

**BP Bedrijventerrein te Renswoude
Risicoanalyse LPG-tankstation Utrechtseweg 26**

Datum 6 februari 2013
Referentie 20122225-03

Referentie 20122225-03
Rapporttitel BP Bedrijventerrein te Renswoude
Risicoanalyse LPG-tankstation Utrechtseweg 26

Datum 6 februari 2013

Opdrachtgever Gemeente Renswoude
Postbus 8
3927 ZL RENSWOUDE

Contactpersoon De heer M. Jansen

Behandeld door De heer ing. B. Wolters
Mevrouw ing. P.E.M. Coenen-Stalman
Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV
Parkweg 22A
6212 XN MAASTRICHT
Postbus 480
6200 AL MAASTRICHT
Telefoon 043-3467878
Fax 043-3476347

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Wet- en regelgeving	4
2.1	Risicogrootheden	4
2.2	Grenswaarden	4
3	Risicoanalyse LPG-tankstation	6
3.1	Locatiegegevens en bedrijfsbeschrijving	6
3.2	Uitgangspunten risicoberekening	6
3.2.1	Berekeningsmethodiek	6
3.2.2	Scenario's	6
3.2.3	Populatiegegevens	9
3.2.4	Overige modelparameters	10
4	Resultaten	11
4.1	Plaatsgebonden risico	11
4.2	Groepsrisico	11
5	Conclusie	13

Bijlagen

Bijlage I	Ligging plangebied
Bijlage II	Tekening inrichting
Bijlage III	QRA-berekening LPG tankstations
Bijlage IV	PR-contouren

1 Inleiding

Door ons bureau is in opdracht van de gemeente Renswoude een onderzoek externe veiligheid geactualiseerd dat in 2007 is uitgevoerd betreffende bestemmingsplan Groot Overeem te Renswoude. Dit onderzoek is gerapporteerd in onze rapportage Haalbaarheidsstudie externe veiligheid bestemmingsplan Groot Overeem te Renswoude, met referentie 2006.2735-1, d.d. 19 maart 2007. Uit dit onderzoek is gebleken dat de aanwezige risicobronnen destijds niet leidden tot belemmeringen voor het bestemmingsplan Groot Overeem.

Groot Overeem maakt deel uit van bestemmingsplan Bedrijventerrein. Binnen dit plangebied zijn diverse ontwikkelingen voorgenomen, waarbij agrarische en woonfuncties gewijzigd worden naar bedrijfsfunctie.

Binnen het bestemmingsplan is een LPG-tankstation gelegen. Gezien de wijzigingen die in de nabijheid van het tankstation doorgevoerd worden, is voor het LPG-tankstation aan de Utrechtseweg 26 te Renswoude een risicoanalyse uitgevoerd.

In de voorliggende rapportage wordt nader ingegaan op de uitgangspunten en worden de resultaten besproken.

2 Wet- en regelgeving

2.1 Risicogrootheden

Bij de beoordeling van de risico's worden twee risicogrootheden gehanteerd, namelijk:

- het plaatsgebonden risico (PR):
 Dit is het risico op een plaats buiten de inrichting, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als een rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof, gevaarlijke afvalstof of bestrijdingsmiddel betrokken is;
- het groepsrisico (GR):
 Dit zijn de cumulatieve kansen per jaar dat ten minste 10, 100 of 1.000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een inrichting en een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof, gevaarlijke afvalstof of bestrijdingsmiddel betrokken is.

Met de twee bovenstaande risicogrootheden worden zowel de kansen op ongevallen als de gevolgen van 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.

2.2 Grenswaarden

In het Bevi zijn grenswaarden gesteld voor (geprojecteerde) kwetsbare objecten en richtwaarden voor (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten voor de PR-contouren. Samengevat zijn de te hanteren termijnen waarbinnen aan de grenswaarden moet worden voldaan voor kwetsbare objecten:

- nieuwe situaties:
 - $PR = 10^{-6}$. Direct bij de vaststelling van de desbetreffende beschikking op grond van de Wm, WRO of Woningwet;
 - bij tussentijdse wijzigingen: PR ligt tussen de 10^{-5} en 10^{-6} en mag als gevolg van de wijziging niet verslechteren;
- bestaande situaties:
 - binnen 3 jaar na datum van in werking treden van het Bevi: $PR = 10^{-5}$ (hier zou inmiddels aan voldaan moeten zijn);
 - per 1 januari 2010: $PR = 10^{-6}$.

Voor beperkt kwetsbare objecten zijn de richtwaarden (het bevoegd gezag kan hier gemotiveerd van afwijken) waaraan moet worden voldaan:

- nieuwe situaties:
 - $PR = 10^{-6}$. Direct bij de vaststelling van de desbetreffende beschikking op grond van de Wm, Wro of Woningwet;
- bestaande situaties:
 - geen normen en geen saneringstermijnen.

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

In 2005 is er een convenant gesloten tussen het Ministerie van VROM en de LPG-sector. In het convenant zijn afspraken vastgelegd. De sector zal onder andere maatregelen treffen om de risico's van LPG te verkleinen (hittewerende coating en verbeterde vulslang op de tanks). Deze afspraken zijn meegenomen in het bepalen van het groepsrisico.

3 Risicoanalyse LPG-tankstation

3.1 Locatiegegevens en bedrijfsbeschrijving

Het LPG-tankstation is gelegen aan de Utrechtseweg 26, in de gemeente Renswoude. In bijlage I is de regionale ligging van de locatie weergegeven. In bijlage II is een overzichtstekening van de inrichting opgenomen.

In tabel 3.1 zijn de gegevens opgenomen van de LPG-installatie voor de Utrechtseweg 26.

Tabel 3.1: Overzicht gegevens LPG-installaties

	Utrechtseweg 26
Doorzet	Maximaal 500 m ³ per jaar
Tank inhoud	20 m ³ liter (ondergronds)
X-coördinaat vulpunt	454.264
Y-coördinaat vulpunt	164.712
X-coördinaat opslagtank	454.265
Y-coördinaat opslagtank	164.712

3.2 Uitgangspunten risicoberekening

3.2.1 Berekeningsmethodiek

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

Dit document is als bijlage III opgenomen in deze rapportage. De effecten en risico's zijn berekend met het programma Safeti-NL, versie 6.54.

Uitgangspunt is dat LPG aangeleverd wordt door een tankauto die is voorzien van een hittewerende coating en dat gebruik wordt gemaakt van een verbeterde LPG losslang (zie hoofdstuk 2).

3.2.2 Scenario's

In het voorgenoemde document zijn diverse scenario's opgenomen, hieronder wordt per onderdeel beschreven welk scenario in de berekening is gehanteerd.

De scenario's voor het opslagvat zijn voor elk LPG-tankstation hetzelfde. Dit zijn de volgende scenario's met bijhorende frequenties.

Tabel 3.2: Scenario's opslagvat

	Scenario's	Factor	Frequentie
O.1	Opslagvat - Instantaan falen	1	$5,00 \cdot 10^{-7}$
O.2	Opslagvat - 10 minuten	1	$5,00 \cdot 10^{-7}$
O.3	Opslagvat - 10 mm gat	1	$1,00 \cdot 10^{-5}$
O.4	Vloeistofleiding - breuk leiding 1,25"	$5,00 \cdot 10^{-7} \times 10$	$5,00 \cdot 10^{-6}$
O.5	Vloeistofleiding - lek 0,125"	$1,5 \cdot 10^{-6} \times 10$	$1,5 \cdot 10^{-5}$
O.6	Aflevering leiding - breuk 1,25"	$5,00 \cdot 10^{-7} \times 75$	$3,75 \cdot 10^{-5}$
O.7	Aflevering leiding - lek 0,125"	$1,5 \cdot 10^{-6} \times 75$	$1,125 \cdot 10^{-4}$

De scenario's voor het intrinsiek falen van de tankauto (zie tabel 2, bijlage III) zijn aangepast naar het aantal verladings (35 verladings bij 500 m³ doorzet op jaarbasis). Hieruit volgen de volgende frequenties:

Tabel 3.3: Scenario's intrinsiek falen van de tankauto

	Scenario's	Factor	Frequentie
T.1	Tankauto - instantaan falen (vulgraad 100%)	$5,00 \cdot 10^{-7} \times 35 \times 0,5/8766$	$9,98 \cdot 10^{-10}$
T.2	Tankauto - grootste aansluiting (vulgraad 100%)	$5,00 \cdot 10^{-7} \times 35 \times 0,5/8766$	$9,98 \cdot 10^{-10}$

Tijdens het verladen van de tankauto kan een langdurige lekkage ontstaan, wat na ontsteking uiteindelijk tot een BLEVE van de tankauto kan leiden (zie tabel 3, bijlage III). Hiervoor is de volgende frequentie aangehouden:

Tabel 3.4: Scenario's verladen van de tankauto en langdurige lekkage

	Scenario's	Factor	Frequentie
B.1	BLEVE tankauto (vulgraad 100%)	$5,8 \cdot 10^{-10} \times 35 \times 0,5$	$5,08 \cdot 10^{-10}$

De basisfrequenties van scenario's voor de tankauto ten gevolge van brand in de omgeving moeten worden vastgesteld met behulp van de toetsingafstanden, zoals weergegeven in tabel 4 en 5 van bijlage III. In tabel 3.5 zijn de afstanden van het LPG vulpunt ten opzichte van het te toetsen object weergegeven.

Tabel 3.5: Overzicht toetsingsafstanden

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 < 5 meter Gebouw met brandbescherming met een hoogte > 5 meter en < 10 meter	10	Ja

Uit tabel 3.5 blijkt dat aan de vier toetsingsafstanden wordt voldaan. Voor het betreffende LPG-tankstation resulteert dit in een basisfrequentie van $2 \cdot 10^{-6}$ /jr. Met deze basisfrequenties zijn de werkelijke frequenties bepaald, zie tabel 3.6.

Tabel 3.6: Scenario's voor de tankauto en brand in de omgeving

	Scenario's	Factor	Frequentie
B.2	BLEVE tankauto (vulgraad 100%)	$2,0 \cdot 10^{-6} \times 35/100 \times 0,33 \times 0,19 \times 0,05$	$2,19 \cdot 10^{-9}$
B.3	BLEVE tankauto (vulgraad 67%)	$2,0 \cdot 10^{-6} \times 35/100 \times 0,33 \times 0,46 \times 0,05$	$5,31 \cdot 10^{-9}$
B.4	BLEVE tankauto (vulgraad 33%)	$2,0 \cdot 10^{-6} \times 35/100 \times 0,33 \times 0,73 \times 0,05$	$8,43 \cdot 10^{-9}$

De basisfrequentie van de scenario's voor de tankauto ten gevolge van externe beschadiging moet worden bepaald met behulp van tabel 7 van bijlage III. In de berekening voor het tankstation aan de Utrechtseweg 26 is uitgegaan van een opstelplaats op een (wegrij) strook met een toegestane snelheid van 70 km/u of minder, met een bijbehorende basisfrequentie van $4,8 \cdot 10^{-8}$ /jr. Met de voorgevoemde basisfrequentie kunnen de frequenties ten gevolge van externe beschadiging worden bepaald, zie tabel 3.7.

Tabel 3.7: Scenario's voor de tankauto en externe beschadiging

	Scenario's	Factor	Frequentie
B.5	BLEVE tankauto (vulgraad 100%)	$4,8 \cdot 10^{-8} \times 35/100 \times 0,33$	$5,54 \cdot 10^{-9}$
B.6	BLEVE tankauto (vulgraad 67%)	$4,8 \cdot 10^{-8} \times 35/100 \times 0,33$	$5,54 \cdot 10^{-9}$
B.7	BLEVE tankauto (vulgraad 33%)	$4,8 \cdot 10^{-8} \times 35/100 \times 0,33$	$5,54 \cdot 10^{-9}$

Voor de scenario's en frequenties voor de pomp en de losslang zijn aangepast naar het aantal verladings. Hieruit volgen de volgende frequenties.

Tabel 3.8: Scenario's voor de pomp en de losslang

	Scenario's	Factor	Frequentie
P.1	Breuk pomp, doorstroombegrenzer sluit	$1 \cdot 10^{-4} \times 0,94 \times 35 \times 0,5/8766$	$1,88 \cdot 10^{-7}$
P.2	Breuk pomp, doorstroombegrenzer sluit niet	$1 \cdot 10^{-4} \times 0,06 \times 35 \times 0,5/8766$	$1,20 \cdot 10^{-8}$
P.3	Lek pomp	$4,4 \cdot 10^{-3} \times 35 \times 0,5/8766$	$8,78 \cdot 10^{-6}$
L.1	Breuk losslang 2", doorstroombegrenzer sluit	$4 \cdot 10^{-6} \times 0,88 \times 35 \times 0,5/8766$	$6,16 \cdot 10^{-6}$
L.2	Breuk losslang 2", doorstroombegrenzer sluit niet	$4 \cdot 10^{-6} \times 0,12 \times 35 \times 0,5/8766$	$8,40 \cdot 10^{-7}$
L.3	Lek losslang 2"	$4 \cdot 10^{-5} \times 35 \times 0,5/8766$	$7,00 \cdot 10^{-4}$

3.2.3 Populatiegegevens

De in de berekening opgenomen populatiegegevens zijn opgevraagd bij het ministerie van Infrastructuur en Milieu (voorheen VROM). Conform de Revi is voor LPG tankstations een invloedsgebied van 150 meter (veroorzaakt door BLEVE van de tankauto, welke 100% gevuld is) vanaf het vulpunt van toepassing. Buiten deze 150 meter zijn nauwelijks nog slachtoffers te verwachten.

Voor een veilige marge worden voor de omvang van de populatie worden de aanwezige personen binnen de 1%-letaliteitsgrens (maximale effectafstand) in de berekening ingevoerd. Bij deze maximale effectafstand wordt geen rekening gehouden met een kans of frequentie van een ongeval, maar met de grootste afstand van de plaats van het ongeval, tot waarop een overlijdensrisico bestaat. Deze afstand is ca. 320 meter vanaf het vulpunt en is derhalve een veilige marge.

Voor de locatie aan de Utrechtseweg 18 (bedrijfsfunctie) werden vanuit het populatiebestand geen gegevens aangedragen, vanuit het bestemmingsplan is bepaald dat er in de dagsituatie maximaal 32 personen aanwezig kunnen zijn, voor de nachtsituatie zijn geen personen opgenomen.

In de berekening voor de huidige situatie zijn in de tabel 3.9 aangegeven persoonshoeveelheden aanwezig binnen de maximale effectafstand.

Tabel 3.9: Persoonshoeveelheden binnen de 1%-letaliteitsgrens huidige situatie

Locatie	Dag (08.00-18.30 uur)	Nacht (21.00-08.00 uur)
Maximale effectafstand LPG-tankstation	821 personen	60 personen

Na herontwikkeling van het plangebied zijn voor de in tabel 3.10 aangegeven locaties wijzigingen opgetreden.

Tabel 3.10: Gewijzigde locaties (na herontwikkeling)

	Dag (huidig)	Nacht (huidig)	Dag (toekomstig)	Nacht (toekomstig)
Utrechtseweg 24	1,895	-	45	3,79
Molenstraat 34	1,2	2,4	106	2,4

In de berekening voor de toekomstige situatie zijn de in tabel 3.11 aangegeven persoonshoeveelheden aanwezig binnen de maximale effectafstand.

Tabel 3.11: Persoonshoeveelheden binnen de 1%-letaliteitsgrens toekomstige situatie

Locatie	Dag (08.00-18.30 uur)	Nacht (21.00-08.00 uur)
Maximale effectafstand LPG-tankstation	969 personen	60 personen

Voor de woningen is voor de nacht- een aanwezigheidspercentage van 100% aangehouden en voor dagperiode een aanwezigheidspercentage van 50%. Deze getallen zijn gebaseerd op de Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico.

3.2.4 Overige modelparameters

Voor de meteogegevens zijn de gegevens van het weerstation Soesterberg aangehouden. Voor de ruwheidparameter is de standaardwaarde van Safeti-NL aangehouden, 300 mm (overeenkomend met hoge gewassen en verspreide grote obstakels).

4 Resultaten

4.1 Plaatsgebonden risico

Omdat sprake is van een zogenaamde categoriale inrichting is het niet toegestaan de PR-contouren te berekenen. Uitgegaan moet worden van de risicoafstanden zoals vermeld in de Revi voor bestaande situaties. De navolgende afstanden gelden voor een tankstation waarvan de doorzet lager is dan 500 m³/jr. De afstanden gelden tot kwetsbare objecten.

Tabel 4.1: Risico afstanden volgens de Revi (bestaande locatie)

PR=10 ⁻⁶	Utrechtseweg 26 (doorzet 500 m ³ /jr)
Vanaf het vulpunt	45 meter
Vanaf de afleverzuil	15 meter
Vanaf de voorraadtank	25 meter

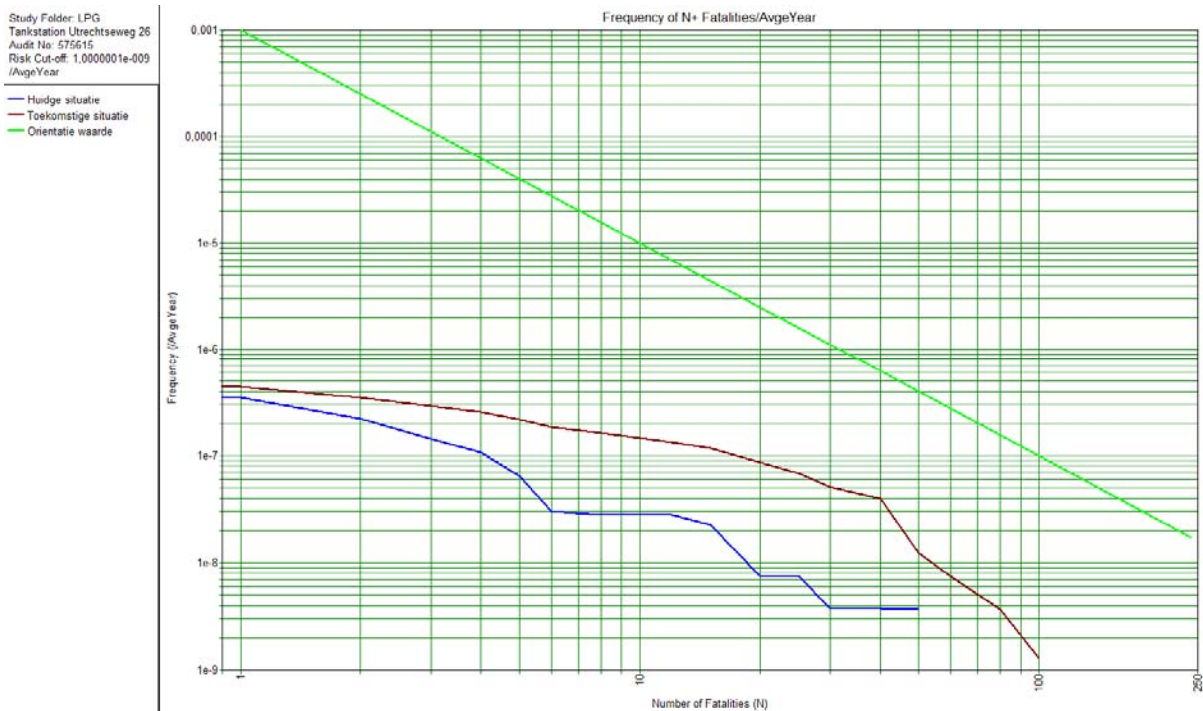
In bijlage IV zijn de plaatsgebonden risico-contouren weergegeven.

Binnen de PR-contour (45 meter vanaf het vulpunt) bevinden zich voor het LPG-tankstation aan de Utrechtseweg 24 een bedrijfswoning, een bedrijfswinkel en showroom. Al deze gebouwen behoren bij de inrichting. Conform het Bevi worden objecten, behorende bij het LPG-tankstation, niet aangemerkt als kwetsbaar object. Er zijn verder geen kwetsbare objecten binnen de PR-contouren.

De naastgelegen woning (Utrechtseweg 24) betreft een bedrijfsfunctie met een bedrijfswoning. Deze wordt conform het Bevi aangemerkt als een beperkt kwetsbaar object en daarvoor geldt dat de PR 10⁻⁶-contour als richtwaarde. Het betreffende object ligt binnen de PR 10⁻⁶-contour van het vulpunt. Gezien het feit dat de bedrijfswoning een bestaande situatie betreft, is voldoende argumentatie om van deze richtwaarde af te wijken.

4.2 Groepsrisico

De hoogte van het groepsrisico hangt onder andere af van het aantal mensen binnen het invloedsgebied en de kans dat een scenario optreedt. Conform de Revi is voor LPG tankstations een invloedsgebied van 150 meter (veroorzaakt door BLEVE van de tankauto, welke 100% gevuld is) vanaf het vulpunt van toepassing. Buiten deze 150 meter zijn nauwelijks nog slachtoffers te verwachten. In figuur 4.1 is de berekende groepsrisico weergegeven.



Figuur 4.1 Groepsrisico Utrechtseweg 26

Uit figuur 4.1 blijkt dat het groepsrisico voor de huidige situatie ruim onder de oriënterende waarde ligt, met een frequentie van $3,68 \cdot 10^{-9}$ en een overschrijdingsfactor van 0,0063.

In de toekomstige situatie ligt het GR eveneens ruim beneden de oriëntatiewaarde. Het maximale aantal slachtoffers bedraagt 100. De maximale overschrijdingsfactor voor de toekomstige situatie wordt gevonden bij 40 slachtoffers met een frequentie van $3,8 \cdot 10^{-8}$ en is gelijk aan 0,062.

Uit het voorgenoemde volgt dat het groepsrisico is in de toekomstige situatie met een factor 10 is toegenomen ten opzichte van de huidige situatie. Deze toename van het groepsrisico wordt veroorzaakt doordat er meer personen binnen de maximale effectafstand aanwezig zijn.

5 Conclusie

Door ons bureau is in opdracht van de gemeente Renswoude een risicoanalyse uitgevoerd voor het LPG-tankstation aan de Utrechtseweg 26 te Renswoude.

Op basis van het onderzoek hebben wij de volgende conclusies en aanbevelingen:

- er bevinden zich geen kwetsbare objecten binnen de risicoafstanden conform de Revi voor bestaande situaties. De naastgelegen bedrijfswoning (Utrechtseweg 24) betreft een bestaand beperkt kwetsbaar object. Aangezien de PR 10^{-6} -contour een richtwaarde is voor beperkt kwetsbare objecten waar, op basis van de reeds bestaande situatie van afgeweken mag worden, levert dit geen belemmeringen op voor de ontwikkelingen binnen het plan;
- het groepsrisico ligt ruim beneden de oriëntatie waarde, er is sprake van:
 - maximaal 40 slachtoffers, het groepsrisico bedraagt 0,062 maal de oriëntatie waarde;
- ten opzichte van de huidige situatie is er een toename van het groepsrisico. Dit wordt veroorzaakt doordat er meer personen binnen de maximale effectafstand aanwezig zijn;
- de gemeente dient invulling te geven aan de verantwoordingsplicht van het groepsrisico. In dit kader dient advies te worden gevraagd bij de Veiligheidsregio.

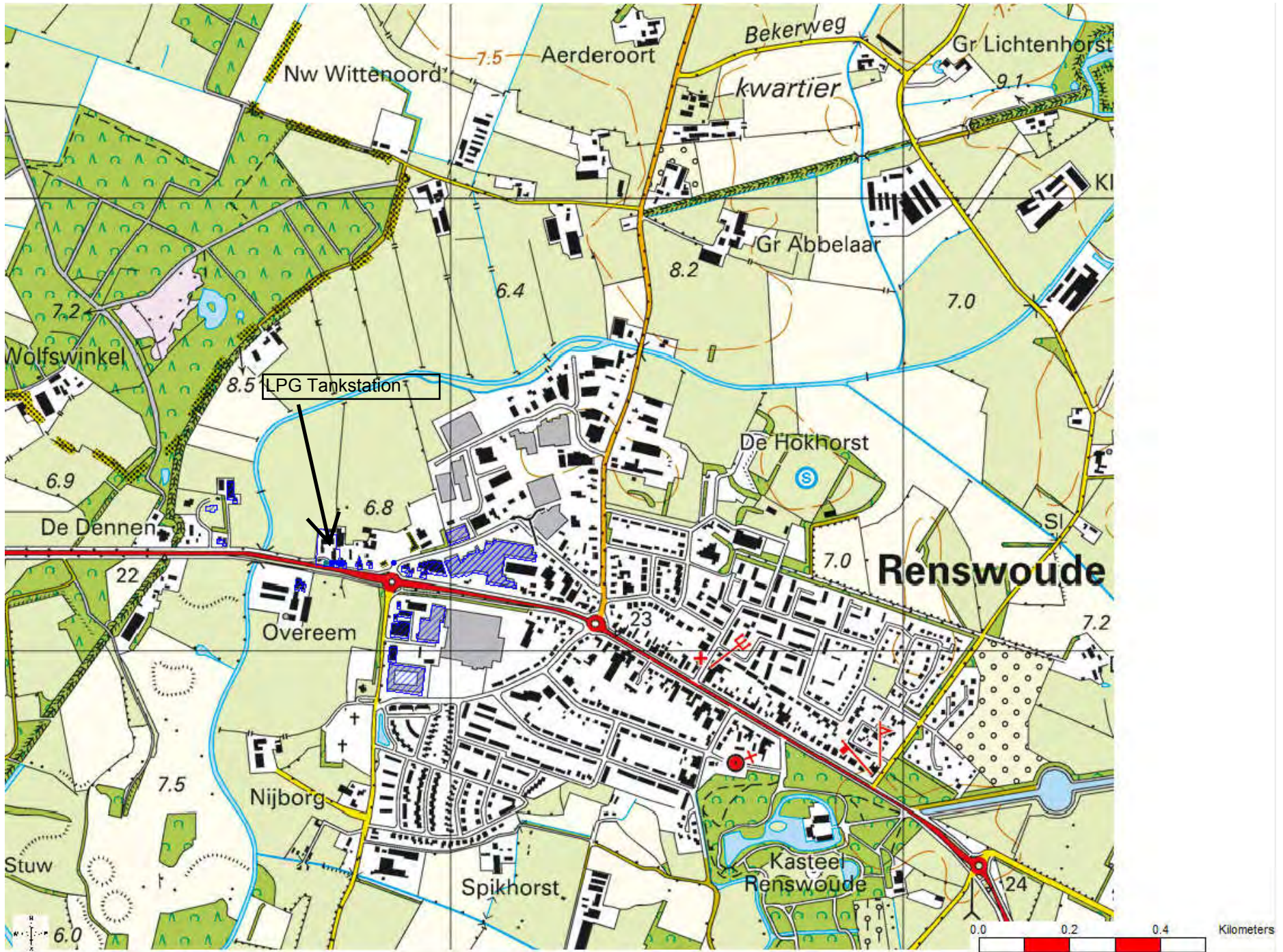
Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV



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

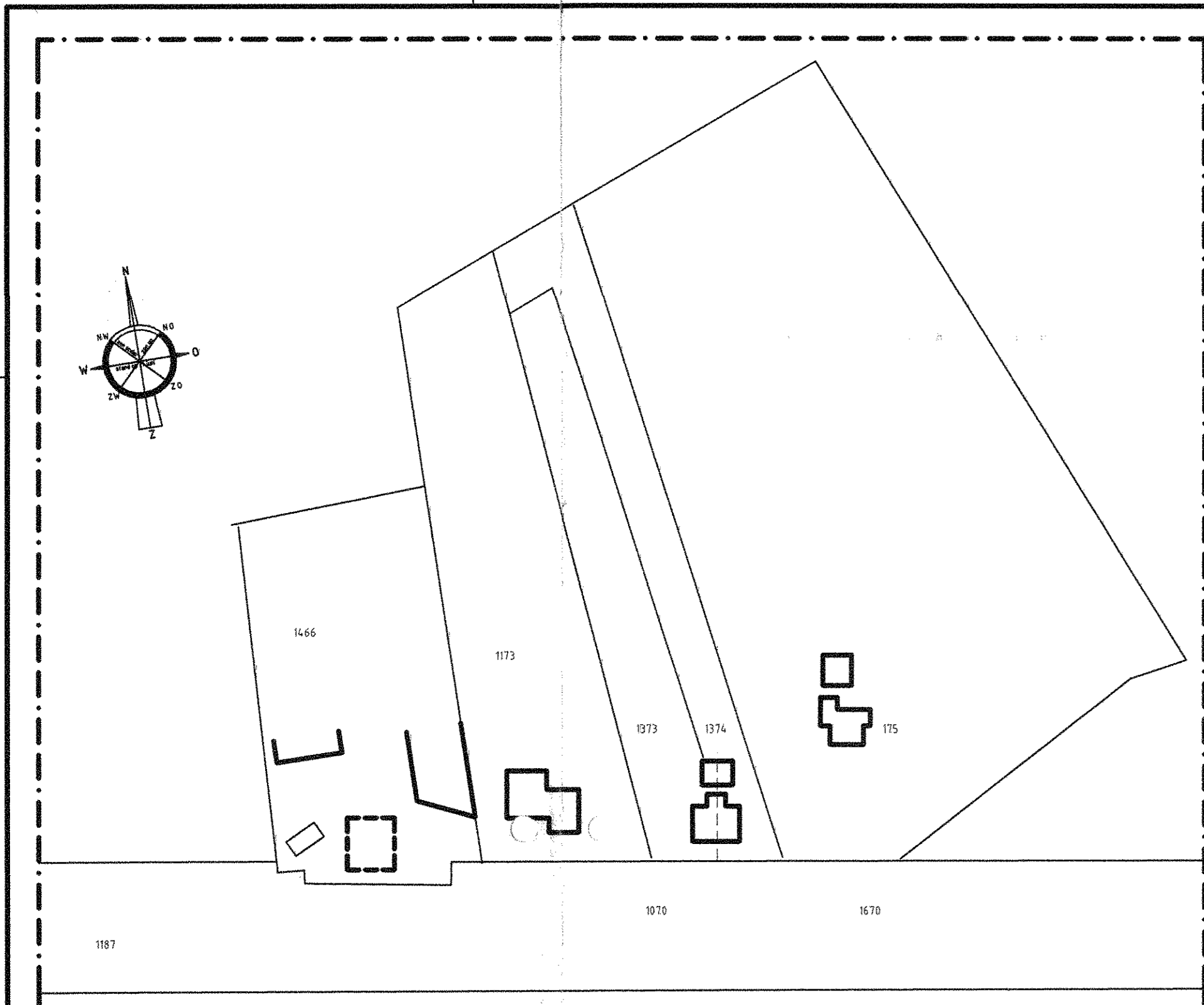
Bijlage I **Ligging plangebied**

oplossingen zijn ons vak

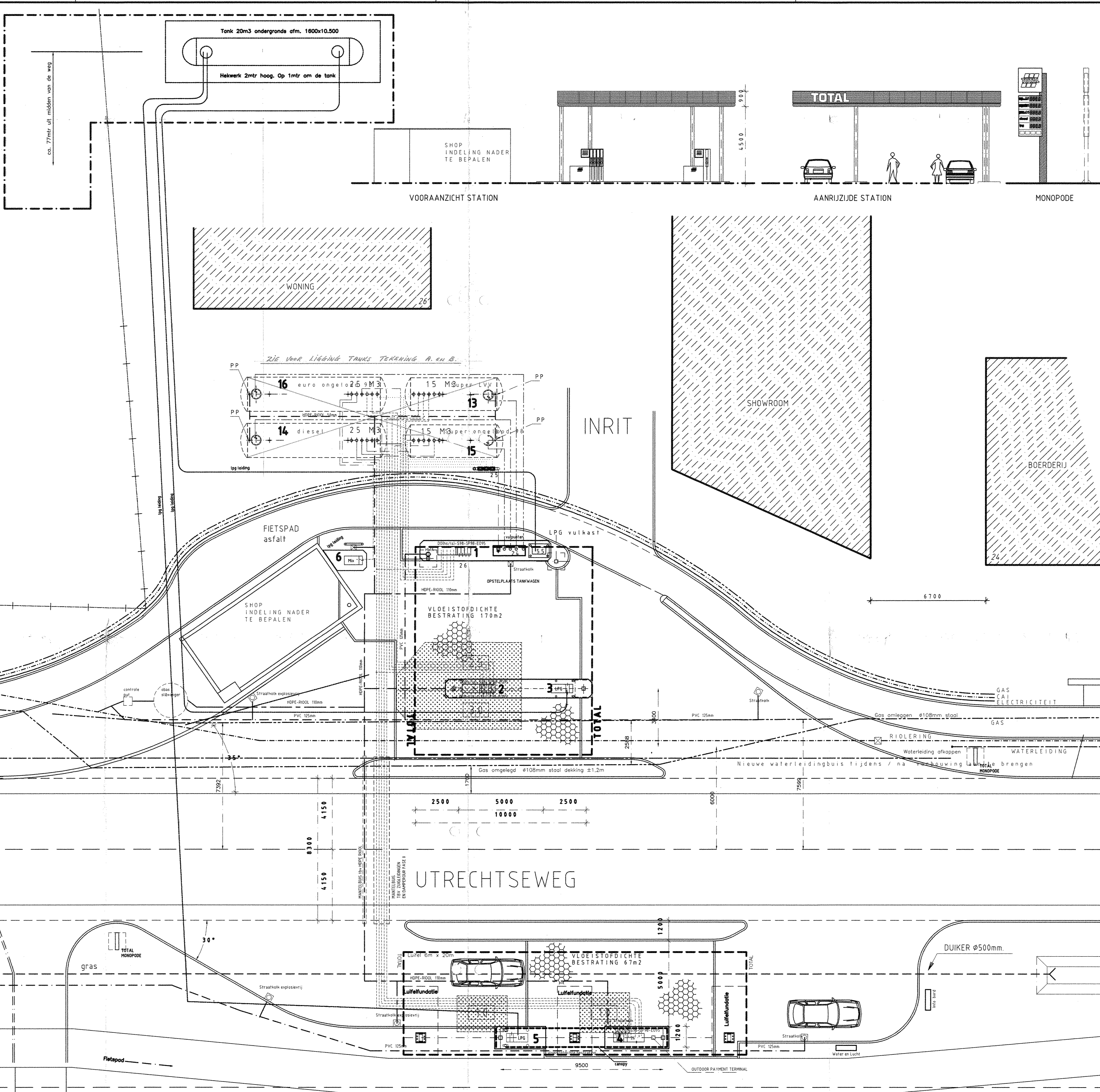


Bijlage II Tekening inrichting

oplossingen zijn ons vak



- ONTGRAVING**
 TE ONTGRAVEN GEBIED
 MET ONTGRAVINGSDEPTIE
 IN METERS - MAATVEELD
- KABELS EN LEIDINGEN**
- ELECTRICITEITSKABEL
 - C.A.I.-KABEL
 - P.T.T.-KABEL
 - WATERLEIDING
 - GASLEIDING
 - RIJLING MET INSPECTIEPUT
 - L.P.G.-LEIDING
 - DIJKER Ø500mm



RENOVOOI			ELECTRISCH VERMOGEN IN KW/VA
POPPIER	NUMMER		
1	SCHLUMBERGER HDM VOOR D004(r1)-S98-SP98-E095	4X0.375	1,5
2	SCHLUMBERGER HDM VOOR D004(r1)-S98-SP98-E095		
3	SCHLUMBERGER HDM VOOR LPG		
4	SCHLUMBERGER HDM VOOR D004(r1)-S98-SP98-E095	4X0.375	1,5
5	SCHLUMBERGER HDM VOOR LPG		
6	SCHLUMBERGER UNIVERSAL MIXPOMP	1X0.375	0,375
TANKS (ONDERD)			
013	15000 LTR VOOR SUPER GEL OOD 98, KWAKKEUR, OVERVULBEV. - BEKLEIDING EPOXY UITWENDIG		
016	25000 LTR VOOR DIESEL, KWAKKEUR, OVERVULBEV. - BEKLEIDING EPOXY UITWENDIG		
015	15000 LTR VOOR SUPERPLUS ONGELOOD 98, KWAKKEUR, OVERVULBEV. - BEKLEIDING EPOXY UITWENDIG		
016	25000 LTR VOOR EURO ONGELOOD 95, KWAKKEUR, OVERVULBEV. - BEKLEIDING EPOXY UITWENDIG		
017			
018			
019	2 CONTROLE-PELBUZEN IN HET WERK TE BEPALEN		
020	SLBYANGPUT		
021	BLE-EN-BENKINEAFSCHEIDER		
022	RIJLINGSSYSTEEM IN NADER OVERLEG TE BEPALEN		
023			
024	VULPUNTEN OPGEVEN IN VLEISTOFDICHTE BAK		
025	ONTLICHTINGEN - IVK DAMPRETOURSISTEEM STAGE I		
026	VANAF POMP NAAR TANK - EURO DAMPRETOUR VOOR STAGE II		
028	DEK - TBV - POMPAPPARATUUR		
029	AIRCCONDITIONER		3,5
030	DEEPPRESKIST		2,3
031	FASTFOODUNIT INDEKAST, MAGNETRON, KOELER, KOFFIEMACHINE LEV. SHOPEN		5,1
032	VLEERPLUS FIRMA DUJARDIN BRANDKASTEN BV		
034	GELDHOFFER		
035	DIVERSE OLESDORTEN IN KLEINVERPAKKING EN Bussen AUTOLAK		
036	ALU - ELKKAAR, STELLINGEN TBV. VERSNAPERINGEN EN LECTUUR		
037	KOMPRESSOR - KETELINHOUW 150 LTR ATLAS COPCO LE SE PACK		2,3
038	CV-KETEL, GESLOTEN VERBANDINGSRUIMTE THERMISCHE VERMOGEN 20kW		6,3
4	(DRIPSCHIEDEBRIJLUSSEN INHOUD GAS)		
LM	LICHTMASTEN TERREIN IN NADER OVERLEG TE BEPALEN		
MVA	MEHELWATERAFVOER		
CCU	COMPUTERCONTROLEUNIT TBV. POMPAPPARATUUR		
OPT	OUTDOOR PAYMENT TERMINAL		
MMX	MEROMAX OF FUEL POS		
		AFMETINGEN IN X Y H	KLEUR
PUBLICITEIT			
1110	TOTAL MONOPODE		WARM ROOD, TEKST WIT
19A0	INRIT BORD (MET CREDIT CARDS)	1,20 x 2,15 m	WARM ROOD, TEKST WIT
2850	PRODUCTSERVICE-KOLOM (ONVERLICHT)	0,90 x 2,30 m	WARM ROOD, TEKST WIT
39A0	WESSELUIT ONVERLICHT	0,90 x 1,20 m	WARM ROOD, TEKST WIT
4890	VERLICHT WATER EN LICHTBORD	0,90 x 2,20 m	WARM ROOD, TEKST WIT
4990	VULNISVAT	0,40 x 0,80 m	WARM ROOD, TEKST WIT
4C0	BORD - JANG	0,90 x 1,35 m	WARM ROOD, TEKST WIT
LUIFEL		MATERIAAL	
-	BOEBORD	ALUMINIUM BEPLATING (SEGMENTEN)	WARM ROOD
-	KOLOMEN	BEKLEED MET ALUMINIUM	WIT RAL 9010
-	PLAFONDCONSTRUCTIE	DAMPWANGPROFIEL	WIT RAL 9010
-	BOEBORD/ARCADE	ALUMINIUM BEPLATING	WARM ROOD
-	HARKES SHOP	ALUMINIUM BEPLATING	WARM ROOD
-	GEVELS	ALUMINIUM BEPLATING	WIT RAL 9010
-	KOZIJNEN	GEMOFFELD ALUMINIUM	WIT RAL 9010
-	KOLOM ARCADE (MET KLOD)	ALUMINIUM BEPLATING	WIT RAL 9010
-	DEUR HETERKAST - KOZIJN	ALUMINIUM BEPLATING	WIT RAL 9010
LPG-INSTALLATIE			
052	ONPELPOMP TBV. LPG, TYPE RED JACKET 2X2,2 KW		4,4
053	REKWERK RONDOM TANK HOOG 2M MET 2 VLICHTDEUREN		
054	WAARSCHUWINGSBORD "ROKEN EN OPEN VUUR VERBODEN" LX		
055	VULPUNT LPG		
056	CONTROLEKAST MET NOODSTOP OVERVULBEVELIGING, EBM Tank 20.000ltr ondergronds 1600x10800		
PRODUCTVULGORDE			
-	E095-EURO ONGELOOD 95		
-	S98-SUPERPLUS ONGELOOD 98		
-	S98-SUPER GEL OOD 98		
-	90-DIESELOLE		
-	MS-MENSURERING		

SCHERPENZEEL

UTRECHTSEWEG

RENSWOUDE

Behoort bij besluit van Burgemeester en Wethouders der Gemeente Renswoude d.d. 10 november 1998, nr. 1378 DE SECRETARIS

C	28-08-1997	Vloestofdicht aangepast.
B	11-08-1997	Definitieve tekening
A		
WIJZ	DATUM	OMSCHRIJVING
Project : Autobedrijf Romein Utrechtseweg 26 Renswoude		
SCHAAL : 1:100		
DATUM : 29-05-1997		
GET. : P. Eek		
TEK. NR: 97001-01		
AANNEMINGSMAATSCHAPPIJ ZONNEVELD & VERHOEF BV Noordersingel 22 3755 EZ Eemnes tel. 035-5387986		

Bijlage III QRA-berekening LPG tankstations

oplossingen zijn ons vak

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
LPG-afleverzuil	Benzine afleverzuil	Opstelplaats tankauto	Gebouw	(per jaar)
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	
Nee	Nee	Nee	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 verladings)	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 verladings 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 verladings 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 omissie 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 damruimte 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 damruimte/ 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.

Bijlage IV **PR-contouren**

oplossingen zijn ons vak



Opslagtank

25 meter

Vulpunt

45 meter

Afleverpunt

15 meter

PR-contouren