in bedrijf)} \times 5.8 \cdot 10^{-10} \text{ (frequentie per uur in bedrijf)} \times 0.05 \text{ (kans BLEVE voor een dubbelwandige vacuüm geïsoleerde tankauto)}$
BLEVE door brand in de omgeving	$296 \text{ (uren aanwezig)} / 50 \times 2.0 \cdot 10^{-7} \text{ (frequentie per 50 uur aanwezig)} \times 0.19 \text{ (kans aanstraling damp ruimte)} \times 0.05 \text{ (kans BLEVE voor een dubbelwandige vacuüm geïsoleerde tankauto)}$
BLEVE door externe impact	$296 \text{ (uren aanwezig)} / 50 \times 4.8 \cdot 10^{-8} \text{ (frequentie per 50 uur aanwezig voor een (wegrij)strook kleiner dan 70 km/uur)}$

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	$1.7 \cdot 10^{-8}$	17.9 ton	Maximale inhoud
Continu grootste aansluiting	$1.7 \cdot 10^{-8}$	29.3 kg/s	Vloeistof 75 mm gat, duur 612 s
Breuk pomp noodstop Ok	$2.0 \cdot 10^{-6}$	11.9 kg/s	Diameter 75 mm, leidinglengte 5 m, duur 120 s
Breuk pomp noodstop niet Ok	$2.2 \cdot 10^{-7}$	11.9 kg/s	Diameter 75 mm, leidinglengte 5 m, duur 1512 s
Lekkage pomp	$9.9 \cdot 10^{-5}$	0.3 kg/s	Vloeistof 7.5 mm gat, duur 1800 s
Breuk losslang noodstop Ok	$7.8 \cdot 10^{-5}$	9.2 kg/s	Bronsterkte zie tekst, duur 5 s
Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep Ok	$7.4 \cdot 10^{-7}$	6.3 kg/s	Bronsterkte zie tekst, duur 1800 s
Breuk losslang noodstop niet Ok en terugstroomklep niet Ok	$4.7 \cdot 10^{-8}$	6.9 kg/s	Bronsterkte zie tekst, duur 1800 s
Lekkage losslang	$7.9 \cdot 10^{-3}$	0.2 kg/s	Vloeistof 4 mm gat, duur 1800 s
BLEVE door brand tijdens lossen	$5.7 \cdot 10^{-9}$	17.9 ton	Maximale inhoud, druk 9.8 bar(g)
BLEVE door brand in de omgeving	$1.1 \cdot 10^{-8}$	17.9 ton	Maximale inhoud, druk 9.8 bar(g)
BLEVE door externe impact	$1.5 \cdot 10^{-8}$	17.9 ton	Maximale inhoud, druk 1.4 bar(g), temperatuur -150 °C

Tabel 10. Ongevalsscenario's overslag tankauto

3.8 Ongevalsscenario's ondergrondse vulleiding tankauto

De ondergrondse vulleiding van het vulpunt naar het opslagvat heeft een diameter van 50 mm en een lengte van circa 26 m. De leiding wordt gedurende 197 uur per jaar gebruikt voor vullen (dit is 2.2% per jaar). Het pompdebiet is 380 kg/min. Tevens vindt er bij breuk terugstroming plaats vanuit het opslagvat. Conform de rekenmethodiek leidt dit niet tot een hogere uitstroomsnelheid, alleen de uitstroomduur neemt toe. Tabel 11 toont de ongevalsscenario's. De frequentie is berekend voor de lengte van een leidingsectie van 26 m. De bronsterkte is dezelfde als voor de losslang scenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk vulleiding noodstop Ok terugslagklep Ok	0.022 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per meter per jaar in bedrijf) $\times 26$ (leidinglengte in m) $\times 0.99$ (kans noodstop succesvol)
Breuk vulleiding noodstop niet Ok terugslagklep Ok	0.022 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 26$ (leidinglengte in m) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.94$ (kans terugslagklep succesvol)
Breuk vulleiding noodstop niet Ok terugslagklep niet Ok	0.022 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per jaar in bedrijf) $\times 26$ (leidinglengte in m) $\times 0.01$ (kans noodstop niet succesvol) $\times 0.06$ (kans terugslagklep niet succesvol)
Lekkage vulleiding	0.022 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 1.5 \cdot 10^{-6}$ (frequentie lekkage per jaar in bedrijf) $\times 26$ (leidinglengte in m)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Breuk vulleiding noodstop Ok terugslagklep Ok	$2.9 \cdot 10^{-7}$	9.2 kg/s	Bronsterkte zie tekst paragraaf 2.8, duur 5 s
Breuk vulleiding noodstop niet Ok terugslagklep Ok	$2.7 \cdot 10^{-9}$	6.3 kg/s	Bronsterkte zie tekst paragraaf 2.8, duur 1800 s
Breuk vulleiding noodstop niet Ok terugslagklep niet Ok	$1.8 \cdot 10^{-10}$	6.9 kg/s	Bronsterkte zie tekst paragraaf 2.8, duur 1800 s
Lekkage vulleiding	$8.8 \cdot 10^{-7}$	0.1 kg/s	Vloeistof 5 mm gat, duur 1800 s

Tabel 11. Ongevalsscenario's ondergrondse vulleiding

3.9 Ongevalsscenario's ondergrondse afleverleiding

De beide ondergrondse afleverleidingen van de VRE naar de dispensers hebben een diameter van 25 mm en een lengte van circa 13 m en 18 m. De leiding is circa 5.7% van het jaar in gebruik. Het maximale pompdebiet is 160 l/min. Voor de bronsterkte bij breuk wordt 1.5 kg/s aangenomen, zoals eerder afgeleid voor het falen van de VRE. Deze bronsterkte wordt onafhankelijk verondersteld van de afleverdruk. Voor de lekkage wordt uitgegaan van 15 bar(g). De bijdrage van deze ongevalsscenario's aan het risico is gering, er is daarom geen rekening gehouden met het noodstopstelsel. Tabel 12 toont de ongevalsscenario's voor een lengte van 13 m. De kansen van de scenario's voor de 18 m leiding zijn proportioneel groter.

Leiding	Scenario	Toelichting frequentie
VRE naar dispenser	Breuk	0.029 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 5.0 \cdot 10^{-7}$ (frequentie breuk per meter per jaar) $\times 13$ (leidinglengte in m)
	Lekkage	0.029 (tijdsfractie in bedrijf) $\times 1.5 \cdot 10^{-6}$ (frequentie lekkage per jaar) $\times 13$ (leidinglengte in m)

Leiding	Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
VRE naar dispenser	Breuk	$1.9 \cdot 10^{-7}$	3.8	Pompdebiet 150%, duur 1800 s

Leiding	Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
VRE naar dispenser	Lekkage	$5.6 \cdot 10^{-7}$	0.1	Vloeistof 2.5 mm gat, 7 bar(g), duur 1800 s

Tabel 12. Ongevalsscenario's ondergrondse afleverleidingen

3.10 Ongevalsscenario's dispenser

De dispensers (aflever-installatie) zijn elk circa 2.9% van het jaar in gebruik voor het afleveren van LNG naar een vrachtauto (dit is 250 uur). Het pompdebiet is maximaal 370 l/min. Voor de faalfrequentie van de afleververbinding is die van een composiet losslang gebruikt. De diameter van de slang is 25 mm. Er is een automatisch noodstopsysteem gebaseerd op gasdetectie en meting van flow en druk. De kans op falen per aanspraak van het noodstopsysteem is 0.001 en de tijd nodig voor het sluiten van de inlokafsluiters is 120 s. Tevens zal bij een incident de operator de bekrachtigingsknop loslaten (kans op falen 0.01 en de uitstroomtijd is 5 s). De gevolgen van een lekkage zijn verwaarloosbaar, het noodstopsysteem is voor dit scenario niet gemodelleerd. Voor de bronsterkte bij breuk wordt 3.75 kg/s aangenomen, zoals eerder afgeleid voor het falen van de VRE. Deze bronsterkte is onafhankelijk van de afleverdruk. Voor de lekkage wordt uitgegaan van 15 bar(g). Tabel 13 toont de ongevalsscenario's.

Slang	Scenario	Toelichting frequentie		
Dispenser	Breuk bekrachtigingsknop Ok	$250 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-7} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.99 \text{ (bekrachtigingsknop succesvol)}$		
	Breuk bekrachtigingsknop niet Ok, noodstop Ok	$250 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-7} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.01 \text{ (bekrachtigingsknop niet succesvol)} \times 0.999 \text{ (kans noodstop succesvol)}$		
	Breuk bekrachtigingsknop niet Ok, noodstop niet Ok	$250 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-7} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.01 \text{ (bekrachtigingsknop niet succesvol)} \times 0.001 \text{ (kans noodstop niet succesvol)}$		
	Lekkage	$50 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-5} \text{ (frequentie lekkage per uur in bedrijf)}$		
Slang	Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Dispenser	Breuk bekrachtigingsknop Ok	$9.9 \cdot 10^{-5}$	3.8	Zie tekst, duur 5 s
	Breuk bekrachtigingsknop niet Ok, noodstop Ok	$1.0 \cdot 10^{-6}$	3.8	Zie tekst, duur 120 s
	Breuk bekrachtigingsknop niet Ok, noodstop niet Ok	$1.0 \cdot 10^{-9}$	3.8	Zie tekst, duur 1800 s
	Lekkage	$1.0 \cdot 10^{-2}$	0.1	Vloeistof 2.5 mm gat, druk 15 bar(g), duur 1800 s

Tabel 13. Ongevalsscenario's dispensers LNG

4 Ongevalsscenario's waterstof

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

4.1 Selectie van bedrijfsonderdelen

De risicoanalyse is uitgevoerd voor het waterstofvulstation. De volgende insluitsystemen en/of activiteiten zijn gemodelleerd voor zowel het 350 als 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.

4.2 Initiële faalfrequentie

Tabel 14 toont de initiële faalfrequentie voor onderdelen van de installatie zoals voorgeschreven in de Handleiding risicoberekeningen Bevi [1] en een specifiek rekenvoorschrift voor gascilinders [5] en een notitie voor waterstof tankstations [7]. 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	Faalfwijze	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
Tubetrailer	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu grootste aansluiting	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Vuurbal brand tijdens verlading	$5.8 \cdot 10^{-10}$ /uur
	Vuurbal brand in omgeving	$4.0 \cdot 10^{-9}$ /uur
	Vuurbal externe impact ¹	$5.0 \cdot 10^{-11}$ /uur
Drukvat	Instantaan	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu 10 min	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /jr
	Continu 10 mm gat	$1.0 \cdot 10^{-5}$ /jr

¹ Voor de kans op een externe impact is uitgegaan van een geïsoleerde opstelplaats.

Component	Faalwijze	Frequentie
Compressor	Breuk	$1.0 \cdot 10^{-4}$ /jr
	Lekkage	$4.4 \cdot 10^{-3}$ /jr
Leiding ondergronds < 3"	Breuk	$5.0 \cdot 10^{-7}$ /m-jr
	Lekkage	$1.5 \cdot 10^{-6}$ /m-jr
Losslang	Breuk	$4.0 \cdot 10^{-6}$ /uur
	Lekkage	$4.0 \cdot 10^{-5}$ /uur

Tabel 14. 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 inpandige 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 inpandige 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.

De opstelling van de waterstof-installatie is voldoende afgeschermd van de LNG-installatie. Door de opstelling is niet te verwachten dat een LNG-opslagvat kan worden blootgesteld aan een warmtebelasting groter dan 35 kW/m² door een ongevalsscenario met waterstof (er is geen fakkel mogelijk). Ook omgekeerd is niet te verwachten dat een ongevalsscenario met LNG leidt tot een zodanig grote warmtebelasting van de waterstof-installatie.

4.3 Flessenpakket

De aanvoer van waterstof vindt plaats vanuit vijf flessenpakketten. Een pakket bevat zestien cilinders van elk 50 l. De druk is 200 bar(g). Een pakket wordt met een standaard slang gekoppeld aan de installatie. De inwendige diameter van de slang is 8 mm. Tabel 15 toont de ongevalsscenario's voor vijf flessenpakketten samen. Een pakket is continu aanwezig, maar gedurende een vijfde van de tijd verbonden aan de installatie. Voor de uitstroomduur wordt het totale volume van een pakket van 0.8 m³ gebruikt.

Scenario	Toelichting frequentie
Instantaan	8760 (uren aanwezig) / 8760 (uren per jaar) x 80 (aantal cilinders) x 5.0 10 ⁻⁷ (frequentie per jaar)
Continu grootste aansluiting	8760 (uren aanwezig) / 8760 (uren per jaar) x 80 (aantal cilinders) x 5.0 10 ⁻⁷ (frequentie continue uitstroming uit grootste aansluiting)
Breuk slang	8760 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁶ (frequentie breuk per uur in bedrijf)
Lekkage slang	8760 (uren in bedrijf) x 4.0 10 ⁻⁵ (frequentie breuk per uur in bedrijf)

Scenario	Frequentie [1/jr]	Bronsterkte	Toelichting
Instantaan	4.0 10 ⁻⁵	1.05 kg	Maximale inhoud van één cilinder
Continu	4.0 10 ⁻⁵	0.8 kg/s	Gatgrootte 8 mm, uitstroomduur 20 s.
Breuk slang	3.5 10 ⁻²	0.8 kg/s	Gatgrootte 8 mm, uitstroomduur 21 s.
Lekkage slang	3.5 10 ⁻¹	< 0.1 kg/s	Gatgrootte 0.8 mm, uitstroomduur 1800s.

Tabel 15. Ongevalsscenario's flessenpakketten

4.4 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 16 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 [1/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 16. Ongevalsscenario's hoge druk bufferopslag

4.5 Compressorsysteem

Aangenomen is dat de compressor continu in gebruik zal zijn. Tabel 17 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 [1/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 17. Ongevalsscenario's compressor

4.6 Ongevalsscenario's 350 bar dispenser

De doorzet van deze dispenser is 25 ton waterstof per jaar. Het afleverdebiet is 0.06 kg/s, zodat de dispenser maximaal circa 116 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 20 m en uitgaande van de condities in de bufferopslag bij 480 bar. Tabel 18 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk noodstop Ok	$116 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.94 \text{ (kans noodstop succesvol)}$
Breuk noodstop niet Ok	$116 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.06 \text{ (kans noodstop niet succesvol)}$
Lekkage	$116 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-5} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)}$

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk noodstop Ok	$4.4 \cdot 10^{-4}$	0.22	Diameter 8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 5 s.
Breuk noodstop niet Ok	$2.9 \cdot 10^{-4}$	0.22	Diameter 8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 41 s.
Lekkage	$4.6 \cdot 10^{-3}$	0.01	Diameter 0.8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 18. Ongevalsscenario's dispenser 350 bar station

4.7 Ongevalsscenario's 700 bar dispenser

De doorzet van deze dispenser is 25 ton waterstof per jaar. Het afleverdebiet is gemiddeld 0.06 kg/s, zodat de dispenser maximaal circa 116 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 en uitgaande van de condities in de bufferopslag bij 950 bar. Tabel 19 toont de ongevalsscenario's.

Scenario	Toelichting frequentie
Breuk noodstop Ok	$116 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.94 \text{ (kans noodstop succesvol)}$
Breuk noodstop niet Ok	$116 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)} \times 0.06 \text{ (kans noodstop niet succesvol)}$
Lekkage	$116 \text{ (uren in bedrijf)} \times 4.0 \cdot 10^{-5} \text{ (frequentie breuk per uur in bedrijf)}$

Scenario	Frequentie [jr]	Bronsterkte [kg/s]	Toelichting
Breuk noodstop Ok	$1.6 \cdot 10^{-4}$	0.33	Diameter 8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 5 s.
Breuk noodstop niet Ok	$1.0 \cdot 10^{-5}$	0.33	Diameter 8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 44 s.
Lekkage	$1.7 \cdot 10^{-3}$	0.02	Diameter 0.8 mm, inhoud van 300 l, uitstroomduur 1800 s.

Tabel 19. Ongevalsscenario's dispenser 700 bar station

5 Overige aspecten

5.1 Parameters

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

Als externe ontstekingsbron zijn de autosnelweg en het spoor ten oosten van de inrichting gemodelleerd. Voor waterstof is de kans op directe ontsteking gelijk aan 1.0 [7].

5.2 Aanwezigen rond de inrichting

Figuur 3 toont het gebied rond de inrichting begrensd door de maximale effectafstand van circa 300 m rond het opslagvat (zie hoofdstuk 7).

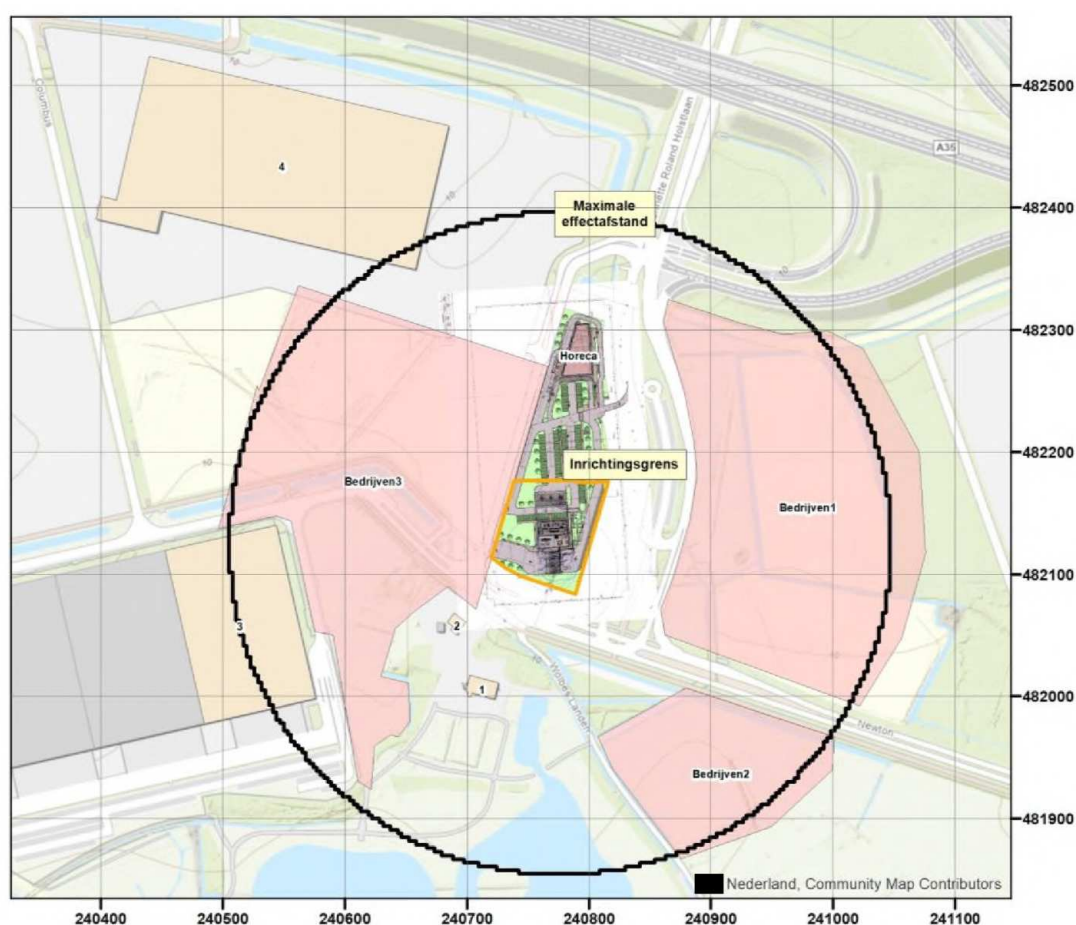
Tabel 20 toont het aantal personen maximaal aanwezig binnen het maximale effectgebied. De gegevens voor de vlakken Bedrijven1, Bedrijven2 en Bedrijven3 zijn gebaseerd op een kencijfer van 40 personen per hectare voor een druk industrieterrein [4]. Overdag wordt verondersteld dat 100% van de werknemers aanwezig is, 's avonds en 's nachts 10% van de werknemers. De drie reeds bestaande objecten binnen het invloedsgebied zijn gemodelleerd conform de BAG populatieservice [8]. Met de nieuwbouw wordt ook een horecapand gerealiseerd. Deze maakt geen onderdeel uit van de inrichting. De bezetting van de horeca is geschat op 130 personen overdag en 's avonds. 's Nachts zijn de restaurants dicht (0 personen). De schatting is gemaakt op basis van kentallen uit "Handleiding Populatieservice" [9].

Bij de berekening van het groepsrisico wordt onderscheid gemaakt in dag (7:00 tot 19:00 uur), avond (19:00 tot 23:00 uur) en nacht (23:00 tot 7:00 uur). Ook is bij de groepsrisicoberekening rekening gehouden met het feit dat de opslagtank niet de gehele tijd voor 100% gevuld is. In de berekening zijn vijf vullingsgraden van 20% tot en met 100% meegenomen.

Label	Aantal dag	Aantal avond	Aantal nacht	Opmerking
1	1.4	2.7	2.7	Bron populatiebestand [8]
2	5.2	2.7	2.7	Bron populatiebestand [8]
3	133	0	0	Bron populatiebestand [8]
4	5262	2738	2738	Bron populatiebestand [8]
Bedrijven1	209	21	21	
Bedrijven2	66	7	7	
Bedrijven3	215	21	21	

Label	Aantal dag	Aantal avond	Aantal nacht	Opmerking
Horeca	130	130	0	

Tabel 20. Aangenomen aantal personen aanwezig rond de inrichting



Figuur 3. Bevolkingsgebieden rond de inrichting

6 Resultaat risicoberekening

6.1 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 (beperkt) kwetsbare objecten. In de praktijk wordt dit gebied gebruikt voor groen en verkeer. Er liggen geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen deze grenswaarde.

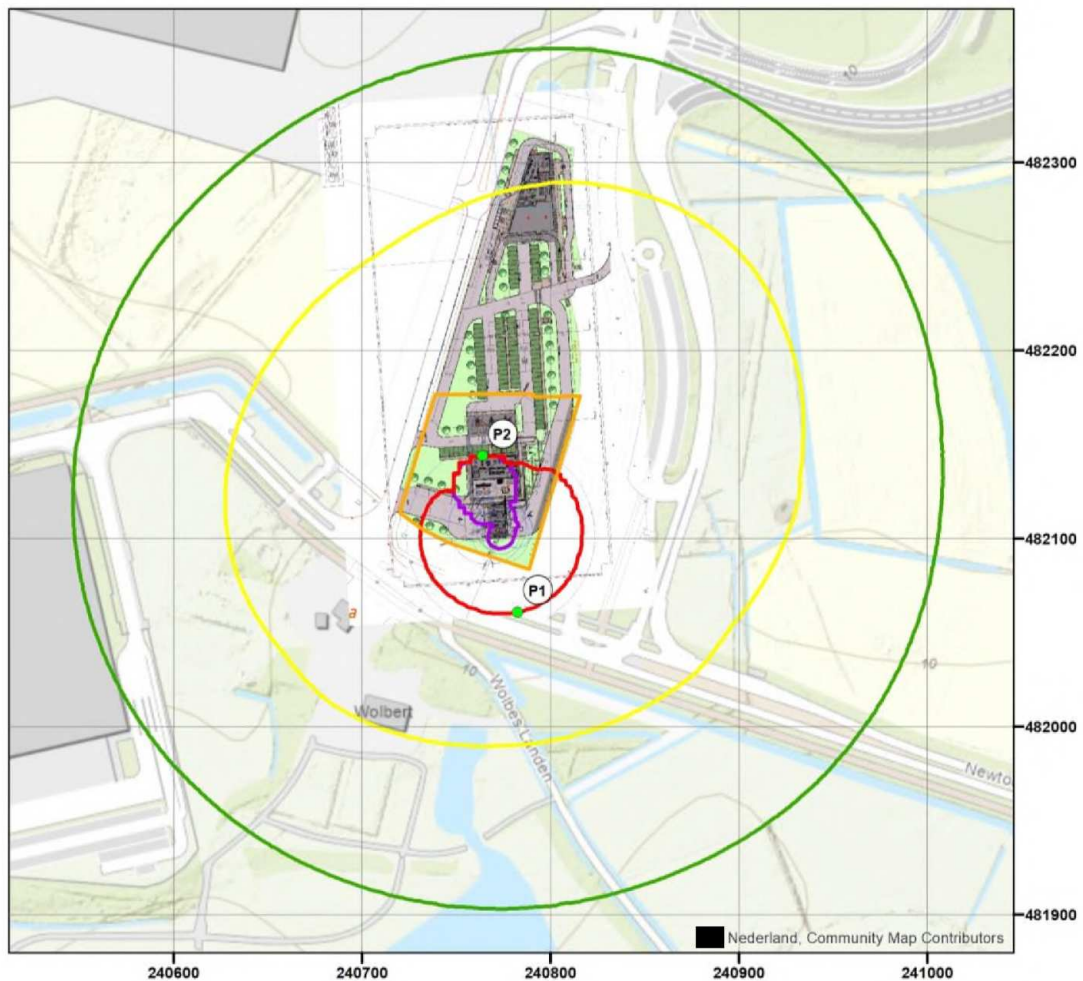
Tabel 21 toont de relatieve bijdrage van de ongevalsscenario's aan het plaatsgebonden risico in de punten P1 en P2 (zie figuur 4 voor de ligging van deze punten). Deze punten zijn representatief voor de grenswaarde van het plaatsgebonden risico. Scenario's met een relatief kleine bijdrage zijn niet afgedrukt. Bepalend voor de ligging van de contour van $1.0 \cdot 10^{-6}$ /jr in punt P1 en P2 zijn de scenario's breuk van de slang en de pomp van de tankauto en het instantaan falen van de opslagtank bepalend.

Punt	Waarde	Scenario	Bijdrage [%]
P1	8.9 10 ⁻⁷	Tankauto\BreukSlangNoodstopOk	47.1
		Tankauto\BreukPompNoodstopOk	10.1
		Opslagvat 100%\Instantaan	8.4
		Opslagvat 80%\Instantaan	7.6
		Opslagvat 60%\Instantaan	6.4
		Opslagvat 40%\Instantaan	4.4
		PompTank\Continu75mm	2.6
		Tankauto\BreukSlangNoodstopNietOkTskOk	2.4
		Opslagvat 20%\Instantaan	2.2
		Tankauto\Instantaan	1.9
		Tankauto\Standalone BLEVE door externe impact	1.7
		Tankauto\BreukPompNoodstopNietOk	1.3
		Tankauto\Standalone BLEVE door omgevingsbrand	1.2
P2	6.9 10 ⁻⁷	ReservoirLNG100%\Instantaan	14.6
		ReservoirLNG80%\Instantaan	14.6
		ReservoirLNG60%\Instantaan	14.6
		ReservoirLNG40%\Instantaan	14.3
		ReservoirLNG20%\Instantaan	12.1
		Tankauto\BreukPompNoodstopOk	5.6
		WarmtewisselaarLNG\Continu10mm	4.3
		PompTankLNG\Continu75mm	3.4
		Tankauto\BreukSlangNoodstopOk	2.8
		Tankauto\Instantaan	2.5
		Tankauto\Standalone BLEVE door externe impact	2.2
		Tankauto\Standalone BLEVE door omgevingsbrand	1.6
		WarmtewisselaarLNG\Continu10min	1.2
		WarmtewisselaarLNG \Instantaan	1.2

Tabel 21. Relatieve bijdrage scenario's

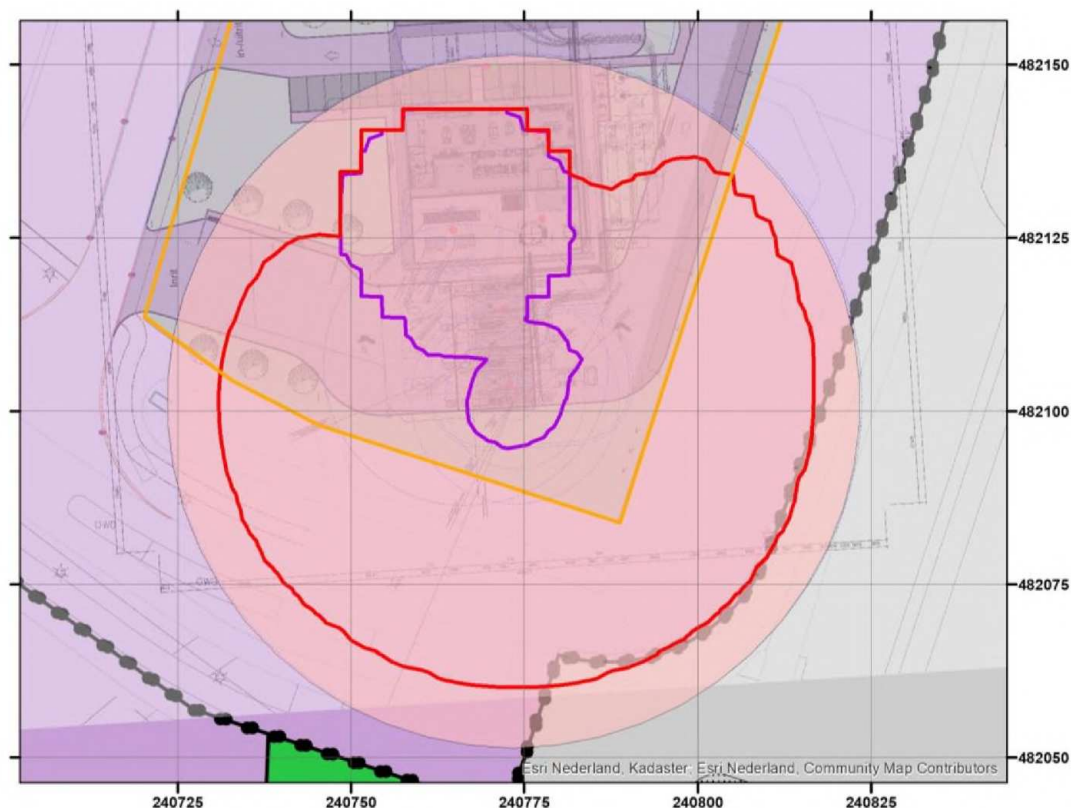
Het ministerie I&M heeft een interim beleid voor LNG-tankstations ontwikkeld [6]. Eén van de uitgangspunten is een minimum afstand voor het plaatsgebonden risico van 50 m aan te houden vanaf het vulpunt tot (beperkt) kwetsbare objecten, onafhankelijk van de berekende grenswaarde van het plaatsgebonden risico. Een ander uitgangspunt is de locatie van het LNG-tankstation danwel objecten in de omgeving zo te kiezen dat in het gebied tussen de grenswaarde van het plaatsgebonden risico en de effectafstand van het LNG-tankstation geen kwetsbare objecten zijn gelegen of gerealiseerd kunnen worden. Beperkt kwetsbare objecten zijn mogelijk, maar hieraan moet een motivering ten grondslag liggen. Deze effectafstand is minimaal 50 m en kan groter zijn afhankelijk van de wijze waarop de installatie is ontworpen. Voor de hier beschreven installatie (ESD-systeem waarmee de uitstroming bij breuk van de losslang wordt gedetecteerd en ingeblokt, vullen van het opslagvat via de damp ruimte, lossen vanuit de tankauto met een pomp en een voordruk kleiner dan 3.2 bar(g)) is de effectafstand gelijk aan 50 m. Figuur 5 toont de minimum afstand en de effectafstand samen met de berekende grenswaarde van het plaatsgebonden risico. De grenswaarde ligt gedeeltelijk binnen het gebied van 50 m rond het vulpunt. Voor de beoordeling is dan het

gebied begrensd door de omhullende van de minimum afstand van 50 m en de grenswaarde maatgevend. Ook binnen dit gebied bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten.



Figuur 4. Plaatsgebonden risicocontouren





Figuur 5. Ministerie I&M interim beleid LNG-tankstations (roze gebied rond het vulpunt met een straal van 50 m) en de grenswaarde van het plaatsgebonden risico (rode contour)

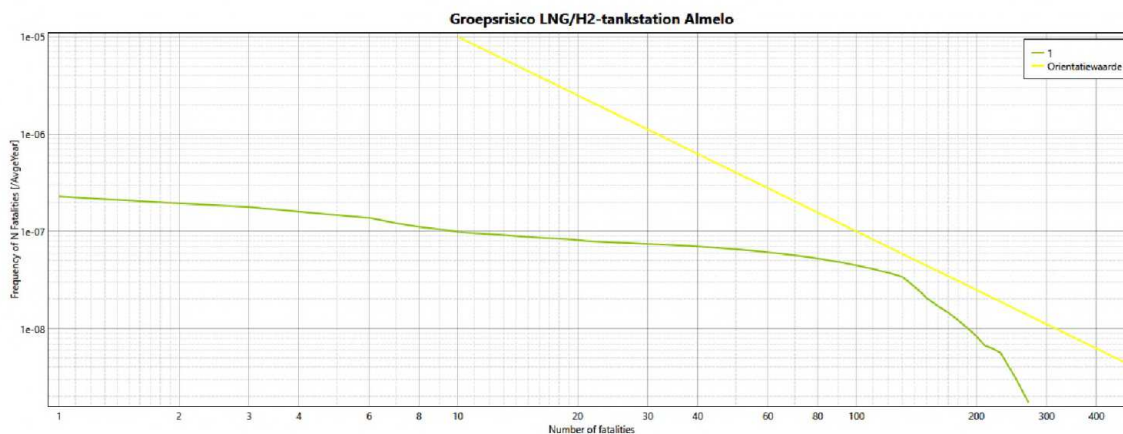
6.2 Groepsrisico

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.

Figuur 6 toont het berekende groepsrisico (groene lijn) en de oriëntatiewaarde $fN^2 = 10^{-3}$ (gele lijn). Het groepsrisico ligt onder de oriëntatiewaarde. Het maximaal aantal slachtoffers is circa 200.

Tabel 22 toont de scenario's die bepalend zijn voor het groepsrisico. De scenario's zijn gerangschikt naar de relatieve bijdrage aan de risico integraal (het oppervlak van de bijdrage van dit scenario aan de fN-curve). Tevens is aangeduid de frequentie in het bereik > 10

slachtoffers. De belangrijkste scenario's zijn het instantaan falen en continue uitstroming van het opslagvat.



Figuur 6. Groepsrisico

Scenario	Risico integraal [/jr]	Risico integraal [% totaal]	Freq 10-100 [/jr]	Freq > 100 [/jr]
Reservoir100%\Instantaan	4.0E-06	39.5	1.2E-08	1.9E-08
Reservoir80%\Instantaan	2.8E-06	28.1	1.1E-08	1.4E-08
Reservoir60%\Instantaan	1.7E-06	17.1	9.3E-09	8.1E-09
Reservoir40%\Instantaan	7.0E-07	7.0	6.5E-09	3.0E-09
Reservoir100%\Continu10min	1.5E-07	1.5	4.3E-09	0.0E+00
Tankauto\Instantaan	1.4E-07	1.4	1.9E-09	3.5E-10
PompLNG\Continu75mm	1.1E-07	1.1	0.0E+00	0.0E+00

Tabel 22. Relatieve bijdrage van scenario's aan het groepsrisico

7 Effectafstand

Effectafstanden zijn berekend voor alle scenario's. Tabel 24 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 LNG. 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]
Hoofdopslagvat	Instantaan	275	269
	Continu10min	154	170
	Continu10mm	20	24
Pomp hoofdopslagvat	Breuk	115	128
	Lekkage	15	19
VRE	Instantaan	32	39
	Continu10min	32	39
	Continu10mm	22	27
Tankauto	Instantaan	221	206
	ContinuGrootsteAansluiting	129	214
	BreukPompNoodstopOk	75	109
	BreukPompNoodstopNietOk	81	135
	LekkagePomp	13	16
	BreukSlangNoodstopOk	46	58
	BreukSlangNoodstopNietOkTerugslagklepOk	58	95
	BreukSlangNoodstopNietOkTerugslagklepNietOk	61	100
	LekkageSlang	7	9
	BLEVE tijdens verlading	197	198
	BLEVE omgevingsbrand	197	198
	BLEVE externe impact	86	87
Vulleiding	BreukNoodstopOk	22	6
	BreukNoodstopNietOkTerugslagklepOk	30	18
	BreukNoodstopNietOkTerugslagklepNietOk	31	19
	Lekkage	6	1
Afleverleiding dispenser	Breuk	18	10
	Lekkage	4	3
Slang dispenser	BreukKnopOk	27	34
	BreukNoodstopOk	32	39
	BreukNoodstopNietOk	32	39
	Lekkage	6	8
LCNG heater	Breuk	26	32

Tabel 23. Effectafstand LNG tot 1% kans op overlijden

Tabel 24 toont de afstand tot 1% kans op overlijden voor waterstof. De aanduiding in de kolommen onderdeel en scenario zijn een referentie naar de tekst in hoofdstuk 4.

Druk	Onderdeel	Scenario	D-5.0 [m]	F-1.5 [m]
-	Flessenpakket	Instantaan	3	3
		Continu	15	15
		BreukSlang	15	15
		LekkageSlang	2	2
	Cascadebuffer	Breuk	5	5
		Continu 5 mm	15	15
	Compressor	Breuk	9	9
		Lekkage	2	2
350	Slang dispenser	BreukNoodstopOk	7	7
		BreukNoodstopNietOk	7	8
		Lekkage	2	2
700	Slang dispenser	BreukNoodstopOk	9	9
		BreukNoodstopNietOk	9	9
		Lekkage	3	3

Tabel 24. Effectafstand waterstof tot 1% kans op overlijden

8 Conclusie

Het voornemen is een tankstation met een LNG- en waterstofinstallatie te plaatsen op bedrijventerrein XL Businesspark Twente in Almelo. 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 bedrijventerrein en worden gebruikt voor groen en verkeer.

Het ministerie I&M heeft een interim beleid voor LNG-tankstations ontwikkeld. Eén van de uitgangspunten is een minimum afstand voor het plaatsgebonden risico van 50 m aan te houden vanaf het vulpunt tot (beperkt) kwetsbare objecten, onafhankelijk van de berekende grenswaarde van het plaatsgebonden risico. Een ander uitgangspunt is de locatie van het LNG-tankstation dan wel objecten in de omgeving zo te kiezen dat in het gebied tussen de grenswaarde van het plaatsgebonden risico en de effectafstand van het LNG-tankstation geen kwetsbare objecten zijn gelegen of gerealiseerd kunnen worden. Beperkt kwetsbare objecten zijn mogelijk, maar hieraan moet een motivering ten grondslag liggen. Deze effectafstand is minimaal 50 m en kan groter zijn afhankelijk van de wijze waarop de installatie is ontworpen. Voor de hier beschreven installatie (ESD-systeem waarmee de uitstroming bij breuk van de losslang wordt gedetecteerd en ingeblokt, vullen van het opslagvat via de dampruimte, lossen vanuit de tankauto met een pomp en een voordruk kleiner dan 3.2 bar(g)) is deze minimum afstand gelijk aan 50 m. De grenswaarde ligt gedeeltelijk binnen het gebied van 50 m rond het vulpunt. Voor de beoordeling is dan het gebied begrensd door de omhullende van de minimum afstand van 50 m en de grenswaarde maatgevend. Ook binnen dit gebied bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten.

Het groepsrisico ligt onder de oriëntatiewaarde. Het groepsrisico dient te worden verantwoord door het bevoegd gezag.

Referenties

1. RIVM 2020 Handleiding risicoberekeningen BEVI
Versie 4.2 gedateerd 1 april 2020
2. RIVM 2008 QRA berekening LPG-tankstations
Versie 1.1 gedateerd 29 mei 2008
3. RIVM 2015 Rekenmethodiek LNG-Tankstations
Versie 1.0.1 gedateerd 2 februari 2015
4. VROM 2007 Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico
Versie 1.0 gedateerd november 2007
5. RIVM 2008 Modelleren gascilinders uit Handleiding
risicoberekeningen BEVI concept versie 1.4
6. I&M 2015 Circulaire externe veiligheid LNG-tankstations
Kenmerk IENM/BSK-20 14/270558 gedateerd 28 januari
2015
7. RIVM 2016 Risico- en effectafstanden waterstoftankstations
Memo kenmerk 20160149 VLH HAS/Sta/sij gedateerd 3
oktober 2016
8. Provincie Zuid- 2015 <http://populatieservice.demis.nl/>
Holland
9. IPO 2022 Landelijke Populatieservice. Gebruikshandleiding bij
versie 2.0, april 2022

Legenda toegepaste uitzonderingsgrondslagen

In dit document zijn gedeeltes geanonimiseerd op grond van artikel 5 van de Wet open overheid:

Art. 5.1 lid 2 onderdeel e

De eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer, tenzij de betrokken persoon instemt met openbaarmaking

Pagina('s): 1 2 7 25 28