

**- Definitief rapport - KFC Middenweg te Sittard
Onderzoek externe veiligheid**

Datum 20 mei 2014
Referentie 20140463-02

Referentie 20140463-02
Rapporttitel - Definitief rapport - KFC Middenweg te Sittard
Onderzoek externe veiligheid

Datum 20 mei 2014

Opdrachtgever Rialto Vastgoedontwikkeling B.V.
Postbus 3009
6203 DA 'S-HERTOGENBOSCH
Contactpersoon De heer drs. A. Wijnen

Behandeld door ing. P.E.M. Coenen-Stalman
DPA Cauberg-Huygen B.V.
Parkweg 22A
6212 XN MAASTRICHT
Postbus 480
6200 AL MAASTRICHT
Telefoon 043-3467878
Fax 043-3476347

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Plangebied	4
3	Wet- en regelgeving	5
3.1	Terminologie	5
3.2	Regelgeving en normstelling: transport van gevaarlijke stoffen (Circulaire)	6
3.3	Regelgeving en normstelling: vervoer van gevaarlijke stoffen via buisleidingen	6
3.4	Regelgeving en normstelling: externe veiligheid risicovolle bedrijven	7
4	Risicoanalyse	8
4.1	Algemeen	8
4.2	Transport van gevaarlijke stoffen	8
4.2.1	Transport over de weg	8
4.2.2	Spoorlijn Roermond - Sittard - Maastricht/Heerlen	8
4.3	Buisleidingen	10
4.4	Risicovolle bedrijven	11
5	Risicoberekeningen LPG-tankstation	15
5.1	Bedrijfsbeschrijving	15
5.2	Risicoberekening	15
5.2.1	Scenario's	15
5.2.2	Populatiegegevens	17
5.2.3	Modelparameters	17
5.3	Resultaten berekening	18
5.3.1	Plaatsgebonden risico	18
5.3.2	Groepsrisico	19
5.4	Conclusie	24
6	Samenvatting	25

Bijlagen

Bijlage I	Veiligheidsvisie Spoorzone
Bijlage II	Structuurvisie Sittard-Geleen
Bijlage III	QRA berekening LPG tankstations

1 Inleiding

In opdracht van Rialto Vastgoedontwikkeling B.V. is door DPA Cauberg-Huygen B.V. een onderzoek externe veiligheid uitgevoerd voor het plan 'KFC Middenweg te Sittard'. Aanleiding is het voornemen een nieuwbouw te realiseren voor de vestiging van een Kentucky Fried Chicken.

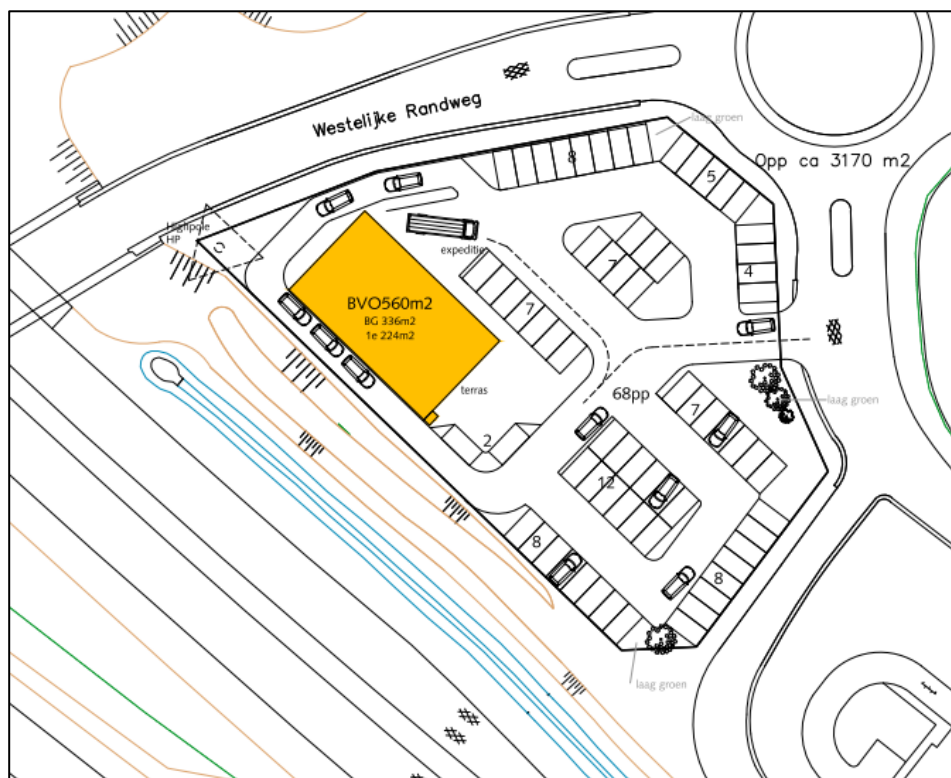
Doel van het onderzoek is om na te gaan in hoeverre externe veiligheid een belemmering kan vormen voor het plan en de eventuele randvoorwaarden die hieruit volgen ten aanzien van het gebruik van de toekomstige functies in kaart te brengen.

Het onderzoek is gericht op het in kaart brengen van belemmeringen en randvoorwaarden ten aanzien van de volgende risicobronnen:

- transport gevaarlijke stoffen (weg en spoor);
- buisleidingen;
- risicovolle bedrijven.

2 Plangebied

Het project omvat de realisatie van een Kentucky Fried Chicken met bijbehorende parkeergelegenheid binnen een projectgebied van circa 3.100 m². Het bruto vloeroppervlak van het restaurant zal circa 560 m² bedragen. In het onderstaande figuur is het plangebied weergegeven.



Figuur 2.1: Weergave plangebied

In de nabijheid van het plangebied zijn diverse risicovolle bronnen gelegen. Zo is het plangebied direct naast een LPG-tankstation gelegen en is op korte afstand een buisleidingenstrook aanwezig.

Aangezien de omschreven ontwikkeling niet binnen het vigerende bestemmingsplan past, dient een ruimtelijk procedure doorlopen te worden.

3 Wet- en regelgeving

3.1 Terminologie

Bij de beoordeling van de risico's voor de externe veiligheid hanteert de overheid twee risicogrootheden: het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Met behulp van deze grootheden worden zowel de kansen op ongevallen als de gevolgen van deze ongevallen beoordeeld. Als uitgangspunt geldt daarbij dat het overlijdensrisico ten gevolge van ongevallen met gevaarlijke stoffen voor mensen in de omgeving veel kleiner is dan het natuurlijk overlijdensrisico van mensen. Daarnaast is het uitgangspunt dat ongevallen met veel slachtoffers alleen acceptabel worden geacht bij een voldoende kleine kansverwachting.

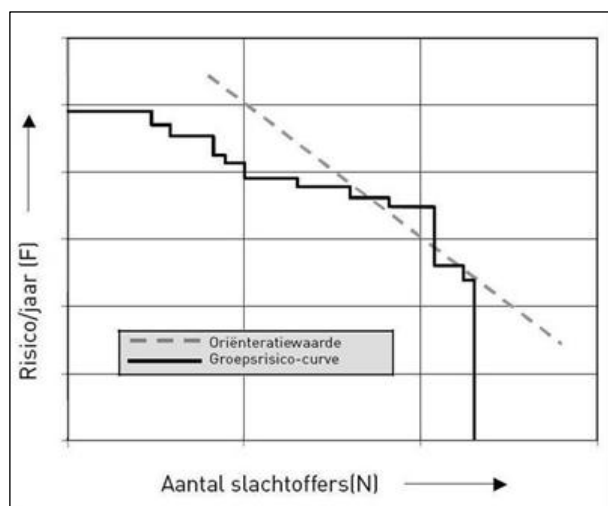
Plaatsgebonden risico (PR)

Het plaatsgebonden risico is de overlijdenskans voor een individu in de omgeving van de bron als gevolg van een ongeval met die bron.

Groepsrisico (GR):

Het groepsrisico is het risico dat een groep van 10 of meer personen gelijktijdig komt te overlijden ten gevolge van een ongeval met gevaarlijke stoffen. Het groepsrisico wordt uitgedrukt in een grafiek (zie figuur 2.1), waarin de kans op overlijden van een bepaalde groep (bijvoorbeeld 10, 100 of 1.000 slachtoffers (N)) wordt afgezet tegen de kans (risico/jaar (F)) daarop.

Anders dan bij het plaatsgebonden risico is het groepsrisico geen norm, maar er geldt een verantwoordingsplicht waarbij een vergelijking moet worden gemaakt met de oriëntatiewaarde. Dit is een richtwaarde waar het bevoegd gezag zich zoveel mogelijk aan moet houden, maar men mag hiervan wel goed onderbouwd afwijken.



Figuur 3.1 groepsrisico-curve en oriëntatiewaarde

3.2 Regelgeving en normstelling: transport van gevaarlijke stoffen (Circulaire)

Op 4 augustus 2004 is voor het transport van gevaarlijke stoffen over de weg, het spoor en het binnenwater een circulaire gepubliceerd: Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen op 4 augustus 2004. De laatste wijziging van deze circulaire vond plaats op 31 juli 2012. Deze circulaire vervangt de eerder vastgestelde risiconormering (Nota risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen (RNVGS), Ministerie V&W, Tweede Kamer, 24611, nr. 2, 15 februari 1996).

Voor de risico's als gevolg van het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg, het spoor of waterweg wordt in navolging van het Besluit externe veiligheid inrichtingen gewerkt aan het Besluit transportroutes externe veiligheid (Btev). In het project Basisnet vervoer gevaarlijke stoffen is, in voorbereiding op het Btev, beleid geformuleerd ten aanzien van ruimtelijke ordening en risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen. Het Btev zal naar verwachting begin 2014 in werking treden. Bij de laatste wijziging van de circulaire risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen is reeds ingespeeld op het Basisnet.

Normstelling

Voor nieuwe situaties is voor kwetsbare objecten (bijvoorbeeld woningen) de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico gesteld op een niveau van 10^{-6} /jaar. Voor beperkt kwetsbare objecten (bijvoorbeeld bedrijven) is dit een richtwaarde. Voor bestaande situatie geldt, zowel voor kwetsbare als beperkt kwetsbare objecten, een grenswaarde van $PR\ 10^{-5}$ /jaar en streefwaarde van $PR\ 10^{-6}$ /jaar. Voor het plaatsgebonden risico langs basisnetroutes is sprake van een vaste $PR\ 10^{-6}$ contour ofwel veiligheidszone. Dit betreft de $PR\ 10^{-6}$ op basis van de maximaal toegestane groei ruimte van het vervoer.

De oriëntatiewaarde voor het groepsrisico is per km-route of tracé bepaald op $10^{-2}/N^2$, dat wil zeggen een frequentie van 10^{-4} /jaar voor 10 of meer slachtoffers, 10^{-6} /jaar voor 100 of meer slachtoffers etc. en geldt vanaf het punt met 10 slachtoffers. In alle gevallen moet een verslechtering of overschrijding van het groepsrisico worden gemotiveerd door het bevoegd gezag.

Na inwerkingtreding van het Btev zal naast de beoordeling van het plaatsgebonden- en groepsrisico een beoordeling met betrekking tot het plasbrandaandachtsgebied (PAG) dienen plaats te vinden. Dit betreft een gebied aan weerszijden van bepaalde transportroutes waarover grote hoeveelheden zeer brandbare vloeistoffen worden vervoerd. In verband met de effecten van een ongeval waarbij die stoffen zijn betrokken (een plasbrand) moeten gemeenten bij hun ruimtelijke planvorming beargumenteren waarom op deze locaties wordt gebouwd.

3.3 Regelgeving en normstelling: vervoer van gevaarlijke stoffen via buisleidingen

Op 24 juli 2010 is voor het vervoer van gevaarlijke stoffen door buisleidingen het besluit gepubliceerd: Besluit externe veiligheid buisleidingen. Met ingang van 1 januari 2011 is dit besluit in werking getreden.

Normstelling

Voor nieuwe situaties is voor kwetsbare objecten (bijvoorbeeld woningen) de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico gesteld op een niveau van 10^{-6} /jaar. Voor beperkt kwetsbare objecten (bijvoorbeeld bedrijven) is dit een richtwaarde.

De oriëntatiewaarde voor het groepsrisico is per km-route of tracé bepaald op $10^{-2}/N^2$, dat wil zeggen een frequentie van 10^{-4} /jaar voor 10 of meer slachtoffers, 10^{-6} /jaar voor 100 of meer slachtoffers etc. en geldt vanaf het punt met 10 slachtoffers. In alle gevallen moet een verslechtering of overschrijding van het groepsrisico worden gemotiveerd door het bevoegd gezag.

3.4 Regelgeving en normstelling: externe veiligheid risicovolle bedrijven

Op 27 mei 2004 is voor inrichtingen milieubeheer een besluit gepubliceerd: Besluit externe veiligheid inrichtingen. Met ingang van 1 januari 2011 is dit besluit in werking getreden. De laatste wijziging van dit besluit vond plaats op 26 september 2012.

Normstelling

In het Bevi zijn grenswaarden gesteld voor (geprojecteerde) kwetsbare objecten en richtwaarden voor (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten ten aanzien van de PR-contouren. Voor nieuwe situaties is voor kwetsbare objecten (bijvoorbeeld woningen) de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico gesteld op een niveau van 10^{-6} /jaar. Voor beperkt kwetsbare objecten (bijvoorbeeld bedrijven) is dit een richtwaarde.

Voor het groepsrisico wordt als oriëntatiewaarde een toetsingsgrafiek voor de overschrijdingsfrequentie voor dodelijke slachtoffers gehanteerd die loopt van 10^{-5} /jaar bij 10 dodelijke slachtoffers, 10^{-7} /jaar bij 100 dodelijke slachtoffers naar 10^{-9} /jaar bij 1.000 dodelijke slachtoffers.

4 Risicoanalyse

4.1 Algemeen

De analyse voor externe veiligheid is gericht op de volgende onderdelen:

- transport gevaarlijke stoffen;
- buisleidingen;
- risicovolle bedrijven.

Bij het inventariseren van de aanwezige risicobronnen in de omgeving van het plan is, tenzij anders vermeld, gebruik gemaakt van de risicokaart (www.risicokaart.nl d.d. april 2014).

4.2 Transport van gevaarlijke stoffen

4.2.1 Transport over de weg

Binnen de gemeente Sittard-Geleen is een routing vervoer gevaarlijke stoffen vastgesteld (raadsbesluit 2006).

Het plangebied grenst aan de N276 en op circa 1 km noordelijk van het plangebied is de N294 gelegen. Conform de vastgestelde routing voor transport van gevaarlijke stoffen vindt over de N276 en N294 in de nabijheid van het plan formeel geen transport gevaarlijke stoffen plaats. Echter aangezien aan de Middenweg een LPG tankstation is gesitueerd, zal over deze weg in beperkte mate sprake zijn van transport van gevaarlijke stoffen, in verband met de bevoorrading. Omdat er maar beperkt sprake is van transport van gevaarlijke stoffen over deze weg, wordt er van uitgegaan dat er geen sprake zal zijn van een relevant groepsrisico. Voor beide wegen is geen PR 10^{-6} -contour aanwezig.

Op een afstand van circa 4,2 km is de A2 gelegen. De afstand tot aan de A2 is voor het plangebied dusdanig groot dat, hoewel formeel gezien binnen het invloedsgebied, er geen sprake zal zijn van een relevante bijdrage aan het groepsrisico.

4.2.2 Spoorlijn Roermond - Sittard - Maastricht/Heerlen

Ter hoogte van Sittard-Geleen is sprake van diverse spoortrajecten. Hoewel het plangebied binnen het invloedsgebied van verschillende spoortrajecten is gesitueerd, zijn voornamelijk de trajecten 'Maastricht-Eindhoven' en 'Heerlen-Sittard aansluiting' relevant.

In tabel 4.1 zijn de afstanden van deze trajecten tot aan het plangebied aangegeven.

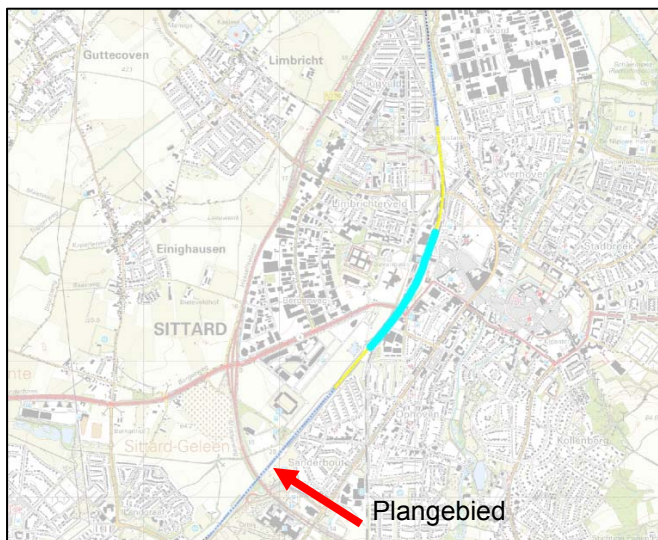
Tabel 4.1: afstand tussen plangebied en dichtstbijzijnde spoortraject

Route/tracé	Afstand tot plangebied
Traject Maastricht - Eindhoven	+/- 180 m
Traject Heerlen – Sittard aansluiting	+/- 600 m

Voor het traject 'Heerlen-Sittard aansluiting' geldt dat het plangebied op meer dan 200 meter is gelegen en derhalve zijn er op grond van de circulaire geen beperkingen aan ruimtelijke ontwikkelingen. Echter, het plangebied is wel binnen het invloedsgebied van deze risicobron gelegen. Ter hoogte van het plangebied is het groepsrisico kleiner of gelijk aan 0,3 maal de oriënterende waarde, conform het definitief Basisnet spoor.

Het plangebied is op 180 m van het traject 'Maastricht - Eindhoven' gesitueerd. Op basis van de gepubliceerde tabel Basisnet spoor blijkt voor het traject Maastricht - Eindhoven dat conform deze tabel geen veiligheidszone geldt. Het plaatsgebonden risico levert derhalve geen belemmeringen voor het plangebied. Voor dit traject geldt verder dat het groepsrisico groter is dan 0,3 maal de oriëntatiewaarde (echter $\leq OW$).

Ten noorden van het plangebied is sprake van een overschrijding van de oriëntatiewaarde (zie figuur 4.1). Gezien de afstand van het plangebied tot aan dit traject zal de bijdrage aan dit groepsrisico echter zeer beperkt zijn.



Figuur 4.1: Groepsrisico ten opzichte van de oriëntatiewaarde (bron: gemeente Sittard-Geleen)

Gezien de afstand van 180 m tot de spoorlijn, alsmede het aantal personen binnen het plangebied, kan een toename van het groepsrisico niet worden uitgesloten. Een overschrijding wordt in de toekomstige situatie uitgesloten. Wel dient nader invulling gegeven te worden aan de verantwoordingsplicht van het groepsrisico.

Veiligheidsvisie Spoorzone

Door de gemeente Sittard-Geleen is de Veiligheidsvisie Spoorzone Sittard-Geleen d.d. 13 september 2012 vastgesteld. Deze veiligheidsvisie biedt het kader om binnen de wettelijke ruimte te komen tot verantwoorde keuzen die leiden tot een goede balans tussen ruimtelijke /economische ontwikkelingen en externe veiligheid.

In de veiligheidsvisie wordt een beleid vastgelegd voor de beperking van het groepsrisico. In deze veiligheidsvisie worden verschillende zones onderscheiden, te weten de 50 meter zone, de 200 meter zone en het invloedsgebied.

Voor de 50 meter zone richt het beleid zich op een in beginsel bebouwingsvrije ruimte van 50 meter bij nieuwe ontwikkelingen (waaronder ook herstructureringsplannen zijn te verstaan). Eén van de uitgangspunten is dat er binnen de 50 meter, gemeten vanuit het hart van het buitenste spoor geen kwetsbare bestemmingen worden gerealiseerd. Aan dit uitgangspunt voldoet het plan.

Binnen de 200 meter zone geldt dat voorkomen moet worden dat er nieuwe kwetsbare bestemmingen worden gerealiseerd voor groepen mensen met geen dan wel een beperkte mate van zelfredzaamheid. Daarnaast dienen nieuwe kwetsbare bestemmingen zover als mogelijk van het spoor geprojecteerd te worden en voorzien te worden van adequate bouwkundige, effect beperkende maatregelen.

Gezien de functie van de beoogde ontwikkeling wordt aan het eerste uitgangspunt voldaan. Ten aanzien van de ligging blijkt dat het plan op 180 m van het spoor geprojecteerd is, waarmee ook met het tweede punt rekening is gehouden. Bij de verdere planuitwerking en de invulling van de verantwoording van het groepsrisico, zal zoveel als mogelijk rekening gehouden worden met de genoemde maatregelen.

Verder geldt conform de veiligheidsvisie nog het invloedsgebied als aanvullende zone. Binnen dit gebied dient sprake te zijn van een basisvoorzieningenniveau, afgestemd op de effectiviteit van maatregelen op de betreffende afstand. Bij de verdere invulling van de verantwoording van het groepsrisico dient hiermee rekening gehouden te worden. In bijlage I zijn de in dit kader relevante pagina's uit het beleid toegevoegd.

4.3 Buisleidingen

Op ruim 300 m van het plangebied is een buisleidingenstrook gelegen. Binnen deze buisleidingenstrook zijn vijf hogedruk gasleidingen gelegen. In tabel 4.2 zijn alle relevante leidingen weergegeven.

Tabel 4.2: hogedrukgasleidingen (bron: risicokaart/Gasunie)

Leiding	Diameter [inch]	Ontwerpdruk [bar]	1% letaliteit [meter]	100% letaliteit [meter]
A-520	24	66,2	310	140
A-521	36	66,2	430	180
A-578	42	66,2	490	190
A-630	48	66,2	540	210
A-665	48	79,9	580	220

Op basis van de risicokaart, alsmede navraag bij de Gasunie, blijkt dat geen van de leidingen een PR 10^{-6} -contour heeft. Het plangebied ligt op basis van de afstanden zoals genoemd in tabel 4.2 buiten de 100% letaliteitsgrens. Wel ligt het binnen het invloedsgebied van diverse leidingen.

Door ons bureau zijn voor het project 'Middengebied' te Sittard-Geleen, kwantitatieve risicoberekeningen voor de buisleidingenstrook uitgevoerd. Een en ander is samengevat in onze rapportage 'Middengebied te Sittard-Geleen, Externe veiligheid, met kenmerk 20122311-03, d.d. 22 mei 2013. Het plangebied dat in dit onderzoek bekeken is, ligt op korte afstand van de onderhavige ontwikkeling.

Uit het onderzoek komt naar voren dat binnen het project 'Middengebied' 700 woningen worden gerealiseerd. Uit de risicoberekeningen voor de buisleidingenstrook blijkt dat de oriëntatiewaarde als gevolg deze realisatie toeneemt, echter ruim onder de oriëntatiewaarde blijft, te weten maximaal 0,19*OW.

Aangezien het plangebied van de KFC binnen het invloedsgebied is gelegen, kan een stijging van het groepsrisico niet uitgesloten worden. Echter gezien het feit dat de bijdrage aan de hoogte van het groepsrisico buiten de 100%-letaliteitsgrens beperkt is (personen die binnen verblijven, dragen in deze zone niet meer bij aan het groepsrisico), zal ook de bijdrage van het plangebied aan het groepsrisico beperkt zijn. Een overschrijding van het GR wordt derhalve uitgesloten. Wel dient nader invulling gegeven te worden aan de verantwoordingsplicht van het groepsrisico.

Op grond van het Bevb dient voor de leidingen binnen het bestemmingsplan een belemmeringenstrook van 5 meter aan weerszijde van het hart van de leiding te worden opgenomen. Binnen deze strook is het verboden bestemmingen toe te staan die het oprichten van nieuwe bouwwerken mogelijk maakt en geldt een vergunningstelsel waardoor de kans op graafschade aan de buisleiding (toekomstig) wordt verminderd. De toekomstige ontwikkeling ligt op ruim 300 m, waarmee hieraan op voldaan wordt.

Structuurvisie buisleidingen

Door het Ministerie van I&M (voorheen VROM) is op 12 oktober 2012 de Structuurvisie buisleidingen vastgesteld. Deze Structuurvisie geeft aan langs welke hoofdverbindingen in de toekomst nog nieuwe buisleidingen van nationaal belang voor gevaarlijke stoffen gelegd kunnen worden. Het Rijk wil langs deze verbindingen ruimte hiervoor vrijhouden (buisleidingenstroken).

De juridische doorwerking van de Structuurvisie zal door het Besluit algemene regels ruimtelijke ordening (Barro) worden verzekerd. Beoogd is om in het Barro de verplichting op te nemen voor het bevoegd gezag om bij de opstelling of aanpassing van bestemmingsplannen of inpassingsplannen de, voor buisleidingstransport vrij te houden, stroken in acht te nemen. Het gaat hierbij om vrijwaren en niet om bestemmen. Bestaande bestemmingen veranderen door het besluit dus niet. Dat betekent wel dat in het bestemmingsplan voor deze ruimtelijke reserveringen nadere voorschriften gaan gelden.

Aangezien het voorliggende plan op ruim 300 meter van de in de Structuurvisie vastgestelde buisleidingenstrook is gelegen, valt het plangebied geheel buiten de beschermingszone.

De Structuurvisie buisleidingen levert derhalve geen belemmeringen voor het voorliggende bestemmingsplan.

4.4 Risicovolle bedrijven

Emplacement Sittard

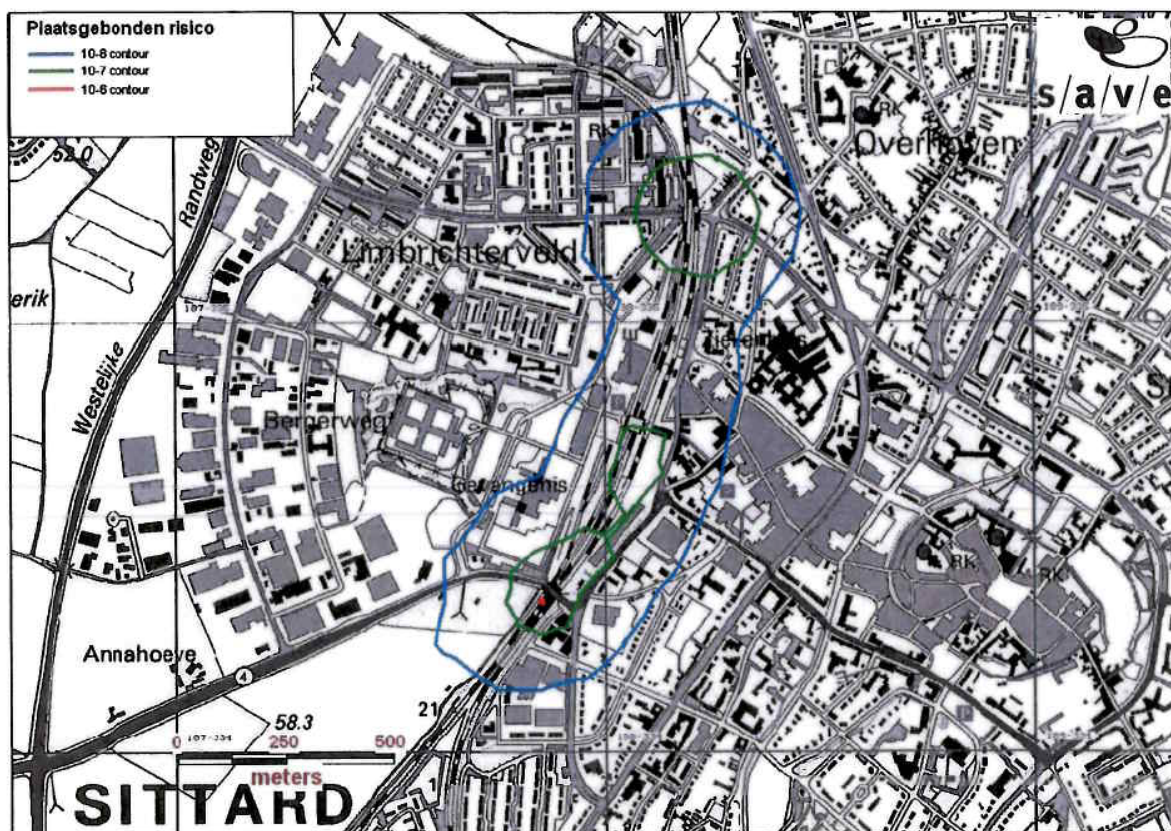
In een onderzoek voor Bedrijvenstad Fortuna¹ is het risico ten gevolge van het spoorwegemplacement onderzocht. In figuur 4.2 zijn de PR-contouren van deze inrichting weergegeven. Het plangebied ligt op circa 2 km afstand van deze bron en daarmee binnen het invloedsgebied maar ruim buiten de 10⁻⁸ plaatsgebonden risicocontour van deze inrichting.

Uit het voornoemde onderzoek volgt dat sprake is van een overschrijding van het groepsrisico. De ontwikkeling binnen het bedrijventerrein heeft echter geen rekenkundig zichtbare invloed op de hoogte van dit

¹ Extern Veiligheidsonderzoek Bedrijvenpark Fortuna e.o., Save, projectnr. 188302 090071-DD34 revisie 01 d.d. 21 januari 2009.

groepsrisico. Gezien dit plangebied op grotere afstand is gesitueerd als het bedrijventerrein wordt geconcludeerd dat ook dit plangebied geen relevante bijdrage levert aan het groepsrisico van deze inrichting.

Zoals reeds genoemd is het plangebied binnen het invloedsgebied van het emplacement gelegen. Hiermee is ook hier de Veiligheidsvisie Spoorzone van toepassing. Met name infrastructurele maatregelen, (primaire) bluswatervoorzieningen en goede voorlichting op het gebied van rampbestrijding zijn binnen deze zone van belang. In de verdere planuitwerking alsook in bij de invulling van verantwoordingsplicht van het groepsrisico zal hier nader aandacht aan geschonken worden.

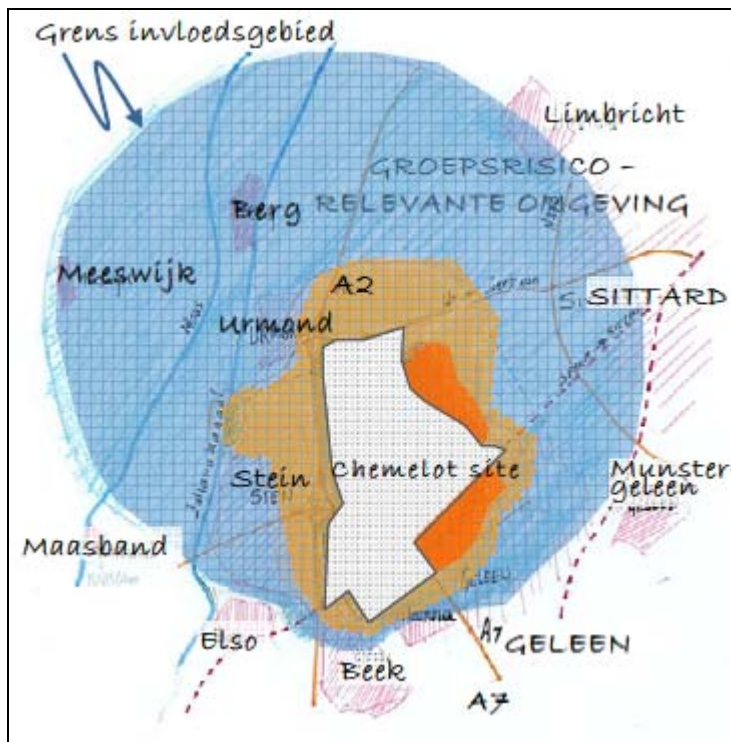


Figuur 4.2: PR risicocontouren spoorwegemplacement (bron: Externe Veiligheidsonderzoek Bedrijvenpark Fortuna e.o., Save 2009)

Bedrijventerrein Chemelot

Het plangebied ligt op circa 2 km van het bedrijventerrein. In bijlage II zijn de PR-contouren van deze inrichting weergegeven uit de Structuurvisie van de gemeente waaruit het invloedsgebied blijkt. In figuur 4.3 is verder de gebiedsindeling zoals gehanteerd in de 'Beleidsvisie externe veiligheid Chemelot Site/Westelijke Mijnstreek' d.d. 31 maart 2010 weergegeven. Op basis van deze informatie wordt het volgende geconcludeerd.

Het plangebied is gelegen binnen het invloedsgebied, echter buiten de 10^{-8} PR-contour van de inrichting gelegen. Tevens ligt het plangebied buiten het groepsrisico relevante gebied zoals weergegeven in de Beleidsvisie Chemelot. De bijdrage van de ontwikkeling aan het groepsrisico zal derhalve niet relevant zijn.

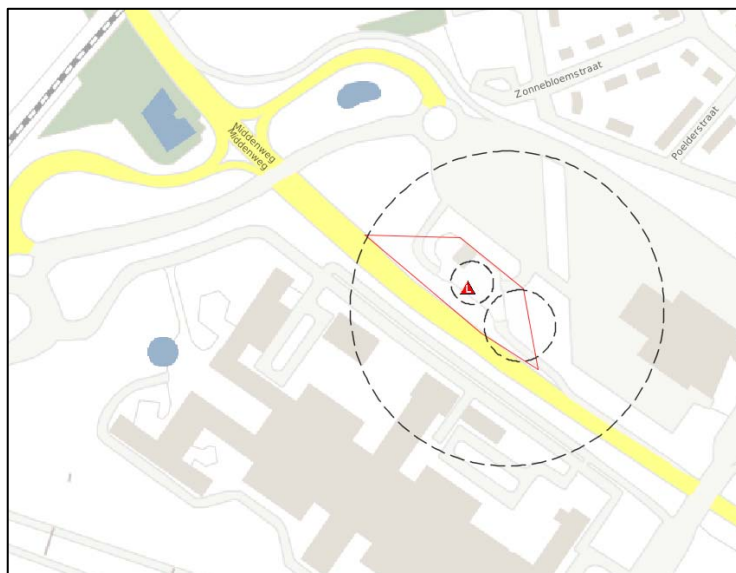


Figuur 4.3: Gebiedsindeling conform Beleidsvisie Chemelot (beige = groepsrisico relevante omgeving)

LPG-tankstation (BP Station de Middenweg)

Naast het plangebied is een LPG tankstation gelegen. Het plangebied ligt binnen de PR 10^{-6} -contour van het vulpunt. Het te realiseren gebouw ligt echter buiten deze contour. Derhalve levert het plaatsgebonden risico geen beperkingen op voor de ontwikkeling van het plan.

Gezien de korte afstand tot het tankstation ligt het plan binnen het invloedsgebied van deze inrichting. In de figuur 4.4 zijn de risicocontouren weergegeven.



Figuur 4.4: PR10-6-contouren LPG tankstation (bron: Risicokaart)

Aangezien het plangebied gerealiseerd wordt binnen het invloedsgebied van het LPG-tankstation zijn risicoberekeningen ter bepaling van de hoogte van het groepsrisico uitgevoerd.

In de onderstaande tabel zijn de resultaten kort samengevat.

Tabel 4.1: rekenresultaten

Scenario	Zonder coating/verbeterde vulslang		Met coating/verbeterde vulslang	
	Hoogte GR	Aantal slachtoffers	Hoogte GR	Aantal slachtoffers
Huidige situatie	13*OW	1.194	1,14*OW	1.194
Toekomstige situatie	13*OW	1.505	2,45*OW	1.194
Situatie conform ontwerpbesluit	1,4*OW	250	0,84*OW	248

Zoals uit de bovenstaande tabel blijkt, is een vergelijking gemaakt tussen de situatie waarbij wel en geen gebruik gemaakt wordt van een gecoate tankwagen en een verbeterde vulslang (cf. LPG-convenant).

Geconcludeerd kan worden dat de realisatie van de KFC niet leidt tot een rekenkundige toename van de hoogte van het groepsrisico, bij de situatie zonder maatregelen conform de LPG-convenant. Wel zijn er meer slachtoffers ten opzichte van de huidige situatie. Wordt uitgegaan van de uitgangspunten, gebaseerd op het ontwerpbesluit, is een significante daling van het GR te zien, evenals een flinke afname van het aantal slachtoffers.

In hoofdstuk 5 zijn de uitgangspunten, berekening en resultaten nader toegelicht.

5 Risicoberekeningen LPG-tankstation

5.1 Bedrijfsbeschrijving

Het LPG-tankstation is gelegen aan de Middenweg 100 te Sittard, deze locatie is gelegen ten oosten van het plangebied van de KFC.

Binnen de inrichting is een ondergrondse LPG-tank van 20 m³ aanwezig. De jaarlijkse doorzet bedraagt conform vergunning 1.000 m³. Er wordt geen gebruik gemaakt van venstertijden.

De x- en y-coördinaten van de LPG-installaties zijn weergegeven in tabel 5.1.

Tabel 5.1: coördinaten LPG-installaties

	x-coördinaat	y-coördinaat
Vulpunt	187.106	332.925
Ondergrondse tank	187.110	332.916

5.2 Risicoberekening

Omdat niet bekend is of er een overeenkomst met een Nederlandse leverancier is afgesloten, is bij de berekeningen uitgegaan van een scenario waarbij het LPG wordt aangeleverd conform het LPG-convenant (tankauto voorzien van hittewerende coating en verbeterde LPG-losslang) en een scenario waarbij dit niet het geval is.

5.2.1 Scenario's

De berekening van het groepsrisico is uitgevoerd volgens de door het RIVM opgestelde rekenregels in het document "QRA berekening LPG-tankstations", RIVM, d.d. 29 mei 2008, versie 1.1.

Dit document is opgenomen als bijlage III.

Voor de scenario's 'brand tijdens de verlading' dient tabel 5 van de opgestelde rekenregels te worden gehanteerd. De uitkomsten hiervan zijn als volgt:

Tabel 5.2: resultaten

Object	Toetsingsafstand [m]	Voldoet (ja/nee)
LPG-afleverzuil	17,5	Ja
Benzine afleverzuil	5	Ja
Opstelplaats benzine tankauto	25	Ja
Gebouw zonder brandbescherming met een hoogte > 10 meter	20	Ja

De uitkomsten hiervan resulteren in de volgende basisfrequentie: $2,0 \cdot 10^{-7}$ voor een Warme BLEVE door brand in de omgeving.

De basisfrequentie van een aanrijding tijdens het laden en lossen dient te worden bepaald conform tabel 7 van de opgestelde rekenregels. In de berekening voor het tankstation aan de Middenweg is uitgegaan van de situatie "Opstelplaats op een (wegrij)strook, toegestane snelheid 70 km/uur of minder" met een bijbehorende basisfrequentie van $4,8 \cdot 10^{-8}$ per jaar.

In tabel 5.3 zijn alle gebruikte scenario's in tabelvorm weergegeven.

Tabel 5.3: toegepaste scenario's

Scenario	Basisfrequentie (volgens Handleiding)	Factor	Frequentie mee gerekend
Opslag tank 20 m³			
Instantaan vrijkomen inhoud	$5 \cdot 10^{-7}$		$5 \cdot 10^{-7}$
Continu vrijkomen in 10 minuten	$5 \cdot 10^{-7}$		$5 \cdot 10^{-7}$
Lekkage uit 10 mm gat	$1 \cdot 10^{-5}$		$1 \cdot 10^{-5}$
Breuk afleverleiding	$5 \cdot 10^{-7}$	Lengte 10 meter	$5 \cdot 10^{-6}$
Lekkage afleverleiding	$1,5 \cdot 10^{-6}$	Lengte 10 meter	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Breuk vloeistofleiding	$5 \cdot 10^{-7}$	Lengte 50 meter	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Lekkage vloeistofleiding	$1,5 \cdot 10^{-6}$	Lengte 50 meter	$7,5 \cdot 10^{-5}$
Tankauto 26.700 liter			
Instantaan falen tankauto	$5 \cdot 10^{-7}$	70 x lossen per jaar	$2 \cdot 10^{-9}$
Continu vrijkomen in 10 minuten	$5 \cdot 10^{-7}$	70 x lossen per jaar	$2 \cdot 10^{-9}$
Scenario BLEVE tankauto			
Warme BLEVE tijdens verladen *	$5,8 \cdot 10^{-10}$	70 x lossen per jaar	$1,02 \cdot 10^{-9}$
Warme BLEVE door brand vulgraad 100% *	$2,0 \cdot 10^{-7}$	70 x lossen per jaar	$4,39 \cdot 10^{-10}$
Warme BLEVE door brand vulgraad 67% *	$2,0 \cdot 10^{-7}$	70 x lossen per jaar	$1,06 \cdot 10^{-9}$
Warme BLEVE door brand vulgraad 33% *	$2,0 \cdot 10^{-7}$	70 x lossen per jaar	$1,69 \cdot 10^{-9}$
Koude BLEVE door beschadiging vulgraad 100%	$4,8 \cdot 10^{-8}$	70 x lossen per jaar	$1,11 \cdot 10^{-8}$
Koude BLEVE door beschadiging vulgraad 67%	$4,8 \cdot 10^{-8}$	70 x lossen per jaar	$1,11 \cdot 10^{-8}$
Koude BLEVE door beschadiging vulgraad 33%	$4,8 \cdot 10^{-8}$	70 x lossen per jaar	$1,11 \cdot 10^{-8}$

Scenario	Basisfrequentie (volgens Handleiding)	Factor	Frequentie mee gerekend
Falen pomp			
Doorstroombegrenzer sluit	$1,0 \cdot 10^{-4}$	70 x lossen per jaar	$3,75 \cdot 10^{-7}$
Doorstroombegrenzer sluit niet	$1,0 \cdot 10^{-4}$	70 x lossen per jaar	$2,4 \cdot 10^{-8}$
Pomp	$4,4 \cdot 10^{-3}$	70 x lossen per jaar	$1,76 \cdot 10^{-5}$
Falen losslang			
Doorstroombegrenzer sluit	$4,0 \cdot 10^{-6}$	70 x lossen per jaar	$1,23 \cdot 10^{-5}$
Doorstroombegrenzer sluit niet	$4,0 \cdot 10^{-6}$	70 x lossen per jaar	$1,68 \cdot 10^{-6}$
Lek losslang	$4,0 \cdot 10^{-5}$	70 x lossen per jaar	$1,4 \cdot 10^{-3}$

* Voor het lossen met tankwagens die niet voldoen aan het LPG-convenant, is de frequentie een factor 20 hoger.

5.2.2 Populatiegegevens

Voor de populatiegegevens van de KFC is gebruik gemaakt van informatie die door de opdrachtgever is aangeleverd ten aanzien van de te verwachten bezoekersaantallen. Deze populatiegegevens, alsook de overige bevolking, zijn besproken met de gemeente Sittard-Geleen. Voor de omvang van de populatie is het gebruikelijk de grens 1% overlijdenskans (maximale-effectafstand/invloedsgebied) te hanteren. Bij de maximale effect afstand wordt geen rekening gehouden met een kans of frequentie van een ongeval, maar tot de grootste afstand tot de plaats van het ongeval, tot waarop een overlijdensrisico bestaat.

In de nabijheid van het LPG-tankstation wordt de KFC gerealiseerd. Verder zijn op korte afstand een bioscoop en een ziekenhuis gelegen. In tabel 5.4 zijn de gehanteerde persoonsaantallen weergegeven. Voor de KFC en de bioscoop is uitgegaan van de populatie in het weekend.

Tabel 5.4: personenaantallen

Locatie	Dag	Nacht	Nacht (6.00u – 9.00u)
KFC	696	588	0
Bioscoop	633	508	0
Ziekenhuis	3000	1000	1000
Woonwijk	35 p/ha	70 p/ha	70 p/ha

5.2.3 Modelparameters

De effecten en risico's zijn berekend met het programma SAFETI-NL, versie 6.542. Voor de meteorologische gegevens zijn de gegevens van het weerstation Beek aangehouden. Voor de ruwheidsparameter is 1.122 mm aangehouden (conform ruwheidskaart van het KNMI).

5.3 Resultaten berekening

5.3.1 Plaatsgebonden risico

Vergunde situatie

De afstanden van het plaatsgebonden risico dienen te worden bepaald conform de Revi. Bij een jaarlijkse doorzet van 1.000 m³ zijn de in tabel 5.5 genoemde afstanden van toepassing.

Tabel 5.5: risico afstanden volgens de Revi (1.000 m³/jaar doorzet)

	PR 10 ⁻⁶ contour [m]
Vanaf het vulpunt	110
Vanaf de afleverzuil	15
Vanaf de voorraadtank	25

De PR10⁻⁶-contour is gedeeltelijk gelegen over de bioscoop en het ziekenhuis. Het gebouw van de KFC is buiten deze PR10⁻⁶-contour gelegen. Het PR levert voor de ontwikkeling van de KFC geen beperkingen op.

Ontwerpbesluit

Voor het LPG-tankstation aan de Middenweg 100 ligt een ontwerpbesluit, dat afwijkt van de vigerende milieuv vergunning. Het voornemen is om de jaarlijkse doorzet naar 500 m³/jaar wordt verlaagd en dat er venster-tijden worden gehanteerd voor het lossen van LPG. Als gevolg van de verlaging van de doorzet, is sprake van de PR-contouren zoals opgenomen in de onderstaande tabel.

Tabel 5.6: risico afstanden volgens de Revi (500 m³/jaar doorzet)

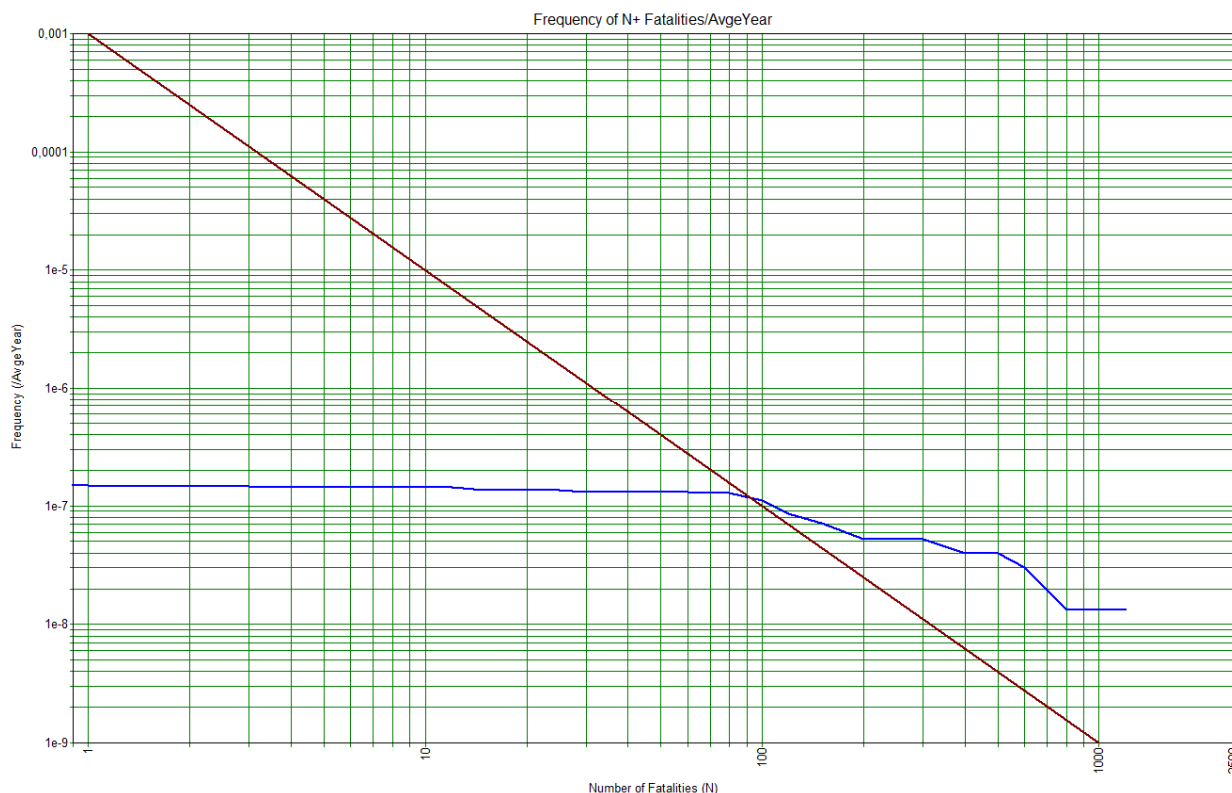
	PR 10 ⁻⁶ contour [m]
Vanaf het vulpunt	45
Vanaf de afleverzuil	15
Vanaf de voorraadtank	25

Door deze verlaging, met kleinere risicocontouren als gevolg, zouden er geen kwetsbare objecten meer binnen de PR10⁻⁶-contouren liggen.

5.3.2 Groepsrisico

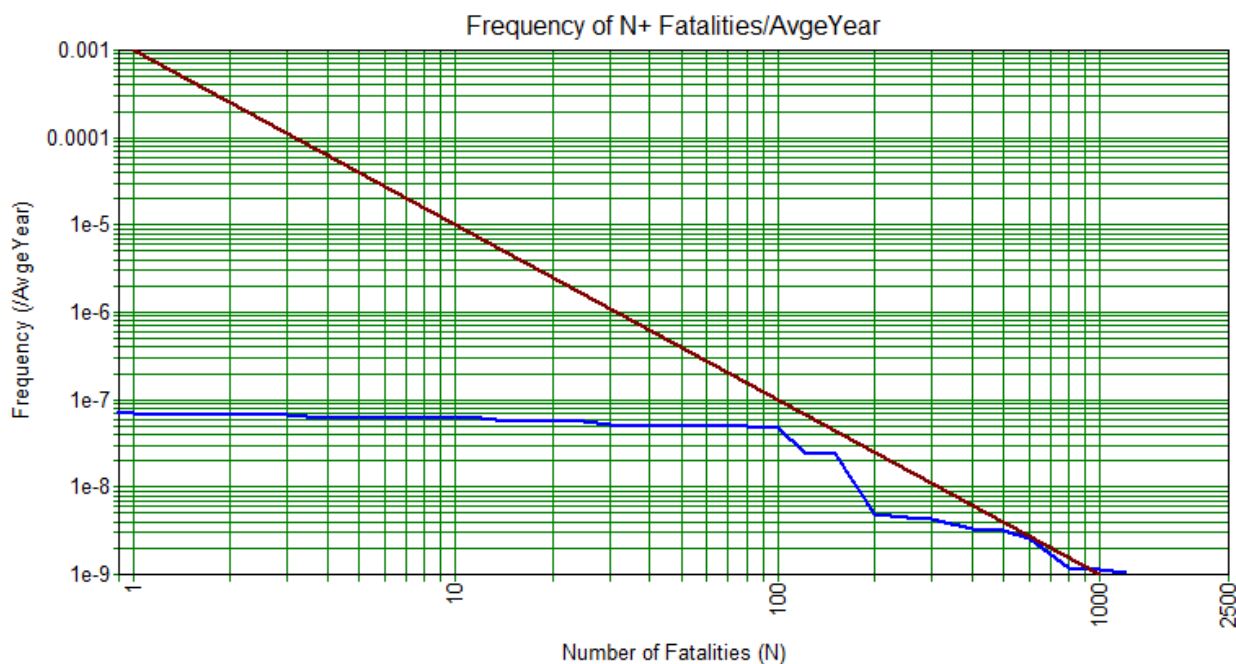
Huidige situatie (basis)

Bij de huidige situatie is uitgegaan van de maximaal aanwezige populatie voor de dag en de nacht (in weekend situaties). Daarnaast is uitgegaan dat op ieder willekeurig moment van de dag het LPG tankstation kan worden bevoorraadt.



Figuur 5.1: Hoogte GR, huidige situatie (zonder coating en verbeterde vulslang)

Uit figuur 5.1 blijkt dat de oriëntatiewaarde wordt overschreden. Dit wordt met name veroorzaakt door het laden en lossen. De maximale overschrijdingsfactor bedraagt 13*OW. Maximaal zullen er 1.194 slachtoffers vallen.

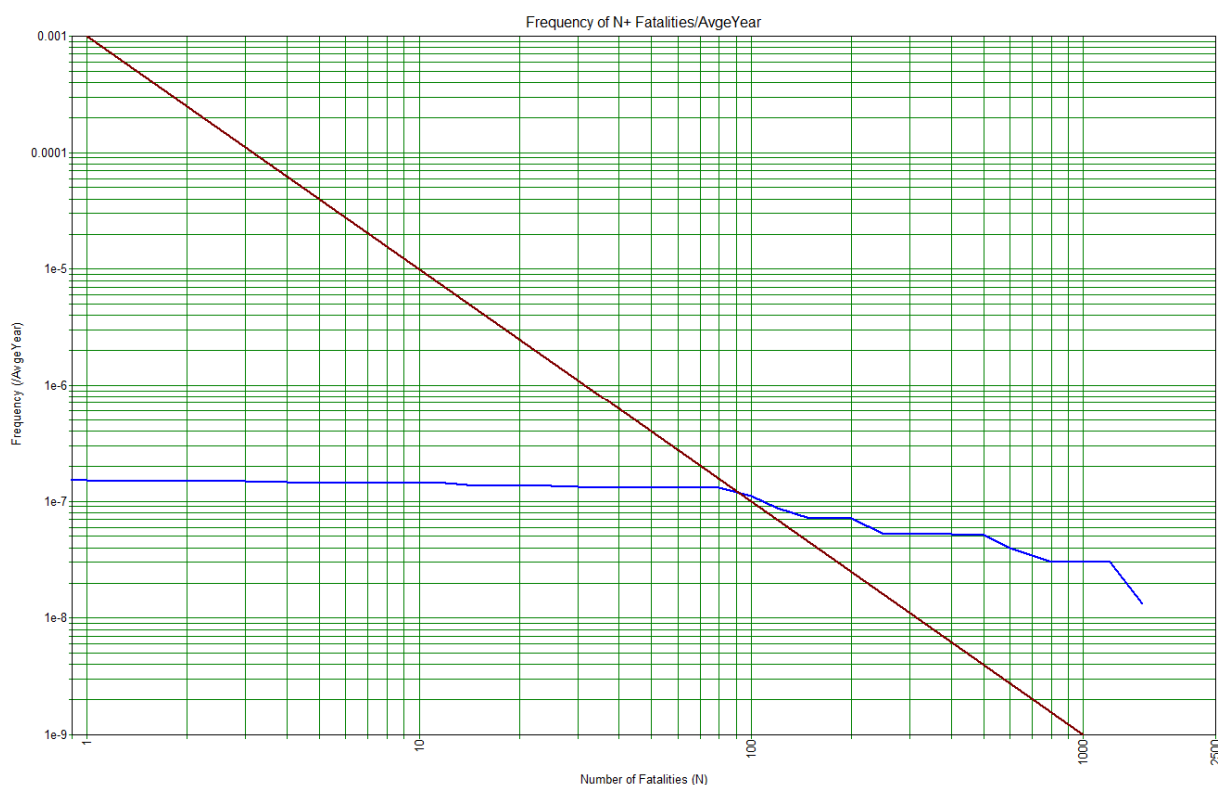


Figuur 5.2: Hoogte GR, huidige situatie (met coating en verbeterde vulslang)

Uit figuur 5.2 blijkt dat de oriëntatiewaarde ook wordt overschreden. Ook hier wordt de overschrijding met name veroorzaakt door het lossen. De maximale overschrijdingsfactor bedraagt $1,14 \cdot OW$. Maximaal zullen er 1.194 slachtoffers vallen.

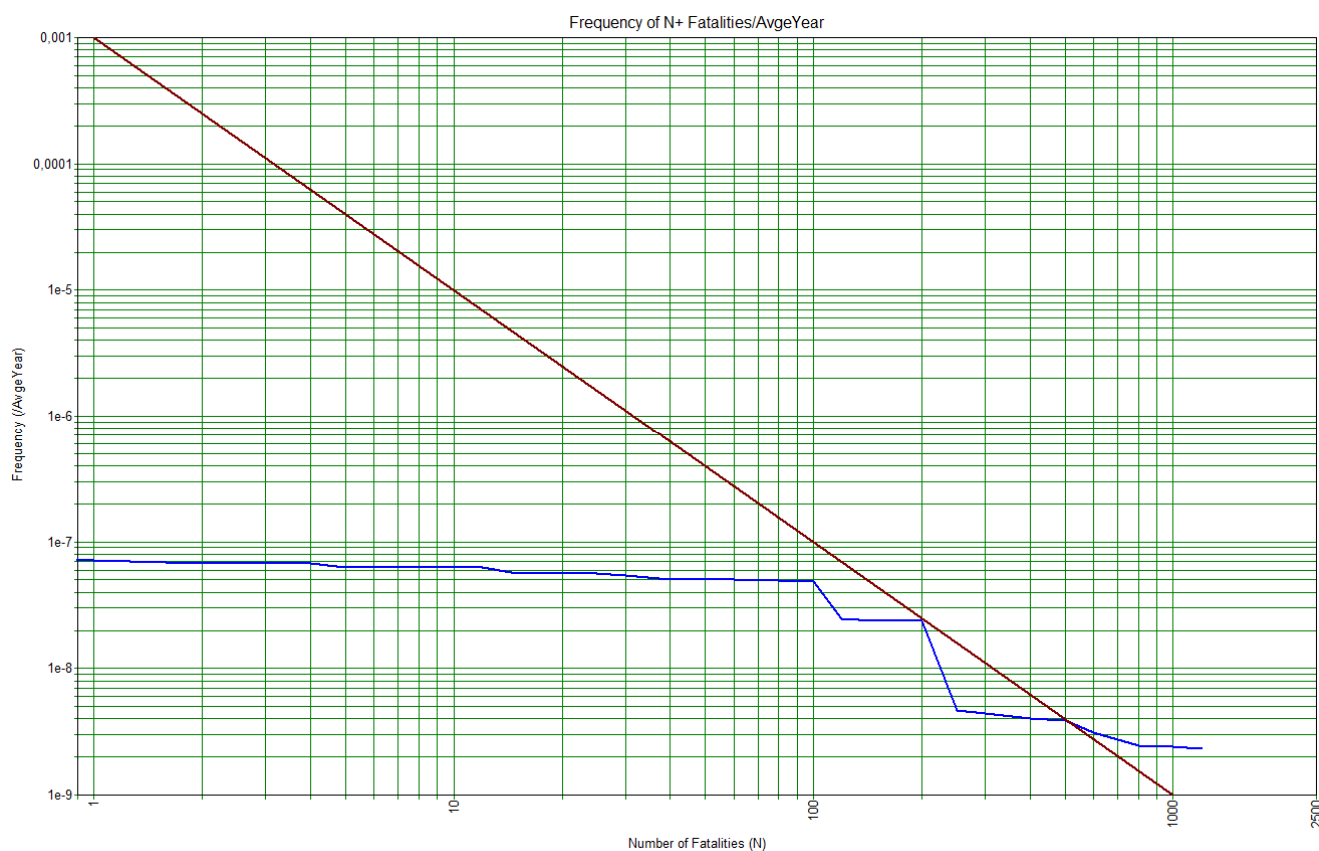
Berekening groepsrisico, toekomstige situatie (incl. plangebied)

In dit model is uitgegaan van de maximaal aanwezige populatie voor de dag en de nacht (in weekend situaties). Hierbij is uitgegaan dat op ieder willekeurig moment van de dag het LPG tankstation kan worden bevoorrad, dus zonder venstertijden.



Figuur 5.3: Hoogte GR, toekomstige situatie (zonder coating en verbeterde vulslang)

Uit figuur 5.3 blijkt dat de oriëntatiewaarde wordt overschreden. Dit wordt met name veroorzaakt door het lossen. De maximale overschrijdingsfactor bedraagt 13*OW. Maximaal zullen er 1.505 slachtoffers vallen.

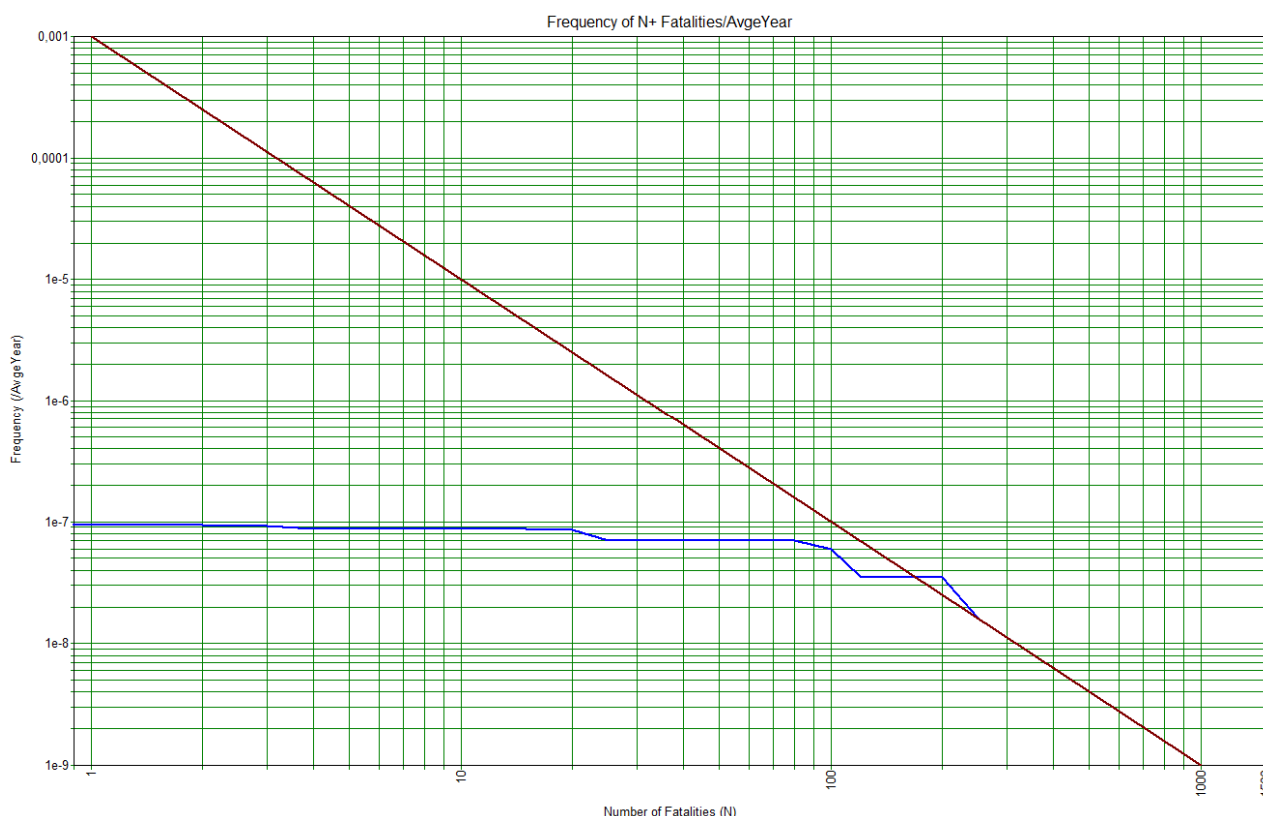


Figuur 5.4: Hoogte GR, toekomstige situatie (met coating en verbeterde vulslang)

Uit figuur 5.4 blijkt dat de oriëntatiewaarde wordt overschreden. Dit wordt met name veroorzaakt door het lossen. De maximale overschrijdingsfactor bedraagt $2,45 \cdot OW$. Maximaal zullen er 1.194 slachtoffers vallen.

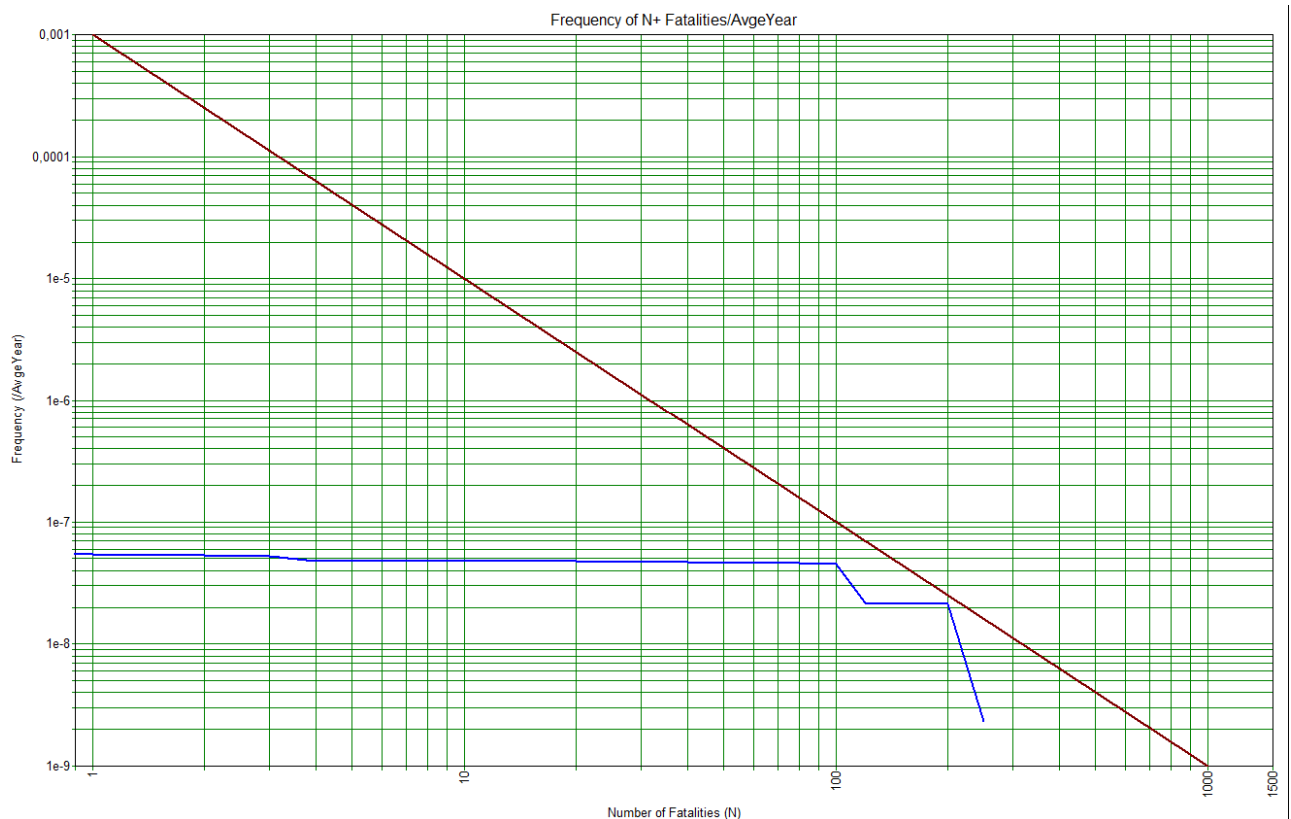
Berekening groepsrisico, variant (cf. ontwerpbesluit)

Voor het LPG-tankstation ligt, zoals reeds genoemd, momenteel een ontwerpbesluit. Hierbij wordt voorgesteld de jaarlijkse doorzet te halveren (500 m³/jaar) en zijn venstertijden gedefinieerd (lossen tussen 6.00u en 9.00u). In de variantberekening is daarom uitgegaan van de wijzigingen zoals in het ontwerpbesluit opgenomen. De aanwezige populatie van de dagsituatie is ongewijzigd, voor de nachtsituatie is een onderverdeling gemaakt in twee categorieën (zie tabel 5.4).



Figuur 5.5: Hoogte GR cf. ontwerpbesluit (zonder coating en verbeterde vulslang)

Uit figuur 5.5 blijkt dat de oriëntatiewaarde wordt overschreden. Dit wordt met name veroorzaakt door het lossen. De maximale overschrijdingsfactor bedraagt 1,4*OW. Maximaal zullen er 250 slachtoffers vallen.



Figuur 5.6: Hoogte GR cf. ontwerpbesluit (met coating en verbeterde vulslang)

Uit figuur 5.6 blijkt dat de oriëntatiewaarde niet wordt overschreden. Door de combinatie van het lossen op een tijdstip dat de bioscoop en de KFC gesloten zijn, en een halvering van de jaarlijkse doorzet, zakt het groepsrisico beneden de oriëntatie waarde. De maximale overschrijdingsfactor bedraagt $0,84 \cdot OW$, met 248 slachtoffers.

5.4 Conclusie

Op basis van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat het plaatsgebonden risico als gevolg van het LPG-tankstation niet leidt tot beperkingen voor de ontwikkeling van het plangebied.

Ten aanzien van het groepsrisico blijkt uit de berekeningen dat de oriëntatiewaarde, zowel in de huidige als in de toekomstige situatie, overschreden wordt. Uitgangspunt hierbij is de vigerende milieuvergunning. Wordt de doorzet minder dan $500 \text{ m}^3/\text{jaar}$ en worden venstertijden toegepast (cf. ontwerpbesluit), zal het groepsrisico dalen tot onder de oriënterende waarde, uitgaande van een gecoate tankwagen en een verbeterde vulslang.

6 Samenvatting

In opdracht van Rialto Vastgoedontwikkeling B.V. is door DPA Cauberg-Huygen B.V. een onderzoek externe veiligheid uitgevoerd voor het plan 'KFC Middenweg te Sittard'. Aanleiding is het voornemen een nieuwbouw te realiseren voor de vestiging van een Kentucky Fried Chicken.

Uit het onderzoek blijkt voor de verschillende risicobronnen het volgende:

Transport van gevaarlijke stoffen over de weg

Het plangebied grenst aan de N276 en op circa 1 km noordelijk van het plangebied is de N294 gelegen. Conform de vastgestelde routing voor transport van gevaarlijke stoffen vindt over de N276 en N294 in de nabijheid van het plan formeel geen transport gevaarlijke stoffen plaats. Enkel bestemmingsverkeer voor de bevoorrading van het aanwezige LPG-tankstation aan de Middenweg. Omdat er maar beperkt sprake is van transport van gevaarlijke stoffen over deze weg, wordt er van uitgegaan dat er geen sprake zal zijn van een relevant groepsrisico. Voor beide wegen is geen PR 10^{-6} -contour aanwezig.

Daarnaast is op een afstand van circa 4,2 km is de A2 gelegen. De afstand tot aan de A2 is voor het plangebied dusdanig groot dat, hoewel formeel gezien binnen het invloedsgebied, er geen sprake zal zijn van een relevante bijdrage aan het groepsrisico.

Transport van gevaarlijke stoffen over het spoor

Het plangebied is op circa 600 m van het traject 'Heerlen-Sittard aansluiting' gelegen. Op grond van de circulaire betekent dit dat er geen beperkingen aan ruimtelijke ontwikkelingen worden gesteld. Echter, het plangebied is wel binnen het invloedsgebied van deze risicobron gelegen. Ter hoogte van het plangebied bedraagt, conform het definitief Basisnet spoor, het groepsrisico 0,3 maal de oriëntatiewaarde.

Het plangebied is op 180 m van het traject 'Maastricht - Eindhoven' gesitueerd. Op basis van de gepubliceerde tabel Basisnet spoor blijkt voor het traject Maastricht - Eindhoven dat conform deze tabel geen veiligheidszone geldt. Het plaatsgebonden risico levert derhalve geen belemmeringen voor het plangebied. Voor dit traject geldt verder dat het groepsrisico groter is dan 0,3 maal de oriëntatiewaarde (echter $\leq OW$).

Gezien de afstand van 180 m tot de spoorlijn, alsmede het aantal personen binnen het plangebied, kan een toename van het groepsrisico niet worden uitgesloten. Een overschrijding wordt in de toekomstige situatie echter niet verwacht. Wel dient nader invulling gegeven te worden aan de verantwoordingsplicht van het groepsrisico.

Gezien bovenstaande is de Veiligheidsvisie Spoorzone van toepassing. Hiermee zal in de verdere planuitwerking alsook bij de invulling van de verantwoordingsplicht zal hiermee rekening gehouden worden.

Buisleidingen

Op ruim 300 m van het plangebied is een buisleidingenstrook gelegen. Binnen deze buisleidingenstrook zijn vijf hogedruk gasleidingen gelegen. Op basis van de risicokaart, alsmede navraag bij de Gasunie, blijkt dat geen van de leidingen een PR 10^{-6} -contour heeft. Het plangebied ligt op basis van afstanden buiten de 100% letaliteitsgrens. Wel ligt het binnen het invloedsgebied van diverse leidingen.

Door ons bureau zijn voor het project 'Middengebied' te Sittard-Geleen, kwantitatieve risicoberekeningen voor de buisleidingenstrook uitgevoerd. Het plangebied dat in dit onderzoek bekeken is, ligt op korte afstand van de onderhavige ontwikkeling.

Uit dit onderzoek komt naar voren dat binnen het project 'Middengebied' 700 woningen worden gerealiseerd. Uit de risicoberekeningen voor de buisleidingenstrook blijkt dat de oriëntatiewaarde als gevolg deze realisatie toeneemt, echter ruim onder de oriëntatiewaarde blijft, te weten maximaal 0,19*OW.

Aangezien het plangebied van de KFC binnen het invloedsgebied is gelegen, kan een stijging van het groepsrisico niet uitgesloten worden. Echter gezien het feit dat de bijdrage aan de hoogte van het groepsrisico buiten de 100%-letaliteitsgrens beperkt is (personen die binnen verblijven, dragen in deze zone niet meer bij aan het groepsrisico), zal ook de bijdrage van het plangebied aan het groepsrisico beperkt zijn. Een overschrijding van het GR wordt derhalve uitgesloten. Wel dient nader invulling gegeven te worden aan de verantwoordingsplicht van het groepsrisico.

Op basis van afstand levert ook de Structuurvisie buisleidingen geen belemmeringen op voor het plan. Het plangebied is op ruim 300 meter van de in de Structuurvisie vastgestelde beschermingszone gelegen.

Risicovolle bedrijven

Emplacement Sittard

In een onderzoek voor Bedrijvenstad Fortuna is het risico ten gevolge van het spoorwegemplacement onderzocht. Het voorliggende plangebied ligt op circa 2 km afstand van deze bron en daarmee binnen het invloedsgebied maar ruim buiten de 10^{-8} plaatsgebonden risicocontour van deze inrichting.

Tevens is uit het onderzoek gebleken dat sprake is van een overschrijding van het groepsrisico. De ontwikkeling binnen het bedrijventerrein heeft echter geen rekenkundig zichtbare invloed op de hoogte van dit groepsrisico. Gezien dit plangebied op grotere afstand is gesitueerd dan het bedrijventerrein wordt geconcludeerd dat ook dit plangebied geen relevante bijdrage levert aan het groepsrisico van deze inrichting.

Zoals reeds genoemd is het plangebied binnen het invloedsgebied van het emplacement gelegen. Hiermee is ook hier de Veiligheidsvisie Spoorzone van toepassing. In de verdere planuitwerking alsook in bij de invulling van verantwoordingsplicht van het groepsrisico zal hier nader aandacht aan geschonken worden.

Bedrijventerrein Chemelot

Het plangebied ligt op circa 2 km van het bedrijventerrein. Hiermee ligt het binnen het invloedsgebied, echter buiten de 10^{-8} PR-contour van de inrichting. Tevens ligt het plangebied buiten het groepsrisico relevante gebied zoals weergegeven in de Beleidsvisie Chemelot. De bijdrage van de ontwikkeling aan het groepsrisico zal derhalve niet relevant zijn.

LPG-tankstation (BP Station de Middenweg)

Naast het plangebied is een LPG tankstation gelegen. Het plangebied ligt binnen de PR 10^{-6} -contour van het vulpunt. Het te realiseren gebouw ligt echter buiten deze contour. Derhalve levert het plaatsgebonden risico geen beperkingen op voor de ontwikkeling van het plan.

Gezien de korte afstand tot het tankstation ligt het plan binnen het invloedsgebied van deze inrichting. Derhalve zijn kwantitatieve risicoberekeningen uitgevoerd ter bepaling van de hoogte van het groepsrisico. Bij de berekeningen zijn variantberekeningen gemaakt waarbij is gerekend met en zonder gecoate tankwagen en verbeterde vulslang.

Ten aanzien van het groepsrisico blijkt uit de berekeningen dat de oriëntatiewaarde, zowel in de huidige als in de toekomstige situatie, overschreden wordt. Uitgangspunt hierbij is de vigerende milieuvergunning.

Wordt de doorzet minder dan 500 m³/jaar en worden venstertijden toegepast (cf. ontwerpbesluit), zal het groepsrisico dalen tot onder de oriënterende waarde, indien gebruik wordt gemaakt van een gecoate tankwagen en verbeterde vulslang.

DPA Cauberg-Huygen B.V.



ing. P.E.M. Coenen-Stalman
Projectleider

Bijlage I Veiligheidsvisie Spoorzone

50 meter zone

Aanvullend op de zonering voor het plaatsgebonden risico bevat deze veiligheidsvisie een afstand van 50 meter, gemeten vanuit het hart van het (buitenste) spoor. Deze zone beoogt een positieve bijdrage te leveren aan de oriëntatiewaarde van het groepsrisico.

Sittard-Geleen onderkent met de 50 meterzone het economische belang van het vervoer met gevaarlijke stoffen maar ook het daaraan verbonden risico. Deze zone omvat de zone van de PR-contour met de hierboven genoemde restricties en randvoorwaarden. Buiten de PR-contour én binnen de 50 meter, gemeten vanuit het hart van het buitenste spoor van een vrij baanvak of een emplacement, gelden als uitgangspunt dat:

- binnen de contour geen kwetsbare bestemmingen worden gerealiseerd;
- in beginsel geen beperkt kwetsbare bestemmingen worden gerealiseerd;
- waar mogelijk de sloopprogrammering van de gemeente Sittard-Geleen (Woonmilieuvisie 2009 en Sectorale Structuurvisie Wonen Westelijke Mijnstreek) zich richt op binnen de zone gelegen kwetsbare en beperkt kwetsbare bestemmingen (bestaande situatie);
- situationeel sanering van aanwezige (beperkt) kwetsbare bestemmingen wordt overwogen.

Het beleid richt zich op een in beginsel bebouwingsvrije ruimte van 50 meter bij nieuwe ontwikkelingen (waaronder ook herstructureringsplannen zijn te verstaan).

Gronden binnen de 50 meter kunnen wel bijvoorbeeld worden ingezet als parkeerterrein. Afhankelijk van het bedenken van dit soort alternatieve gebruiksfuncties, kan er sprake zijn van derving van inkomsten ingeval sprake is van nieuwe ontwikkelingen.

200 meter zone

Deze zone omvat de PR-contour en de 50 meter zone met de hierboven genoemde restricties en randvoorwaarden.

TNO-onderzoek heeft aangetoond dat binnen deze zone bouwkundige voorzieningen rekenkundig waarneembaar en daarmee 'geobjectiveerd' effectief zijn. Buiten deze afstand kunnen voorzieningen weliswaar nog effectief zijn doch zijn niet meer rekenkundig waarneembaar.

Buiten bouwkundige voorzieningen zijn uiteraard ook andersoortige effectieve maatregelen denkbaar zowel binnen als buiten de 200 meter zone.

Buiten de 50 meter zone én binnen de 200 meter zone, gemeten vanuit het hart van het buitenste spoor van een vrij baanvak of een emplacement, gelden als restricties en randvoorwaarden:

- Het voorkomen van nieuwe kwetsbare bestemmingen voor groepen mensen met geen dan wel een beperkte mate van zelfredzaamheid.
- Het gemeentelijke beleid richt zich op basis van vrijwilligheid op een verplaatsing buiten de 200 meter van kwetsbare bestemmingen met mensen die niet of beperkt zelfredzaamheid zijn.
- Overige nieuwe kwetsbare bestemmingen worden zover als mogelijk van het spoor geprojecteerd en dienen te worden voorzien van adequate bouwkundige, effectbeperkende maatregelen.
- Bij nieuwe beperkt kwetsbare bestemmingen worden bouwkundige, effectbeperkende voorzieningen geïmplementeerd.

Invloedsgebied

Voor dit gebied geldt het criterium van de 1% letaliteit. In dit gebied dient sprake te zijn van een (generiek) basisvoorzieningsniveau dat in samenspraak met de brandweer is bepaald.

De basisvoorzieningen zijn de volgende:

- a. Bereikbaarheid:
 1. Plangebied tweezijdig ontsloten
 2. Geen doodlopende straten langer dan 40 meter

3. Doodlopende straten tot 40 meter voorzien van een keerlus

b. Bluswatervoorziening primair:

- i. Debiet = 60 m³/uur, onbeperkte levertijd. Bij nieuwe woonwijken kan, mits voldaan wordt aan KIWA normen, terug naar 30m³/uur gegaan worden.
- ii. 80 meter onderlinge afstand
- iii. Voorziening tot op 15 meter benaderbaar voor brandweer
- iv. Te allen tijde te gebruiken (bv: geen parkeerplaats bovenop voorziening).

Deze zone omvat de PR-contour, de 50 meter zone en de 200 meter zone met de hierboven genoemde restricties en randvoorwaarden. Binnen het effectgebied geldt als randvoorwaarde:

- De gemeente verplicht zich bij de planopzet van nieuwe ontwikkelingen in het effectgebied rekening te houden met infrastructurele maatregelen in de openbare ruimte (waaronder vluchtwegen, opstelplaatsen, blusvoorzieningen) en draagt zorg voor een goede voorlichting op het gebied van rampbestrijding.

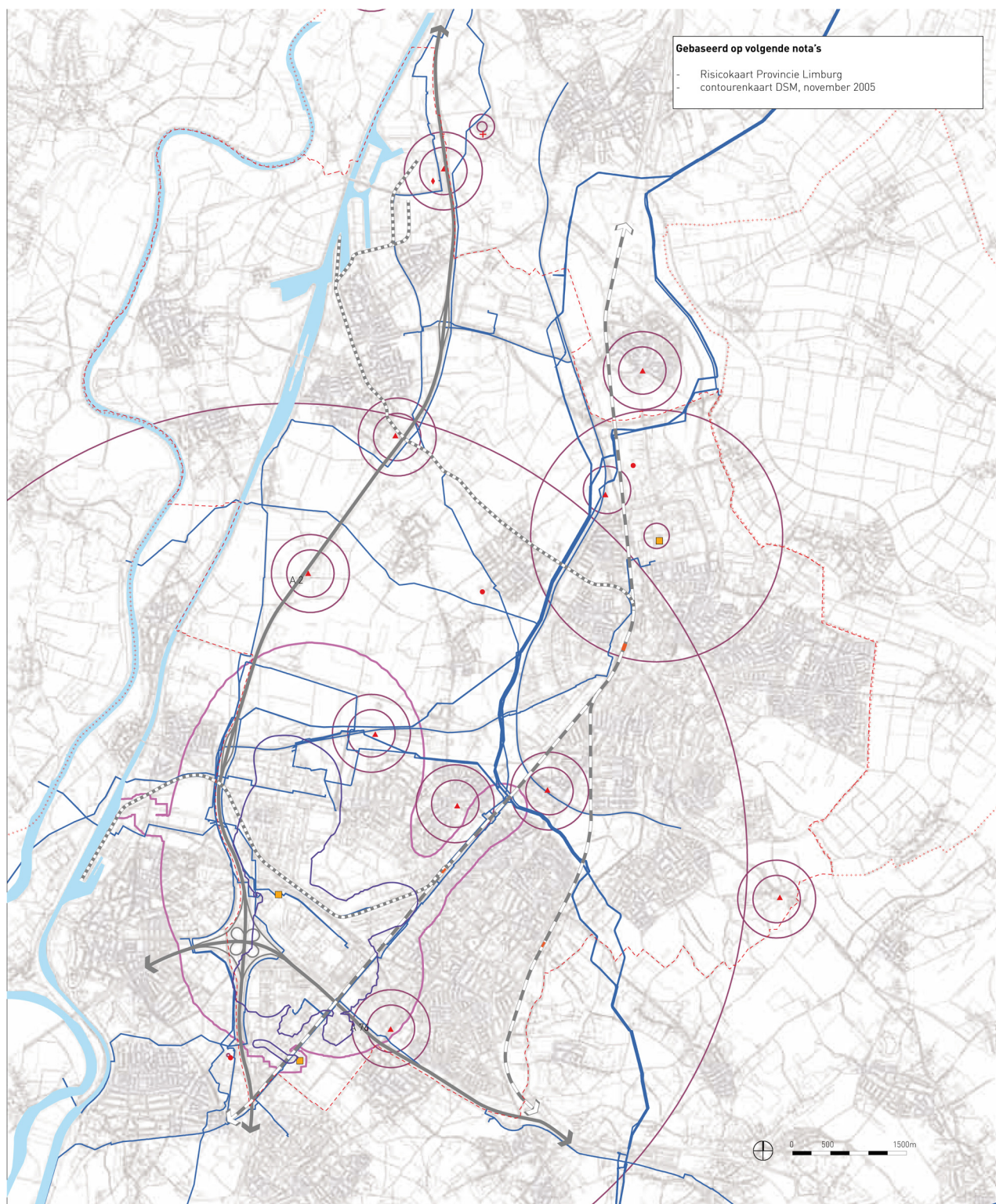
De gestelde zoneringen zijn cumulatief. Voor elke zone geldt dat de restricties en randvoorwaarden van de cumulatieve 'onderliggende' zones gelden, tenzij binnen de desbetreffende zone een zwaardere restrictie of randvoorwaarde geldt. Dit betekent bijvoorbeeld, dat de randvoorwaarde die geldt in het effectgebied, ook geldt voor de 200 meter, 50 meter en PR-contour zone.

Alleen op zwaarwegende economische of maatschappelijke gronden kan met om redenen omkleed door het bestuursorgaan van het beleid in deze visie worden afgeweken.

Bijlage II Structuurvisie Sittard-Geleen

STRUCTUURVISIE

Sittard-Geleen



Externe veiligheid

Legenda

+++++	Landgrens	—	Buisleidingdeel	▲	LPG
- - -	Gemeentegrens	—	Risicocontour 10 ⁻⁶ DSM	●	Opslag
—	Snelweg	—	Risicocontour 10 ⁻⁸ DSM	◆	Ammoniak
—	Spoorlijn	—	Effectafstand 1% letaliteit	+	Overig
—	Goederen spoorlijn			■	BRZO

Bijlage III QRA berekening LPG tankstations

QRA berekening LPG-tankstations

Opdrachtgever: Diverse gemeenten en provincies
Datum: 29 mei 2008, versie 1.1[#]
Uitvoerder: Centrum Externe Veiligheid (cev@rivm.nl)

[#]Deze versie is tekstueel verduidelijkt maar is inhoudelijk ongewijzigd ten opzichte van de voorgaande versie van 20 december 2007.

1. LPG-tankstations als bedoeld in artikel 2.1 onder e van het Bevi

1.1 Inleiding

In deze notitie is de rekenmethode voor LPG-tankstations beschreven. Voor LPG-tankstations moeten scenario's worden meegenomen voor het opslagvat inclusief leidingwerk en de verlading inclusief de tankauto. Voor de verlading zijn de volgende scenario's van belang:

- intrinsiek falen van de tankauto
- BLEVE tankauto ten gevolge van brand (warme BLEVE)
- BLEVE tankauto ten gevolge van externe beschadiging (koude BLEVE)
- falen pomp
- falen losslang

De berekening moet worden uitgevoerd met propaan als karakteristieke stof. De rekenmethode is beschreven aan de hand van een referentie LPG-tankstation met een LPG-doorzet van 1.000 m³ per jaar.

1.2 Scenario's opslagvat

De scenario's voor het opslagvat zijn samengevat in *Tabel 1*.

Tabel 1 Scenario's voor opslagvat onder druk

Scenario	Basisfrequentie (jaar ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
O.1 opslagvat - Instantaan falen	5×10^{-7}		5×10^{-7}
O.2 opslagvat – 10 minuten	5×10^{-7}		5×10^{-7}
O.3 opslagvat – 10 mm gat	1×10^{-5}		1×10^{-5}
O.4 vloeistofleiding – Breuk leiding 1,25"	$5 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$	10 m	5×10^{-6}
O.5 vloeistofleiding – lek 0,125"	$1,5 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1}$	10 m	$1,5 \times 10^{-5}$
O.6 afleverleiding –breuk 1,25"	$5 \times 10^{-7} \text{ m}^{-1}$	75 m	$3,75 \times 10^{-5}$
O.7 afleverleiding – lek 0,125"	$1,5 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1}$	75 m	$1,125 \times 10^{-4}$

Opmerkingen:

- De ondergrondse opslagtank bevat 9.200 kg LPG.
- Voor een ondergrondse opslag wordt in SAFETI-NL de optie "Ignore Fireball risks (Eg. if a Mounded Tank)" aangevinkt, waardoor het BLEVE-scenario niet wordt meegenomen. Bij een ondergrondse opslagtank moet de uitstroming bij de scenario's O.2 en O.3 verticaal worden gemodelleerd, bij een ingeterpte tank horizontaal.

- De vloeistofleiding van het vulpunt naar het opslagvat heeft standaard een lengte van 10 m en een diameter van 1,25". De afleverleiding van het opslagvat naar de afleverzuilen heeft een lengte van 75 m en een diameter van 1,25". De uitstroming wordt voor de ondergrondse leidingen verticaal gemodelleerd.

1.3 Scenario's intrinsiek falen tankauto

De scenario's voor intrinsiek falen zijn gegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Scenario's voor de LPG-tankauto

Scenario	Basisfrequentie (jaar ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
T.1 tankauto - Instantaan falen (vulgraad 100%)	5×10^{-7}	$70 \times 0,5/8766$	$2,00 \times 10^{-9}$
T.2 tankauto – grootste aansluiting (vulgraad 100%)	5×10^{-7}	$70 \times 0,5/8766$	$2,00 \times 10^{-9}$

Opmerkingen:

- Bij een LPG-omzet van 1.000 m³ per jaar is het aantal verladingen gelijk aan 70 per jaar voor het referentie LPG-tankstation. De aanwezigheid is 0,5 uur per bezoek.
- De BLEVE wordt gemodelleerd als een warme BLEVE. De insteldruk van het veiligheidsventiel van de tankauto is 19,25 barg [i], zodat de faaldruk gelijk is aan $1,21 \times 20,25 \text{ bara} = 24,5 \text{ bara}$ (23,5 barg).

1.4 Scenario's tankauto ten gevolge van brand

Een BLEVE van een aanwezige tankauto kan ontstaan ten gevolge van brand tijdens de verlading en brand in de omgeving.

Tijdens verlading kan een langdurige lekkage van LPG ontstaan, wat na ontsteking uiteindelijk tot een BLEVE van de tankauto kan leiden (zie hiervoor ook de Handleiding Risicoberekeningen Bevi versie 3.0, paragraaf 3.15). Het scenario en de frequentie is gegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Scenario's BLEVE van de LPG-tankauto (voorzien van een hittewerende coating) ten gevolge van brand tijdens de verlading

Scenario	BLEVE frequentie (uur ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
B.1 BLEVE tankauto (vulgraad 100%)	$5,8 \times 10^{-10}$	$70 \times 0,5 \times 0,05$	$1,02 \times 10^{-9}$

Opmerking:

- Bij een LPG-tankauto voorzien van een hittewerende coating is de faalfrequentie voor een warme BLEVE van een tankauto gereduceerd met een factor 20 ten opzichte van de standaard faalfrequentie in de Handleiding Risicoberekeningen Bevi versie 3.0, paragraaf 3.15.

De frequentie van een brand in de nabijheid van een tankauto is afhankelijk van een aantal toetsafstanden (zie Tabel 4) en wordt afgeleid uit Tabel 5.

Tabel 4 Toetsingsafstand voor het vulpunt ten opzichte van een aantal objecten

Nr	Object	Toetsingsafstand
1	LPG-afleverzuil	17,5 m
2	Benzine afleverzuil	5 m
3	Opstelplaats benzine tankauto	25 m
4	<u>Gebouw zonder brandbescherming</u>	
	- hoogte < 5 m	10 m
	- 5 m < hoogte < 10 m	15 m
	- hoogte > 10 m	20 m
	<u>Gebouw met brandwerende voorzieningen¹</u> (en maximaal 50% gevelopeningen)	
	- hoogte < 5 m	5 m
	- 5 m < hoogte < 10 m	10 m
	- hoogte > 10 m	15 m

Tabel 5 Frequentie van een brand nabij een LPG-tankauto (voor 100 verladingen per jaar)

Ligt het vulpunt binnen de toetsingsafstand uit tabel 4?				Brand frequentie (per jaar)
LPG-afleverzuil	Benzine afleverzuil	Opstelplaats tankauto	Gebouw	
Ja	Ja	Ja	Ja	2×10^{-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	1×10^{-6}
Ja	Nee	Ja	Nee	
Nee	Nee	Nee	Ja	
Ja	Ja	Nee	Nee	8×10^{-7}
Nee	Ja	Ja	Nee	
Ja	Nee	Nee	Nee	6×10^{-7}
Nee	Nee	Ja	Nee	
Nee	Ja	Nee	Nee	4×10^{-7}
Nee	Nee	Nee	Nee	2×10^{-7}

De BLEVE frequentie van de tankauto die wordt aangestraald door een brand in de omgeving van de tankauto voor een brand in de omgeving is afhankelijk van:

1. de kans op een brand in de omgeving van de tankauto, bepaald aan de hand van de verschillende toetsingsafstanden (tabel 5);
2. het aantal verladingen;
3. de vulgraad van de tankauto en
4. de aanwezigheid van een hittewerende coating.

In tabel 6 zijn de frequenties gegeven voor de situatie dat het LPG-tankstation aan geen enkele (interne) toetsingsafstand voldoet en de tankauto is voorzien van een hittewerende coating.

¹ In het besluit LPG-tankstations wordt 30 minuten brandwerendheid aangehouden

Tabel 6 BLEVE scenario's van de LPG-tankauto voorzien van een hittewerende coating ten gevolge van brand voor de situatie dat het vulpunt binnen alle toetsingsafstanden ligt

Scenario	Brandfrequentie (per 100 verladingen)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
B.2 BLEVE tankauto - vulgraad 100%	2×10^{-6}	$70/100 \times 0,33 \times 0,19 \times 0,05$	$4,39 \times 10^{-9}$
B.3 BLEVE tankauto - vulgraad 67%	2×10^{-6}	$70/100 \times 0,33 \times 0,46 \times 0,05$	$1,06 \times 10^{-8}$
B.4 BLEVE tankauto - vulgraad 33%	2×10^{-6}	$70/100 \times 0,33 \times 0,73 \times 0,05$	$1,69 \times 10^{-8}$

Opmerkingen:

- De tankauto bezoekt 70 keer per jaar het referentie LPG-tankstation, waar de brandfrequentie gegeven is voor 100 verladingen per jaar.
- Bij een bezoek is de vulgraad van de tankauto gelijk aan 100%, 67% of 33% van de maximale belading.
- De BLEVE wordt gemodelleerd als een warme BLEVE met de faaldruk gelijk aan 24,5 bara (23,5 barg).
- Bij een LPG-tankauto voorzien van een hittewerende coating mag de faalfrequentie voor een warme BLEVE van een tankauto worden gereduceerd met een factor 20 (0,05).

1.5 Scenario's tankauto ten gevolge van externe beschadiging

Een BLEVE van een tankauto kan ook plaatsvinden ten gevolge van externe impact. De BLEVE kans is afhankelijk van de opstelplaats en is gegeven in Tabel 7. De berekening voor de Revi afstandentabel is uitgevoerd met de hoogste frequentie; de scenario's zijn gegeven in Tabel 8.

Tabel 7 Frequentie van een BLEVE van een LPG-tankauto ten gevolge van externe beschadiging (100 verladingen per jaar)

Opstelplaats tankauto	BLEVE Frequentie (per jaar)
Geïsoleerde opstelplaats waarbij een aanrijding van opzij tegen de leidingkast niet aannemelijk wordt geacht (ook niet met lage snelheid)	$2,5 \times 10^{-9}$
Opstelplaats op een (wegrij)strook, toegestane snelheid 70 km/uur of minder	$4,8 \times 10^{-8}$
Overige situaties	$2,3 \times 10^{-7}$

QRA berekening LPG-tankstations

Tabel 8 Scenario's BLEVE van de LPG-tankauto ten gevolge van externe beschadiging

Scenario	faalfrequentie (per 100 verladingen)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
B.5 BLEVE tankauto - vulgraad 100%	$2,3 \times 10^{-7}$	$70/100 \times 0,33$	$5,31 \times 10^{-8}$
B.6 BLEVE tankauto - vulgraad 67%	$2,3 \times 10^{-7}$	$70/100 \times 0,33$	$5,31 \times 10^{-8}$
B.7 BLEVE tankauto - vulgraad 33%	$2,3 \times 10^{-7}$	$70/100 \times 0,33$	$5,31 \times 10^{-8}$

Opmerkingen:

- De BLEVE wordt gemodelleerd als een koude BLEVE (barstdruk bij omgevingstemperatuur).

1.6 Scenario's falen pomp

De scenario's voor het falen van de pomp zijn gegeven in Tabel 9.

Tabel 9 Scenario's voor het falen van de pomp

Scenario	Basisfaalfrequentie (jaar ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
P.1 Breuk pomp, doorstroombegrenzer sluit	1×10^{-4}	$0,94 \times 70 \times 0,5/8766$	$3,75 \times 10^{-7}$
P.2 Breuk pomp, doorstroombegrenzer sluit niet	1×10^{-4}	$0,06 \times 70 \times 0,5/8766$	$2,40 \times 10^{-8}$
P.3 lek pomp	$4,4 \times 10^{-3}$	$70 \times 0,5/8766$	$1,76 \times 10^{-5}$

Opmerkingen:

- Er zijn 70 verladingen per jaar met een verladingduur van 0,5 uur.
- De effecten van de doorstroombegrenzer worden meegenomen. Aangenomen is dat deze bij het breukscenario een faalkans heeft van 0,06 en niet in werking treedt bij het lekscenario.

1.7 Scenario's falen losslang

De scenario's voor het falen van de losslang zijn gegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Scenario's voor het falen van de losslang

Scenario	basisfaalfrequentie (uur ⁻¹)	factor	Frequentie (jaar ⁻¹)
L.1 Breuk losslang 2", doorstroombegrenzer sluit	4×10^{-6}	$0,88 \times 0,1 \times 70 \times 0,5$	$1,23 \times 10^{-5}$
L.2 Breuk losslang 2", doorstroombegrenzer sluit niet	4×10^{-6}	$0,12 \times 0,1 \times 70 \times 0,5$	$1,68 \times 10^{-6}$
L.3 lek losslang 0,2"	4×10^{-5}	$70 \times 0,5$	$1,40 \times 10^{-3}$

Opmerkingen:

- Er zijn 70 verladingen per jaar met een verladingsduur van 0,5 uur.
- De breukfrequentie voor losslangen bij LPG-tankstations is een factor 10 lager dan de standaard faalfrequentie voor Brzo-inrichtingen.
- De effecten van de doorstroombegrenzer zijn meegenomen. Aangenomen is dat deze een faalkans heeft van 0,12 bij het breukscenario² en niet in werking treedt bij het lekscenario.
- De scenario's L.1 en L.2, breuk losslang, zijn gemodelleerd als line rupture (op 5 meter afstand van de tankauto).

1.8 Invoerparameters in SAFETI-NL

De scenario's moeten worden ingevoerd in SAFETI-NL. In aanvulling op Module B van de *Handleiding risicoberekeningen BEVI* gelden de volgende kanttekeningen:

- De hoogte van de vloeistofkolom ('tank head') is ingeschat op één meter voor de leidingen en de tankauto. Voor de ondergrondse tank is gerekend met verticale uitstroming; om deze reden is de 'tank head' hier gelijkgesteld aan 0 m.
- Het scenario pompbreuk is gemodelleerd als uitstroming uit een 3" leiding zonder 'pump head'; aangenomen is dat bij breuk de pomp geen pompdruk levert.
- Het scenario breuk losslang is gemodelleerd als uitstroming uit een 2" leiding zonder 'pump head'.

² De EFV (excessive flow valve) tussen de pomp en het vulpunt heeft een instelwaarde van 7,4 kg/s. Het uitstroomdebiet bij breuk (8,3 kg/s) < 1,2 keer de instelwaarde.

Bijlage Verantwoording

De scenario's zijn beschreven voor het referentie LPG-tankstation met een LPG-omzet van 1.000 m³ per jaar [i,ii,iii].

1.2 Scenario's opslagvat

Voor het bijbehorende leidingwerk zijn er twee scenario's meegenomen, namelijk breuk en lekkage. De frequentie van de scenario's zijn gelijk aan de frequenties voor ondergrondse transportleidingen; aangenomen wordt dat de ondergrondse leidingen van een LPG-tankstation beter overeenkomen met ondergrondse transportleidingen dan met procesleidingen. Voor het scenario 'lekkage' is wel aangesloten bij procesleidingen en is een gatgrootte aangehouden van 10% van de diameter. De reden is dat de standaard gatgrootte voor ondergrondse transportleidingen (20 mm) meer overeenkomt met een breuk dan met een lek.

1.4 Scenario's tankauto ten gevolge van brand

De toetsingsafstanden in Tabel 4 zijn aangepast ten opzichte van de afstanden genoemd in het TNO rapport "Reductie BLEVE frequentie van een LPG-tankauto op een autotankstation" [iii]. Uit analyse blijkt dat de aanbevolen toetsingsafstanden voor gebouwen in dit rapport een niet correct beeld geven van de te verwachten warmtestraling ter plaatse van het vulpunt van een LPG-tankauto. Deze ommissie is ingegeven door een fout in de berekening waardoor er ten onrechte wordt vastgesteld dat de warmtestraling aan de vloeistofzijde van de tank lager is dan die aan de dampzijde. Vervolgens wordt de warmtestraling aan de dampzijde niet bepaald terwijl juist dat aspect maatgevend is voor de aan te houden afstand tussen een LPG-tankauto (vulpunt) en een brandend gebouw op het terrein van het LPG-tankstation. Naar aanleiding hiervan zijn er berekeningen uitgevoerd om na te gaan welke afstanden er tussen het vulpunt van een LPG-tankauto en een brandend gebouw moeten worden aangehouden om een warme BLEVE te voorkomen. De uitgangspunten voor de berekening en de rekenresultaten zijn als volgt:

- De gevel van het brandende gebouw is een vlakke straler;
- De gevel straalt met een bronsterkte van 45 kW/m² (NEN 6068)
- De warmtestraling bij de tankauto wordt berekend met het vlakke straler-model uit PGS 2;
- Criterium voor het voorkomen van een BLEVE bij de LPG-tankauto is 10 kW/m² (zie PGS 16 t/m 24);
- Breedte van het gebouw: 15 meter
- Hoogte van het gebouw: maximaal 15 meter

Dit resulteert in de afstanden in Tabel 4. Opgemerkt moet worden dat deze afstanden dus meer beschouwd moeten worden als veiligheidsafstanden dan als afstanden waarop werkelijk een BLEVE gaat optreden.

- De BLEVE frequentie bij aanstralen is afhankelijk van de vulgraad [ii]. Aangenomen is dat bij aanstralen van de dampruimte de BLEVE kans gelijk is aan één, terwijl bij aanstralen van de vloeistofruimte de BLEVE kans gelijk is aan $0,1^3$ omdat de veiligheidsventielen in 90% van de situaties een BLEVE voorkomen. De kans op het aanstralen van de dampruimte/ vloeistofruimte wordt gelijkgesteld aan 0,1/0,9 (100% vulgraad), 0,4/0,6 (67% vulgraad) en 0,7/0,3 (33% vulgraad), zodat de kans op een BLEVE, gegeven een omgevingsbrand bij de tankauto, gelijk is aan $(0,1 + 0,9 \times 0,1)$ voor 100% vulgraad, $(0,4 + 0,6 \times 0,1)$ voor 67% vulgraad en $(0,7 + 0,3 \times 0,1)$ voor 33% vulgraad.

1.6 Scenario's falen pomp

De faalfrequentie van de pomp is gelijk aan die voor centrifugaal pompen met pakking.

1.7 Scenario's falen losslang

De breukfrequentie voor LPG-losslangen bij tankstations is op basis van casuïstiek een factor 2 lager dan de basisfaalfrequentie in de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [i]. Dit is later verhoogd tot een factor 10.

Volgens het Paarse boek zou bij het aanwezig zijn van een pomp in de leiding een breuk standaard gemodelleerd moeten worden als een uitstroom met 1,5 maal het nominale pomp debiet. Omdat voor een LPG-tankauto de uitstroming bij een 'line rupture' aanzienlijk hoger ligt (8,3 kg/s) dan bij 1,5 maal het nominale pompdebiet⁴ (zelfs de ingestelde waarde voor de doorstroombegrenzer ligt hoger: 7,4 kg/s [i]), wordt dit scenario gemodelleerd als een 'line rupture'.

Vragen

Heeft u nog vragen of opmerkingen over dit document dan kunt u die richten aan cev@rivm.nl.

Referenties

- [i] J.M. Ham, A.W.T. van Blanken. Invloed systeemreacties LPG-tankinstallatie op risico LPG-tankstation (ligging PR-contour). TNO rapport R 2004/107, 2004
- [ii] TNO. Kwantitatieve Risico-analyse generiek voor LPG-tankstations (Hoofdrapport). R2001/435a, 2001
- [iii] TNO, "Reductie BLEVE-frequentie van een LPG-tankauto op een autotankstation", report no. 85-01237, February 28th 1985 (Dutch report).

³ Wanneer veiligheidsventielen ontbreken is de kans op een BLEVE gelijk aan één bij aanstralen van de vloeistofruimte.

⁴ De lospomp heeft een nominaal debiet van circa 500 liter per minuut. 1,5 maal het pompdebiet komt neer op een uitstroming van $1,5 \times (500/60) \times 0,518 = 6,5$ kg/s.