

RIVM rapport 610066 012

Risico-analyse brandstofpontons

P.A.M. Uijt de Haag, J.G. Post

januari 2001

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat Generaal Milieubeheer, Directie Lokale Milieukwaliteit en Verkeer, in het kader van project M/610066 'Externe Veiligheid'.

Abstract

A generic, quantitative risk assessment was carried out according to the standard method in the 'Purple Book' to determine the risks posed by pontoons used for supplying fuel to watercraft. The pontoon is assumed to be situated in a yacht basin accessible only to pleasure boats, and the tank lorry during unloading assumed to be protected against external impact from passing traffic. The reference system defined consists of a concrete pontoon with a relatively large capacity and a high volume of trade. Applying the reference pontoon system led to individual risk contours of 10^{-5} and 10^{-6} per year, which almost coincide. The distance of these risk contours to both the pontoon and the tank lorry is about 20 metres. The risk posed by the pontoon is largely determined by the pool fire within the pontoon and a rupture in the loading hose, which could take place during transshipment from the tank lorry to the pontoon.

Inhoud

SAMENVATTING	4
1 INLEIDING	5
2 NORMERING	6
3 REFERENTIE-SYSTEEM BRANDSTOFFPONTON	7
4 KWANTITATIEVE RISICO-ANALYSE	10
4.1 SCENARIO'S.....	10
4.2 MODELLERING.....	16
4.3 EFFECT BEREKENINGEN.....	17
4.3.1 <i>Plasbrand in een ponton</i>	17
4.3.2 <i>Plasbrand op het water</i>	18
4.3.3 <i>Plasbrand van de tankauto op de kade</i>	19
4.3.4 <i>Plasbrand op de kade ten gevolge van breuk van de losslang van de tankauto</i>	19
4.3.5 <i>Plasbrand op de kade ten gevolge van lek van de losslang van de tankauto</i>	19
4.3.6 <i>Explosie-effecten</i>	20
4.4 RISICOCONTOUREN.....	20
4.5 GEVOELIGHEID VAN DE RESULTATEN	21
5 CONCLUSIES	22
REFERENTIES	23
BIJLAGE 1 RESULTATEN BRANDSTOFENQUÊTE	24
BIJLAGE 2 TOELICHTING GEMAAKTE KEUZES	26
BIJLAGE 3 BEREKENING VAN DE HELLINGSHOEK VAN DE PONTON BIJ EENZIJDIG VULLEN	29
BIJLAGE 4 VERZENDLIJST	30

Samenvatting

Voor het bepalen van de risico's van brandstofpontons in een jachthaven is een generieke risico-analyse uitgevoerd. Er is een referentiesysteem gedefinieerd, bestaande uit een betonnen brandstofponton met een relatief grote inhoud en doorzet. Aangenomen is dat de ponton gelegen is in een jachthaven waar alleen pleziervaart aanwezig is, en dat de tankauto tijdens het lossen beschermd is tegen externe beschadiging door langskomend verkeer. De kwantitatieve risico-analyse is uitgevoerd conform de standaard rekenmethode van het Parse Boek. De referentie brandstofponton leidt tot individueel risicocontouren van 10^{-5} per jaar en 10^{-6} per jaar, die praktisch samenvallen. De afstand van deze contouren tot de brandstofponton en de tankauto bedraagt ongeveer 20 meter. Het risico wordt voornamelijk bepaald door de plasbrand binnen de brandstofponton en de breuk van de losslang bij verlading van tankauto naar brandstofponton.

1 Inleiding

De aflevering van brandstof voor de pleziervaart kan plaatsvinden vanaf een brandstofponton. In een brandstofponton zijn tanks aanwezig waarin de brandstof wordt opgeslagen en op de ponton is een afleverpomp aanwezig. Ten behoeve van een AMvB voor jachthavens wordt een risico-analyse van deze brandstofpontons opgesteld. De analyse is alleen gericht op de risico's voor personen; de milieurisico's worden niet in beschouwing genomen.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de risico-analyse voor een brandstofponton. Eerst wordt een overzicht van de relevante normering gegeven. Vervolgens wordt voor de brandstofponton een referentie-systeem gedefinieerd op basis van een bestaand brandstofponton te Vinkeveen. Voor dit referentie-systeem zijn de scenario's bepaald en de risico's berekend volgens de standaard rekenmethode. Dit leidt uiteindelijk tot de individueel risicocontouren.

Voor de brandstofponton speelt het groepsrisico geen rol van betekenis. De reden hiervoor is dat er geen personen aanwezig zijn binnen de 10^{-6} contour en de bijdrage van personen buiten de 10^{-6} contour aan het groepsrisico klein is, omdat de effecten van een plasbrand snel afnemen met de afstand.

Het onderzoek is begeleid door een commissie, bestaande uit de volgende leden:

R.O.M. van Loo	Ministerie van VROM
C.V. van der Vlist	Ministerie van VROM
G-J. Verbakel	Ministerie van VROM
K. Meijer	Ministerie van VROM
P.A. Dekker	Ministerie van BZK
A.J.M. Janssen	DCMR
M. Brouwer	Regionale Brandweer Nijmegen
A.C. Willemsen	HISWA Vereniging
K. den Braven	Ministerie van V en W

2 Normering

De normering voor het vervoer, gebruik en opslag van gevaarlijke stoffen in Nederland is gebaseerd op de risico's voor de mensen in de omgeving. Om te bepalen in hoeverre een risico nog acceptabel is, zijn twee risicomaten ontwikkeld, namelijk het individueel risico en het groepsrisico (zie bijvoorbeeld [1]).

Het individueel risico is de kans per jaar dat een persoon dodelijk wordt getroffen door een ongeval indien deze zich permanent (dat wil zeggen vierentwintig uur per dag en gedurende het hele jaar) en onbeschermd op een bepaalde plaats zou bevinden. Het individueel risico wordt weergegeven op een topografische kaart door middel van lijnen die punten met gelijk risico verbinden: de iso-risicocontouren. Voor nieuwe situaties is het maximaal toelaatbare risico gelijk aan 10^{-6} per jaar, dat wil zeggen dat de kans om in een jaar te overlijden maximaal één op de miljoen is. Binnen deze grens van 10^{-6} per jaar is woonbebouwing niet toegestaan. Voor aanwezige woonbebouwing rond bestaande situaties geldt een limiet van 10^{-5} per jaar.

Het groepsrisico is de kans per jaar dat in één keer een groep van ten minste een bepaalde grootte overlijdt door een ongeval. Het groepsrisico is bedoeld als maat voor de sociale ontwrichting die gepaard gaat met rampen. Voor het groepsrisico is een zogenaamde oriënterende waarde gedefinieerd, waarbij de kans op een ongeval van een bepaalde omvang kwadratisch afneemt met het aantal doden.

3 Referentie-systeem brandstofponton

Er zijn in Nederland momenteel zeven à acht brandstofpontons. Drie van deze brandstofpontons zijn van beton gemaakt. Een voorbeeld van een betonnen brandstofponton is aanwezig bij Jachthaven Omtzicht B.V. te Vinkeveen. Deze ponton wordt gebruikt als basis voor het referentiesysteem voor de risico-analyse, omdat dit type in de toekomst vaker toegepast zal worden. De belangrijkste kenmerken van het systeem zijn weergegeven in figuur 1.

- De ponton (A) bestaat uit een gesloten betonnen bak. De afmetingen zijn ongeveer $8 \times 6,25 \times 2,2$ m. Ventilatie-openingen (B) zijn aanwezig op de vier hoeken, en er is een explosieluik (C). Het explosieluik is tevens de enige toegang in de ponton.
- De ponton ligt vast aan de kade. Rondom de ponton zijn steigers gemonteerd. De ponton is alleen bereikbaar voor de pleziervaart: grotere schepen zijn niet aanwezig in de jachthaven.
- Op de ponton zijn de volgende elementen aanwezig: een kassa (D), een afleverzuil voor gasolie (E), een afleverzuil voor benzine (F), vier luiken waaronder de aansluitingen voor het vullen van de tanks liggen (G), een ontluchttingsleiding van de tanks (H), waarop tevens de dampretouraansluiting (I) aangesloten wordt.
- In de ponton zijn vier tanks aanwezig. Elke tank is 6000 liter groot, en bevat maximaal 5500 liter per tank (500 liter overvulbeveiliging). De twee buitenste tanks zijn voor gasolie, en zijn door een hevelsysteem met elkaar verbonden. De twee binnenste tanks zijn voor benzine; deze zijn ook door een hevelsysteem met elkaar verbonden. De vier tanks hebben samen een volume van 24.000 liter.

De brandstofenquête [2] van de HISWA geeft informatie over de inhoud van de tanks bij de verschillende brandstofafleverstations. In bijlage 1 zijn de resultaten van de enquête samengevat. Hieruit blijkt dat een representatieve waarde van het tankvolume gelijk is aan 10.000 liter (50-percentiel waarde) en dat het merendeel van de tankvolumes ligt tussen 2800 liter en 24.000 liter (10-percentiel en 90-percentiel waarden). Het gekozen referentiesysteem (tankvolume in totaal 24.000 liter) is dus een relatief groot systeem.

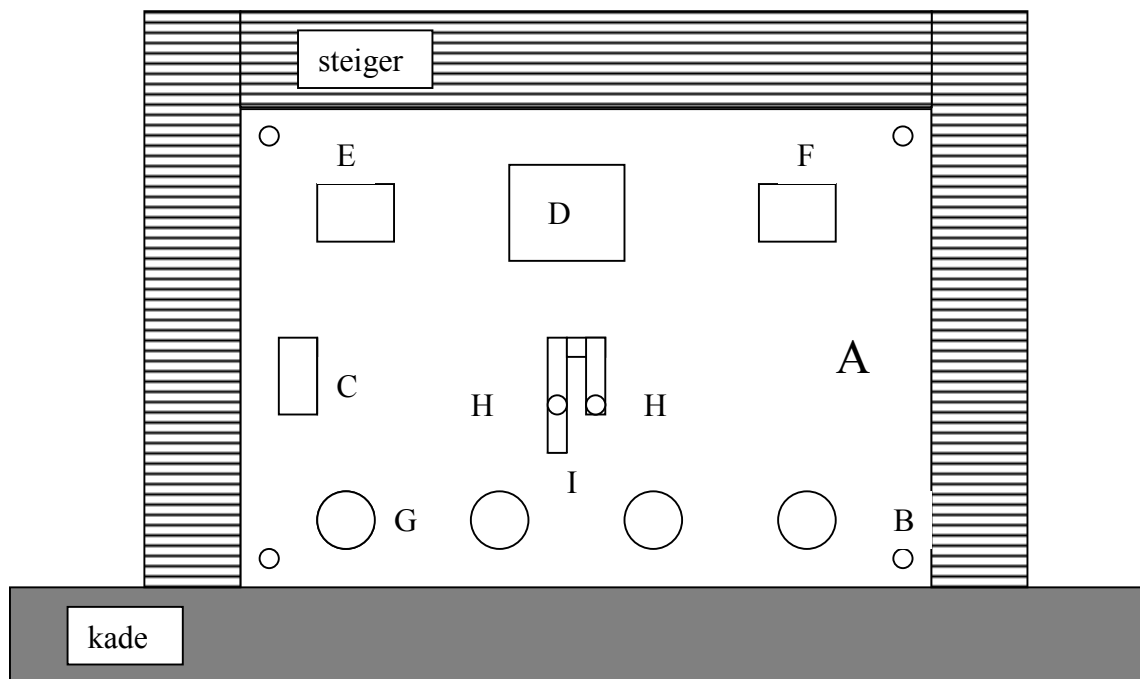
- Alle vier de tanks zijn aangesloten op dezelfde ontluchttingsleiding. Deze leiding is tevens de aansluiting voor de dampretour tijdens het vullen van de tanks. De ontluchting is ongeveer vijf meter hoog, en is dubbel uitgevoerd. In het kader van de benzeen emissies worden in de toekomst gescheiden ontluchttingskanalen geëist voor benzine- en olietanks.
- Het vullen van de tanks gebeurt vanuit een tankwagen. De tankwagen komt gemiddeld ongeveer 19× per jaar. Eén levering is ongeveer 10.000 liter, waarvan $\frac{3}{4}$ benzine en $\frac{1}{4}$ gasolie.

De brandstofenquête [2] van de HISWA geeft informatie over de omzet van de verschillende brandstofafleverstations. In bijlage 1 zijn de resultaten van de enquête samengevat. Hieruit blijkt dat een representatieve waarde van de omzet gelijk is aan 60.000 liter per jaar (50-percentiel waarde) en dat het merendeel ligt tussen 14.000 liter per jaar en 250.000 liter per jaar (10-percentiel en 90-percentiel waarden). Het gekozen referentiesysteem (190.000 liter per jaar) is dus een relatief groot systeem.

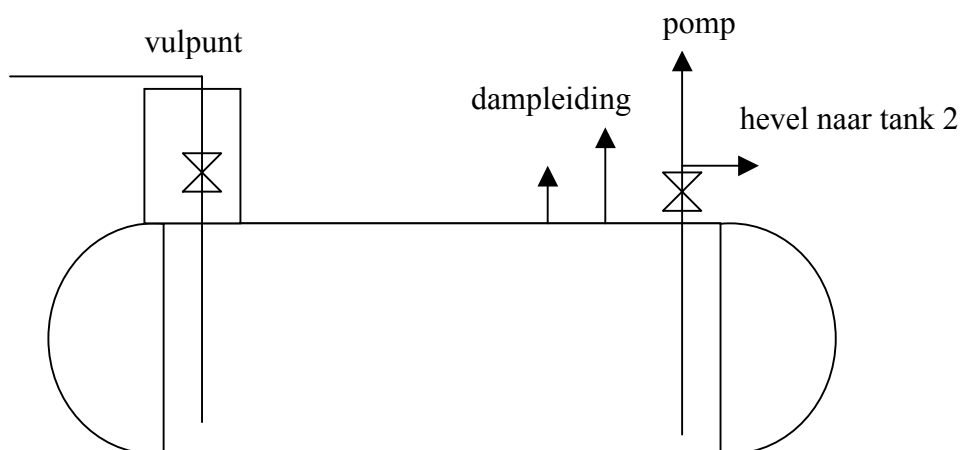
- De standaard tankwagen bevat twee tanks, benzine en gasolie, van 8000 liter elk. Na aansluiten van aarde en dampretour wordt de tankwagen aangesloten op het vulpunt. Het vulpunt (3") bevindt zich in de schacht onder het luik (G), waar ook de peilaansluiting is. Er wordt gevuld zonder pomp: het niveauverschil is voldoende voor het vullen van de tanks. Het vullen duurt ongeveer een half uur. Op basis hiervan wordt de verblijftijd van de tankwagen gelijkgesteld aan $\frac{3}{4}$ uur.
- Binnen de ponton, waar de tanks aanwezig zijn, zijn geen elektrische aansluitingen. Vanaf de wal lopen (explosieveilige) elektrische leidingen door de ponton naar de kassa, en naar

de pompen. De ventilatie-openingen dienen in de toekomst te zijn uitgerust met vlamdovers.

- Op de tank zijn, naast de schacht met het vulpunt, drie aansluitingen aanwezig, namelijk een aansluiting van 2", een aansluiting van 2" met een leiding van 1,5" en een aansluiting van 2". Een overzicht van de tank is weergegeven in figuur 2.



Figuur 1 Overzicht brandstofponton (bovenaanzicht)



Figuur 2 Overzicht brandstoftank (zij-aanzicht)

4 Kwantitatieve risico-analyse

Voor het vergelijken van de risico's van het referentie-systeem met de normen is een kwantitatieve risico-analyse uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van de standaard methode voor het uitvoeren van een risico-analyse, zoals vastgelegd in het Paarse Boek [3]. Eerst worden de scenario's bepaald die het vrijkomen van de brandbare vloeistof beschrijven, en worden de bijbehorende faalfrequenties bepaald. Vervolgens wordt de modellering beschreven. Tenslotte worden de resultaten van de effectberekeningen en de risico's gegeven.

4.1 Scenario's

De standaard scenario's voor een kwantitatieve risico-analyse en de rekenmethode zijn vastgelegd in het zgn. Paarse Boek [3]. Een risico-analyse volgens deze methode is recentelijk uitgevoerd voor LPG tankstations [4]. In een eerdere studie zijn de risico's van opslag, overslag en vervoer van benzine geanalyseerd, waarbij scenario's zijn opgesteld voor autotankstations voor benzine [5]. Ook heeft het ministerie van BZK (directie brandweer en rampenbestrijding) specifiek voor een brandstofponton een aantal scenario's opgesteld [6]. Voor de risico-analyse van de brandstofpontons wordt uitgegaan van de standaard scenario's voor vaste (industriële) installaties met de specifieke scenario's voor overslag [3]. Daarnaast worden de relevante scenario's van de genoemde studies nog in beschouwing genomen.

Voor elk scenario is een gebeurtenissenboom opgesteld. Hierbij dienen de vervolgekansen op directe ontsteking en vertraagde ontsteking te worden ingevuld. De standaard waarden zijn samengevat in tabel 1 en toegelicht in bijlage 2. Bij sommige scenario's zijn afwijkende waarden gebruikt; deze zijn in de beschrijving van het scenario toegelicht.

	Kans op directe ontsteking	Kans op vertraagde ontsteking
benzine	0,065	1 – 0,065
gasolie	0,01	-

Dit leidt tot de volgende scenario's en gebeurtenissenbomen die worden beschouwd voor de risico-analyse. De standaard scenario's van het Paarse Boek komen overeen met de genummerde scenario's [3].

1. falen voorraadtank, instantaan

De standaard uitstroombrequentie voor de instantane uitstroming van een atmosferische tank is 5×10^{-6} per tank per jaar. Het scenario leidt tot de instantane uitstroming van 5500 liter benzine (gasolie) in de ponton. De vervolggebeurtenissen voor dit scenario zijn:

- directe ontsteking; de kans hierop is gelijk aan de standaard waarde.
- vertraagde ontsteking; de standaard waarde voor benzine is gelijk aan $1 - 0,065$. Echter, in de onderzochte situatie wordt er geen brandbare wolk buiten de ponton gevormd. Bij een gesloten explosieluik kan benzinedamp alleen vrijkomen bij de ventilatie-openingen. De aldus gevormde wolk is zeer klein, en in combinatie met de aanwezigheid van vlamdovers en het ontbreken van ontstekingsbronnen in de ponton is de vervolgekans op ontsteking gevolgd door een grote brand verwaarloosbaar. Daarom is in afwijking van de standaard waarde de vervolgekans van vertraagde ontsteking gelijkgesteld aan nul.

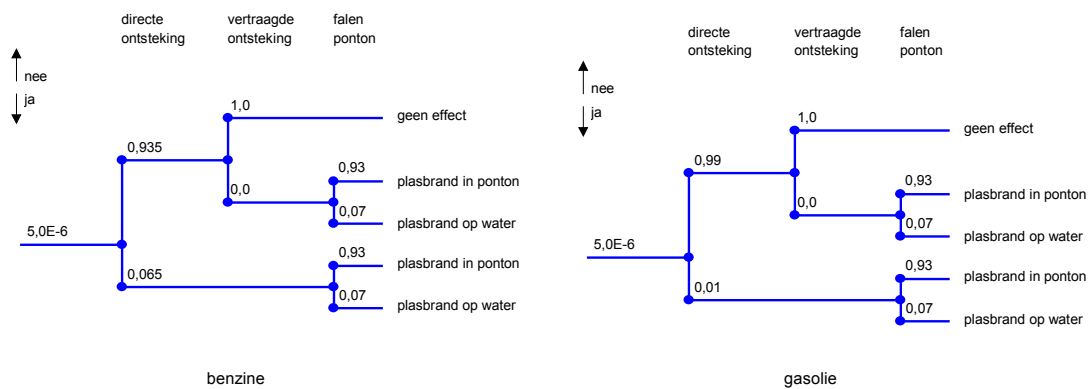
- falen ponton; door explosie en langdurige brand kan de ponton falen, hetgeen leidt tot de uitstroming van de brandbare vloeistof op het oppervlaktewater. De aanwezigheid van het explosieluik voorziet in het ontlasten van de explosie. De kans van falen van de ponton wordt in deze situatie gelijkgesteld aan 0,07. De achtergrond van deze waarde is toegelicht in bijlage 2.

Aangenomen wordt dat het falen van één tank uiteindelijk leidt tot het vrijkomen van de inhoud van alle vier de tanks. Bij falen van de ponton leidt dit tot een grotere vloeistofplas; wanneer de ponton niet faalt, heeft het falen van de overige tanks alleen invloed op de lengte van de plasbrand en niet op de effectenafstanden.

De gebeurtenissenboom van dit scenario is weergegeven in figuur 3.1.

2. falen voorraadtank, uitstroming in 10 minuten

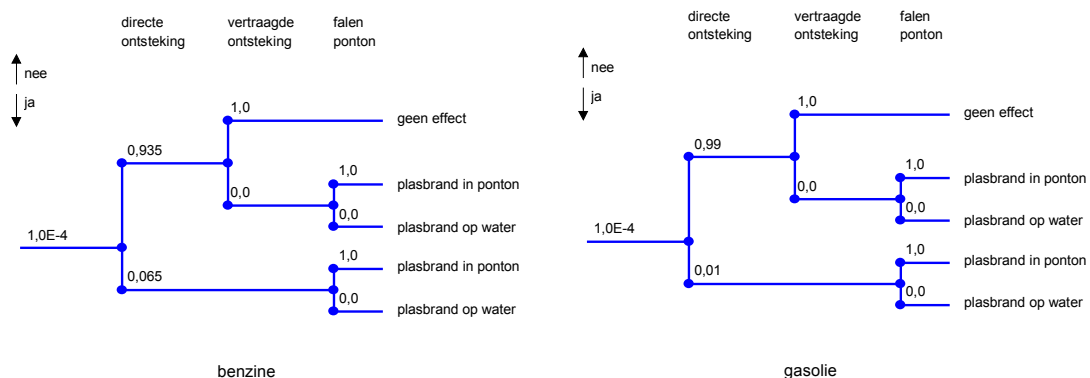
De standaard uitstroombrequentie voor een atmosferische tank is 5×10^{-6} per tank per jaar. Het scenario leidt tot continue uitstroming van 5500 liter benzine (gasolie) in tien minuten in de ponton. De vervolgebeurtenissen zijn gelijk aan scenario 1 (zie figuur 3.1).



Figuur 3.1 Gebeurtenissenboom falen voorraadtank, instantaan en uitstroming in 10 minuten

3. falen voorraadtank, uitstroming uit een 10 mm gat

De standaard uitstroombrequentie voor een atmosferische tank is 1×10^{-4} per tank per jaar. Het scenario leidt tot continue uitstroming van benzine (gasolie) in de ponton. Bij directe ontsteking leidt dit tot een klein brandoppervlak. Daarom is de kans op falen van de ponton gelijk aan 0 gesteld. De gebeurtenissenboom is weergegeven in figuur 3.2.



Figuur 3.2 Gebeurtenissenboom falen voorraadtank, uitstroming 10 mm gat

Uitstroming uit een 10 mm gat gevolgd door directe ontsteking leidt tot een plasbrand onder de drie overige tanks. Het falen van de drie overige tanks heeft alleen invloed op de lengte van de plasbrand. Een BLEVE met vuurbal van een tank ten gevolge van opwarming door de plasbrand wordt uitgesloten, omdat de tank opgesloten is in de ponton en de ponton intact blijft door de aanwezigheid van het explosieluik. De betonnen ponton verhindert de aanzuiging van voldoende lucht voor de vorming van een vuurbal.

4. breuk leidingen

De uitstroomkans is afhankelijk van de lengte en de diameter van de leiding [3]. Voor het beschouwde referentiesysteem is de diameter van de leiding 2". De leidinglengte wordt per tank gelijkgesteld aan de minimumwaarde van 10 meter, zodat de faalfrequentie gelijk is aan 1×10^{-5} per tank per jaar. Omdat de leidingen aan de bovenkant van de tank zijn uitgevoerd, leidt het scenario tot het vrijkomen van de inhoud van de leiding + verdamping van benzine dan wel gasolie. Omdat de ponton geventileerd wordt, de bronterm klein is en in de ponton geen ontstekingsbronnen aanwezig zijn, leidt dit scenario niet tot externe veiligheidseffecten. Ook wanneer tijdens het vullen breuk van de leidingen optreedt zal de bronterm klein zijn, omdat bij het vullen een maximum hoeveelheid is ingesteld en tijdens het vullen geen vloeistof in de leiding komt.

5. lek leiding (diameter gat 0,2")

De uitstroomkans is afhankelijk van de lengte en de diameter van de leiding. Voor het beschouwde referentiesysteem is de diameter van de leiding 2". De leidinglengte wordt per tank gelijkgesteld aan de minimumwaarde van 10 meter, zodat de faalfrequentie gelijk is aan 5×10^{-5} per tank per jaar. Omdat de leidingen aan de bovenkant van de tank zijn uitgevoerd, leidt het scenario tot continue uitstroming van damp in de ponton. Omdat de ponton geventileerd wordt, de bronterm klein is en in de ponton geen ontstekingsbronnen aanwezig zijn, leidt dit scenario niet tot externe veiligheidseffecten.

6. falen tankauto, instantaan

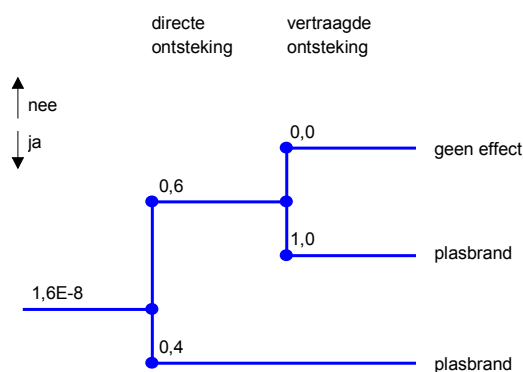
De tankauto wordt verondersteld te bestaan uit één tank, met een tussenschot opgedeeld in twee compartimenten. Daarom wordt in de risico-analyse uitgegaan van de uitstroomkans van een enkele tank, waarbij de gehele inhoud vrijkomt¹. De uitstroomkans voor een atmosferische tank op een tankauto is 1×10^{-5} per jaar. Gecorrigeerd voor de verblijfstijd ($19 \times \frac{3}{4}$ uur / 8766 uur) is de frequentie gelijk aan $1,6 \times 10^{-8}$ per jaar. Het scenario leidt tot instantane uitstroming van 2×8000 liter brandbare vloeistof.

De vervolgebeurtenissen voor dit scenario zijn:

- directe ontsteking; de kans hierop is gelijk aan de standaard waarde voor tankwagens, 0,4.
- vertraagde ontsteking; de kans hierop is gelijkgesteld aan de standaard waarde, namelijk 1
 - de kans op directe ontsteking. Aangenomen wordt dat vertraagde ontsteking optreedt bij de grootste plasomvang [3].

De gebeurtenissenboom is weergegeven in figuur 3.3.

¹ Indien de tankauto gemodelleerd wordt als twee afzonderlijke tanks, wordt de faalfrequentie een factor twee groter. Gezien de waarde van de faalfrequentie leidt dit niet tot significante verandering van de 10^{-5} en 10^{-6} individueel risicocontouren.



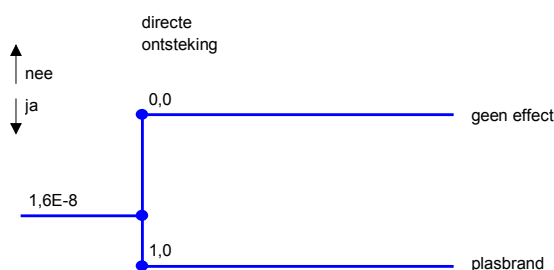
Figuur 3.3 Gebeurtenissenboom falen tankauto, instantaan

7. falen tankauto, uitstroming uit grootste aansluiting

De uitstroomkans is 5×10^{-7} per jaar. Gecorrigeerd voor de verblijfstijd ($19 \times \frac{3}{4}$ uur / 8766 uur) is de frequentie gelijk aan $8,1 \times 10^{-10}$ per jaar. Dit scenario hoeft door de lage frequentie van voorkomen niet verder beschouwd te worden.

8. brand onder de tankauto en BLEVE van een tankauto

De uitstroomkans is afhankelijk van de lokale situatie. De basis faalfrequentie hiervoor is 1×10^{-5} per jaar. Gecorrigeerd voor de verblijfstijd ($19 \times \frac{3}{4}$ uur / 8766 uur) is de frequentie gelijk aan $1,6 \times 10^{-8}$ per jaar. Het scenario leidt tot instantane uitstroming van 2×8000 liter brandbare vloeistof. Omdat brand de oorzaak van het falen is, treedt directe ontsteking op met kans 1. De gebeurtenissenboom is weergegeven in figuur 3.4.



Figuur 3.4 Gebeurtenissenboom brand onder tankauto

De LPG-Integraalstudie [5] geeft aan dat een BLEVE van een tankauto met benzine kan optreden als de tankauto een plaatstalen tank bezit en voldoende warmtestraling aanwezig is, zowel wat betreft tijdsduur als intensiteit. In de LPG-Integraalstudie is aangenomen dat de meeste tankauto's een aluminium tank bezitten, waarvoor geen BLEVE optreedt. Een BLEVE kan alleen optreden bij tankauto's met een plaatstalen tank, hetgeen slechts 0,1% van de tankauto's betreft [5,7]. De frequentie van een langdurige omgevingsbrand is voor een autotankstation gelijk gesteld aan 2×10^{-5} per jaar [5].

Indien aangenomen wordt dat de frequentie van een langdurige omgevingsbrand bij een brandstofponton vergelijkbaar is met de frequentie bij een autotankstation, d.w.z. 2×10^{-5} per jaar, dan is de frequentie van een langdurige brand in aanwezigheid van een tankauto gelijk aan $(19 \text{ uur} / 8760 \text{ uur}) \times 2 \times 10^{-5}$ per jaar = 4×10^{-8} per jaar. Omdat het aantal tankauto's

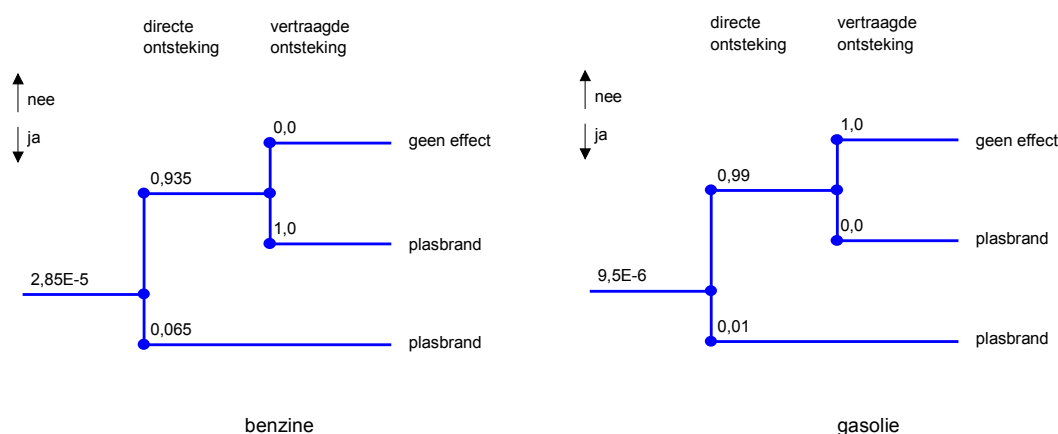
met een plaatstalen tank relatief klein is, hoeft het scenario door de lage frequentie van voorkomen niet verder beschouwd te worden.

9. *breuk losslang van de tankauto*

Dit scenario beschrijft de uitstroming van vloeistof uit de losslang ten gevolge van falen van de losslang of het losschieten van de slang. De uitstroomkans is 4×10^{-6} per uur overslag. Het aantal uren overslag per jaar is $19 \times 1/2$ uur, zodat de faalfrequentie gelijk is aan $3,8 \times 10^{-5}$ per jaar. Hiervan betreft 75% de overslag van benzine, 25% de overslag van gasolie. Het scenario leidt tot continue uitstroming met een debiet dat overeenkomt met het debiet tijdens overslag.

Bij het vullen van de tanks wordt circa 10.000 liter benzine en/of gasolie in een half uur overgeslagen. Uitgaande van een dichtheid van benzine van 0,75 kg/l is het debiet gelijk aan circa $7500 \text{ kg} / 1800 \text{ s} = 4,2 \text{ kg/s}$. In het begin zal het debiet hoger zijn, door de grotere vloeistofkolom. Gerekend wordt daarom met een debiet van 5 kg s^{-1} .²

De gebeurtenissenboom is weergegeven in figuur 3.5.



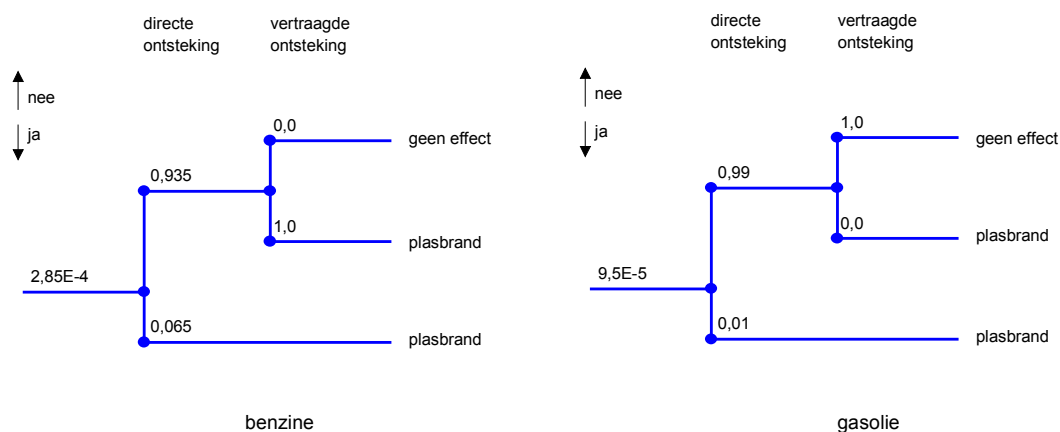
Figuur 3.5 Gebeurtenissenboom breuk losslang tankauto

10. *lekkage losslang van de tankauto*

De uitstroomkans is 4×10^{-5} per uur overslag. Het aantal uren overslag per jaar is $19 \times 1/2$ uur, zodat de faalfrequentie gelijk is aan $3,8 \times 10^{-4}$ per jaar. Het scenario leidt tot continue uitstroming uit een gat met diameter 0,3" ($0,1 \text{ kg s}^{-1}$)

De vervolggebeurtenissen voor dit scenario zijn directe ontsteking en vertraagde ontsteking. Aangenomen wordt dat vertraagde ontsteking optreedt bij de grootste plasomvang [3]. De gebeurtenissenboom is weergegeven in figuur 3.6.

² Een breuk in een laad-/losslang met diameter 3", lengte 15 meter, één bocht per meter en een vloeistofkolom van 1,5 meter leidt tot een uitstroomdebiet van 5,8 kg/s. De gekozen waarde van 5 kg/s is derhalve een redelijke waarde.



Figuur 3.6 Gebeurtenissenboom lek losslang tankauto

– *externe impact tankauto*

Wanneer de tankauto tijdens het lossen opgesteld is langs de openbare weg, kan de tankauto aangereden worden door passerend verkeer. De kans hierop is sterk afhankelijk van de lokale situatie, en is niet te beschrijven met een generiek getal. In de referentiesituatie is aangenomen dat dit scenario buiten beschouwing kan worden gelaten. In situaties waarbij de tankauto tijdens het lossen opgesteld is op of naast de openbare weg, en geen beschermende maatregelen genomen zijn, dient een inschatting gemaakt te worden van de faalfrequentie ten gevolge van externe impact.

Externe impact van een tankauto resulteert in het vrijkomen van de inhoud van de tankauto in korte tijd. De effecten zijn daarom vergelijkbaar met de plasbrand van de tankauto op de kade (zie paragraaf 4.3.3).

– *aanvaring brandstofponton*

Voor een uitstroming ten gevolge van aanvaring van de ponton is het noodzakelijk dat het aanvarend schip voldoende energie heeft voor het kapot varen van de steigers en de betonnen ponton. De jachthaven wordt alleen aangedaan door de pleziervaart, en de sterkte van de ponton is berekend voor het weerstaan van dergelijke botsingen. De kans op aanvaring gevolgd door een grote uitstroming is daarom verwaarloosbaar.

– *kapseizen / zinken van de ponton*

Het kapseizen en zinken van de ponton kan leiden tot het vrijkomen van brandbare vloeistof. Een gebeurtenis die leidt tot het scheef liggen van de ponton is het vullen van de tanks aan één kant, terwijl de tanks aan de andere kant leeg zijn. De grootte van dit effect is aangegeven in bijlage 3. Hieruit blijkt dat het aan één kant vullen van de ponton niet leidt tot kapseizen.

– *morsen, wegvaren tijdens aflevering, overvullen scheepstankje, vullen starten voordat de slang in de tank is aangebracht, falen slang tijdens afleveren*

Deze set van faaloorzaken bij het afleveren van benzine leidt tot vervuiling van het oppervlaktewater. Omdat de aflevering alleen door bevoegd personeel plaatsvindt, dat tijdig kan ingrijpen, zijn de hoeveelheden vrijkomende brandbare vloeistof gering. Dit scenario wordt daarom geacht niet te leiden tot externe veiligheidseffecten.

– *falen van de afleverzuilslang*

Het falen van de afleverzuil in de stationaire situatie leidt tot uitstroming van de inhoud van de slang gevolg door dampuitstroming. Vanwege de geringe hoeveelheid wordt dit scenario niet verder beschouwd.

– *brand op ponton, brand in directe omgeving ponton*

Op de ponton bevinden zich niet dermate grote hoeveelheden vloeistof dat dit leidt tot het vormen van een grote plas onder de tanks en het (langdurig) aanstralen van de tanks. Een kleine brand op de ponton zal niet leiden tot grote effecten, anders dan reeds beschouwd bij de standaard scenario's. Een grote brand in de buurt van de ponton kan ontstaan door het vrijkomen van brandbare vloeistof in de buurt van de ponton gevolgd door ontsteking. Omdat de betonnen bak afscherming biedt tegen warmtestraling, moet de brand voldoende groot zijn om te leiden tot afbraak van de betonnen bak, dan wel opwarming van de tanks in de bak. In beide gevallen zal de extra bijdrage van de vloeistof van de brandstofponton geen grote effecten hebben in vergelijking met de bestaande brand.

– *explosie*

Dit scenario is reeds meegenomen met de standaard faalscenario's van de voorraadtanks.

Tabel 2 geeft een overzicht van de scenario's die doorgerekend worden. Hierbij zijn de scenario's van benzine en gasolie samengevoegd, omdat deze op dezelfde wijze doorgerekend worden.

Tabel 2. *Scenario's in de risicoanalyse*

Nr.	Omschrijving	Frequentie	Model
1	Falen voorraadtank	$7,0 \times 10^{-7}$ $5,3 \times 10^{-8}$	plasbrand 4×5500 liter in het oppervlak ponton plasbrand 4×5500 liter op het water
2	Falen voorraadtank	$7,0 \times 10^{-7}$ $5,3 \times 10^{-8}$	plasbrand 4×5500 liter in het oppervlak ponton plasbrand 4×5500 liter op het water
3	10 mm gat tank	$1,5 \times 10^{-5}$	plasbrand 4×5500 liter in het oppervlak ponton
6	Falen tankauto	$6,5 \times 10^{-9}$ $9,8 \times 10^{-9}$	plasbrand op kade, 2×8000 liter, direct plasbrand op kade, 2×8000 liter, vertraagd
8	Brand tankauto	$1,6 \times 10^{-8}$	plasbrand op kade, 2×8000 liter, direct
9	Breuk losslang tankauto	$2,0 \times 10^{-6}$ $2,7 \times 10^{-5}$	plasbrand op kade, debiet 5 kg s^{-1} , direct plasbrand op kade, debiet 5 kg s^{-1} , vertraagd
10	Lek losslang tankauto	$2,0 \times 10^{-5}$ $2,7 \times 10^{-4}$	plasbrand op kade, debiet $0,1 \text{ kg s}^{-1}$, direct plasbrand op kade, debiet $0,1 \text{ kg s}^{-1}$, vertraagd

4.2 Modelling

De effectberekeningen zijn uitgevoerd met het model SAFETI V5.23 [8]. De voorschriften van het Paarse Boek [3] zijn aangehouden. Hierbij zijn de volgende specifieke aannames gedaan:

- Benzine is een mengsel van C_4 - C_{12} koolwaterstoffen met relatieve molecuulmassa ca 115 [9]. Gasolie (gasolie) is een mengsel van C_{12} - C_{25} koolwaterstoffen met relatieve molecuulmassa ca 170 [9]. In de berekening is uitgegaan van één stof, namelijk octaan (C_8 – relatieve molecuulmassa 114).

- De ruwheidslengte [10] van het terrein is gelijk gesteld aan 0,10 m. Het terrein ter plaatse van een brandstofponton is in het algemeen zeer divers. Aan de waterkant zijn weinig obstakels (lage ruwheidslengte), terwijl aan de walzijde hogere obstakels in de vorm van bebouwing aanwezig kunnen zijn (hoge ruwheidslengte). Er is gekozen voor een relatief lage ruwheidslengte, die overeenkomt met een terrein met lage gewassen en hier en daar grote obstakels. Voor de weersomstandigheden wordt de standaard indeling in zes weerklassen gebruikt met de frequentie-verdeling van het weerstation Schiphol [3]. Omdat de brandbare wolk voor benzine zeer klein is, en de risico's bepaald worden door de plasbrand, is de invloed van de ruwheidslengte en de frequentieverdeling beperkt.

4.3 Effect berekeningen

Er zijn vijf verschillende scenario's te onderscheiden in tabel 2, namelijk:

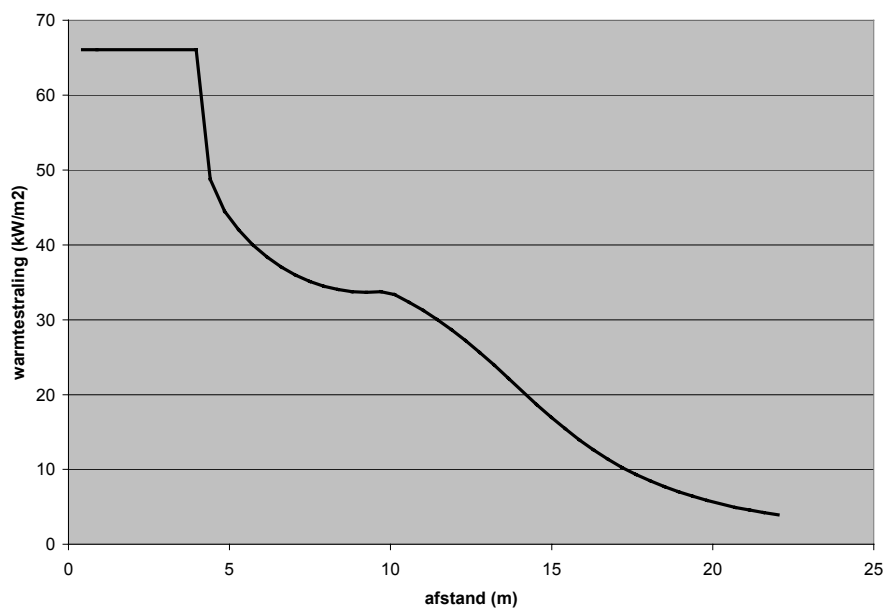
- plasbrand van 22.000 liter in de ponton
- plasbrand van 22.000 liter op het water
- plasbrand van 16.000 liter op de kade (tankauto)
- plasbrand van een continue uitstroming van 5 kg s^{-1} op de kade (breuk losslang tankauto)
- plasbrand van een continue uitstroming van $0,1 \text{ kg s}^{-1}$ op de kade (lek losslang tankauto)

In deze paragraaf wordt aangegeven wat de effecten van de scenario's zijn. Tenslotte wordt nog aandacht besteed aan de effectafstanden bij explosie van de ponton.

4.3.1 Plasbrand in een ponton

De effecten van een plasbrand worden bepaald door het oppervlak van de plas. Voor de effectafstanden van een plasbrand in de ponton is aangenomen dat het (cirkelvormig) oppervlak van de plasbrand gelijk is aan het oppervlak van de ponton, namelijk 50 m^2 . Dit betekent dat de ponton beschouwd wordt als een open bak zonder bovenkant, hetgeen leidt tot een (grote) overschatting van de warmtestraling. Aangenomen is dat uiteindelijk alle tanks bijdragen aan de plasbrand in de ponton. Dit heeft echter alleen invloed op de duur van de plasbrand, en resulteert niet in grotere op de effectafstanden.

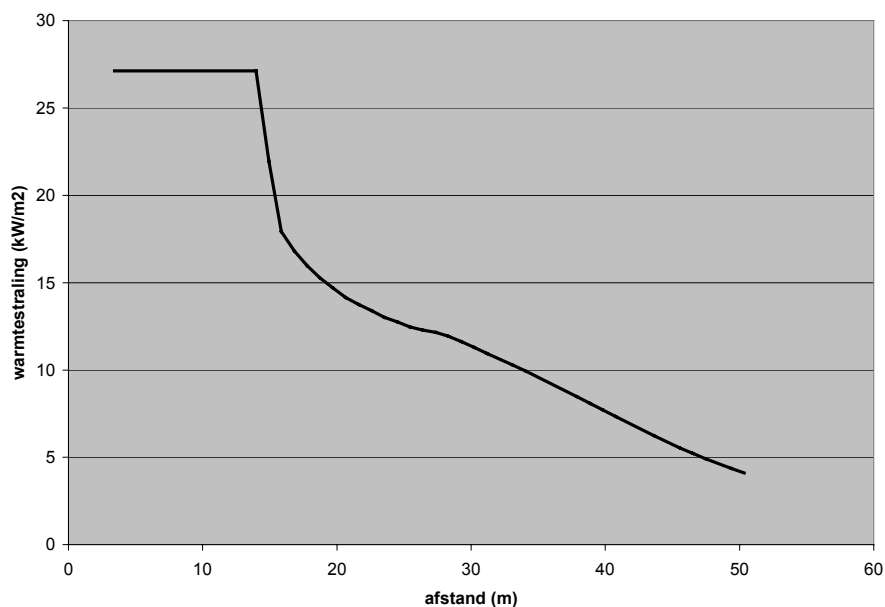
De warmtestraling als functie van de afstand zijn weergegeven in figuur 4.1. Een warmtestralingsniveau van 35 kW m^{-2} leidt tot 100% sterfte [3]. Dit komt overeen met een afstand van 7 meter. Bij de maximum blootstellingstijd van 20 s komt 1% sterfte overeen met 10 kW m^{-2} , dat wil zeggen een afstand van 17 meter. De brandweer hanteert voor het ontstaan van secundaire branden in de omgeving een warmtestralingsniveau van 15 kW m^{-2} . In de risico-analyse worden de effecten van secundaire branden verder niet beschouwd.



Figuur 4.1 Warmtestraling als functie van de afstand voor een plasbrand in de ponton

4.3.2 Plasbrand op het water

Voor de effectafstanden van een plasbrand bij falen van de ponton is aangenomen dat in zeer korte tijd, 10 s, 22.000 liter vrijkomt op het water en direct ontsteekt, zodat een plasbrand op het water ontstaat. De warmtestraling als functie van de afstand is gegeven in figuur 4.2.

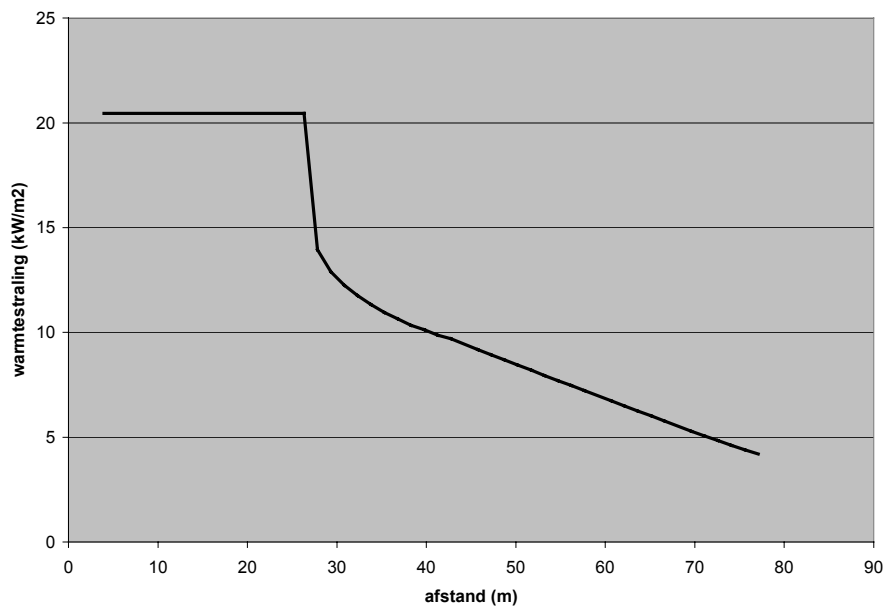


Figuur 4.2 Warmtestraling als functie van de afstand voor een plasbrand op het water

De straal van de plasbrand op het water is 15 meter, terwijl sterfte ten gevolge van warmtestraling (1% letaliteit) kan optreden tot een afstand van 35 meter.

4.3.3 Plasbrand van de tankauto op de kade

Voor de effectafstanden van een plasbrand bij falen van de tankauto is aangenomen dat in zeer korte tijd, 10 s, 16.000 liter vrijkomt op de kade en ontsteekt, zodat een plasbrand op de kade ontstaat. De warmtestraling als functie van de afstand is gegeven in figuur 4.3. De straal van de plas op de kade is 25 meter, terwijl sterfte ten gevolge van warmtestraling (1% letaliteit) kan optreden tot een afstand van 40 meter.



Figuur 4.3 Warmtestraling als functie van de afstand voor een plasbrand op de kade ten gevolge van het falen van de tankauto

4.3.4 Plasbrand op de kade ten gevolge van breuk van de losslang van de tankauto

Voor de effectafstanden van een plasbrand ten gevolge van de breuk van de losslang van de tankauto is een uitstroming van 5 kg s^{-1} gemodelleerd. De uitstroomhoeveelheid is 8000 liter, zodat de uitstroomduur gelijk is aan 1200 s. De uitstroomduur is voor de effectberekeningen niet van belang, omdat gerekend wordt met een blootstellingsduur van 20 s. De straal van de plasbrand op de kade is 20 meter, terwijl sterfte ten gevolge van warmtestraling (1% letaliteit) kan optreden tot een afstand van 35 meter.

4.3.5 Plasbrand op de kade ten gevolge van lek van de losslang van de tankauto

Voor de effectafstanden van een plasbrand ten gevolge van de breuk van de losslang van de tankauto is een uitstroming van $0,1 \text{ kg s}^{-1}$ gemodelleerd. De uitstroming is dermate klein dat er geen significante letale effecten optreden.

4.3.6 Explosie-effecten

Naast de plasbranden dienen ook de gevolgen van een explosie in de ponton beschouwd te worden. De effecten van een explosie kunnen ingeschat worden op basis van de grootste explosieve massa die aanwezig kan zijn.

Het volume van de brandstofponton bedraagt ongeveer 110 m^3 . Wanneer in dit volume een explosief lucht-benzine mengsel aanwezig is, dan is de grootste hoeveelheid benzine in dit mengsel aanwezig wanneer de bovenste explosiegrens bereikt is, 8 vol%. Met een gemiddelde molecuulmassa van 115, en een dichtheid van het lucht-benzine mengsel van $1,4 \text{ kg m}^{-3}$, is de maximale hoeveelheid benzine in dit mengsel 40 kg. Deze waarde is te beschouwen als een bovengrens, omdat:

- het netto volume van de brandstofponton aanzienlijk kleiner is door de aanwezigheid van de tanks;
- de grootste explosie-effecten plaatsvinden bij een stoichiometrisch mengsel, en niet bij een mengsel op de bovenste explosiegrens.

Een explosie van 40 kg koolwaterstoffen leidt volgens de standaard berekening tot een overdruk van 0,3 barg op 18 meter. Deze afstand valt binnen de berekende effectafstanden van de plasbranden. Gezien het feit dat deze schatting een bovenschatting is, en de aanwezigheid van het explosieluik de explosie afleidt, hoeven de explosie-effecten niet verder te worden beschouwd.

4.4 Risicocontouren

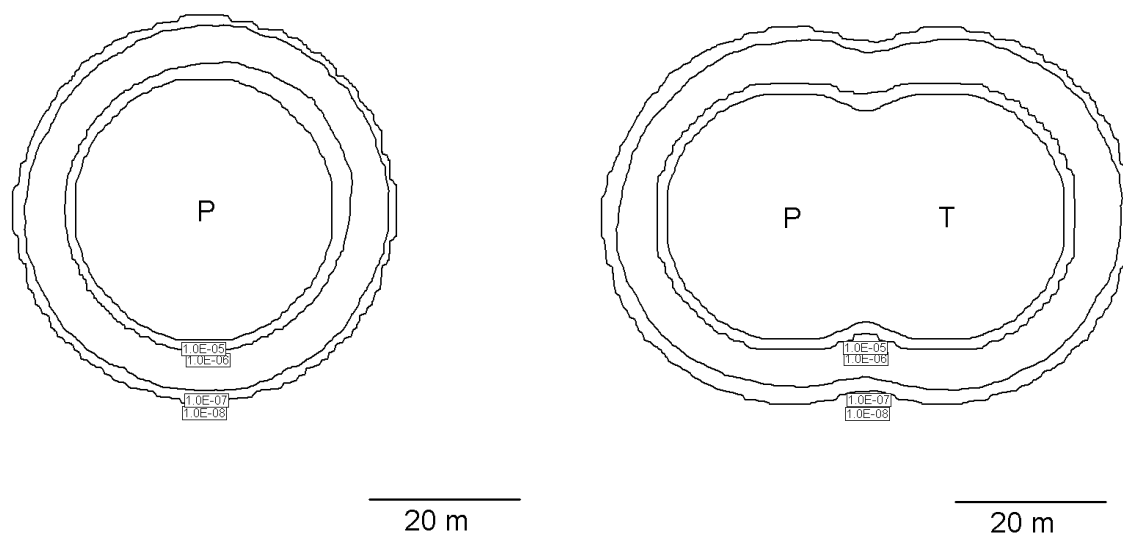
Voor het bepalen van het risico van de ponton worden alle scenario's gecombineerd. Er zijn twee verschillende combinaties gemaakt:

- combinatie 1
de tankauto is zeer dicht bij de ponton geparkeerd; de uitstroming vindt voor alle scenario's op dezelfde locatie plaats
- combinatie 2
de tankauto is op 20 meter afstand van de ponton geplaatst. De plasbrand van de tankauto is op 20 meter afstand van de plasbrand van de ponton. De uitstroming van de losslang is verdeeld over twee locaties, namelijk de ponton en de tankauto.

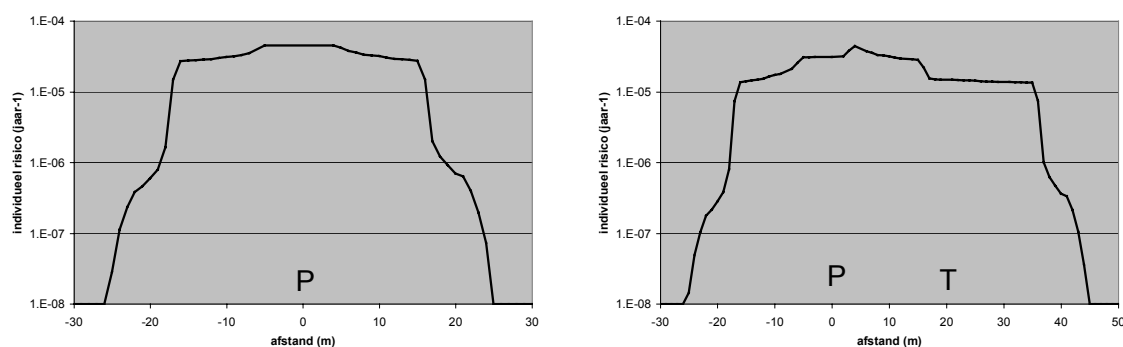
De resultaten zijn weergegeven in de Figuren 4.4 en 4.5.

Het maximaal individueel risico bedraagt $4,5 \times 10^{-5}$ per jaar, en wordt in grote mate bepaald door de plasbrand binnen de brandstofponton (frequentie $1,6 \times 10^{-5}$ per jaar) en de breuk van de losslang bij overlading van de tankauto naar de ponton (frequentie $2,9 \times 10^{-5}$ per jaar).

De individueel risicocontouren van 10^{-5} per jaar en 10^{-6} per jaar vallen praktisch samen. Wanneer de tankauto zeer dicht bij de ponton is geparkeerd, zijn deze contouren gecentreerd rond de ponton met een straal van ongeveer 20 meter. Wanneer de tankauto op 20 meter van de ponton is geparkeerd, bestaan de 10^{-5} en 10^{-6} individueel risicocontouren uit twee deels overlappende cirkels rond de ponton en rond de tankauto, met een straal van ongeveer 20 meter. Dit wordt verklaard doordat in dit geval het bepalende scenario voor de 10^{-6} individueel risicocontour, de breuk van de losslang bij overlading van tankauto naar ponton, zowel bij de ponton als bij de tankauto kan leiden tot uitstroming.



Figuur 4.4 Individueel risicocontouren als functie van de afstand voor twee situaties: (1) de tankauto is zeer dicht bij de ponton (P) geparkeerd (links) en (2) de tankauto (T) is op 20 meter afstand van de ponton (P) geparkeerd (rechts).



Figuur 4.5 De doorsnede van het individueel risico als functie van de afstand tot de ponton voor twee situaties: (1) de tankauto is zeer dicht bij de ponton (P) geparkeerd (links) en (2) de tankauto (T) is op 20 meter afstand van de ponton (P) geparkeerd (rechts).

4.5 Gevoeligheid van de resultaten

De risico's worden voornamelijk bepaald door de plasbrand binnen de brandstofponton en de breuk van de losslang van de tankauto. Dit leidt tot de volgende bevindingen.

- De faalfrequentie van de tankauto is dermate laag, $3,3 \times 10^{-8}$ per jaar, dat deze geen rol speelt in de ligging van de 10^{-6} individueel risicocontour. De grootte van de tankwagen en het aantal tanks heeft dus geen invloed op deze contour.
- Het risico neemt in het gebied tussen 15 en 25 meter van de ponton (tankwagen) met drie ordes van grootte af, van 10^{-5} per jaar tot 10^{-8} per jaar. Dit betekent dat een beperkte verandering in de frequentie van een bepaald scenario, bijvoorbeeld als gevolg van een factor twee hogere omzet, geen grote invloed heeft op de ligging van de 10^{-6} individueel risicocontour.

5 Conclusies

De risico's van een referentie brandstofponton zijn uitgerekend. Het referentiesysteem is een betonnen brandstofponton met een relatief grote inhoud en doorzet. Aangenomen is dat de ponton gelegen is in een jachthaven waar alleen pleziervaart aanwezig is, en dat de tankauto tijdens het lossen beschermd is tegen externe beschadiging door langskomend verkeer. De risico-analyse van de referentie brandstofponton leidt tot individueel risicocontouren van 10^{-5} per jaar en 10^{-6} per jaar, die praktisch samenvallen. De afstand van deze contouren tot de brandstofponton bedraagt ongeveer 20 meter, evenals de afstand tot de tankauto. De risico's worden voornamelijk bepaald door de plasbrand binnen de brandstofponton en de breuk van de losslang bij verlading van tankauto naar brandstofponton.

Referenties

- [1] Handreiking externe veiligheid voor inrichtingen. VNG uitgeverij, Den Haag, 1996.
- [2] HISWA. Voorlopige resultaten brandstoffenquête. 2000.
- [3] CPR. Guidelines for Quantitative Risk Assessment. CPR 18E. Eerste druk, 1999
- [4] J.M. Ham. Kwantitatieve risico-analyse generiek voor LPG-tankstations. TNO. concept juli 1999.
J.M. Ham. Resultaten aanvullend onderzoek. TNO. concept 1999.
- [5] Ministerie van VROM. LPG Integraal 23. 2123 Opslag en overslag van benzine op het autotankstation. 1983.
- [6] P. Dekker. Overzicht van scenario's en maatregelen tbv. de beveiliging van brandstofafleverstation in jachthavens. Ministerie van BZK. Concept notitie van 4 juni 1997.
- [7] Telefonisch contact met de firma Dijssel Tankwagens en Speciale voertuigen, 25 september 2000.
- [8] DNV. SAFETI V5.23, 2000.
- [9] Chemiekaarten 15e editie 2000. Ten Hagen & Stam, 1999.
- [10] CPR. Methods for the calculation of physical effects. CPR 14E. Derde druk, 1997.
- [11] AVIV. Systematiek voor indeling van stoffen ten behoeve van risico-berekeningen bij het vervoer van gevaarlijke stoffen. Tweede editie 1999.

Bijlage 1 Resultaten brandstofenquête

De HISWA brandstofenquête geeft voor een aantal brandstofafleverstations de jaaromzet van de verschillende brandstofsoorten en de tankgrootte.

Voor wat betreft de jaaromzet wordt onderscheid gemaakt in verschillende brandstofsoorten, namelijk diesel, benzine (totaal), super, eurosuper (loodvrij), euro, mengsmering en rode gasolie. Voor de analyse zijn de gegevens zijn samengevoegd tot:

- omzet benzine
- omzet diesel + rode gasolie
- omzet brandstof totaal

Voor de ‘omzet benzine’ is hetzij de waarde van *benzine (totaal)* gebruikt, hetzij de som van de waarden van *super + eurosuper (loodvrij) + euro + mengsmering*, afhankelijk van welke waarde bij de enquête opgegeven is. Wanneer waarden gegeven zijn voor zowel *benzine (totaal)* als voor een van de genoemde benzinesoorten, dan is de waarde voor *benzine (totaal)* gebruikt. Twee stations geven alleen een totaalwaarde voor de omzet, zonder uitsplitsing naar diesel en benzine. Deze twee waarden zijn geteld bij de omzet diesel.

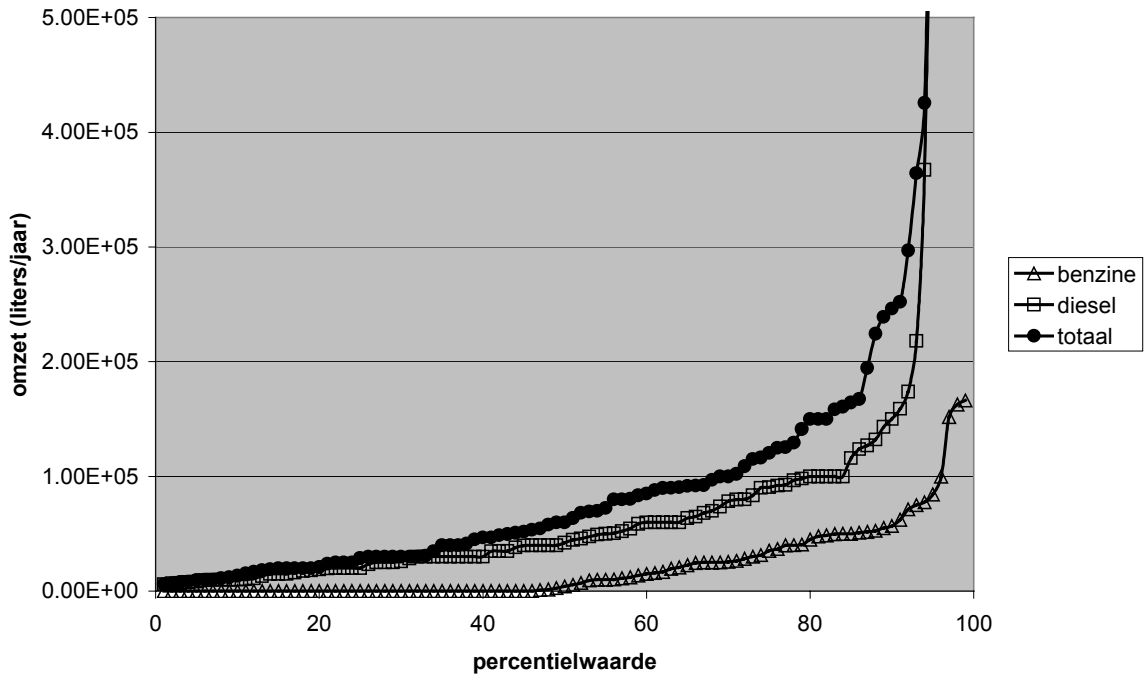
In totaal 96 stations hebben een omzet opgegeven. Een overzicht van de omzet is gegeven in figuur B1.1. Uit de gegevens blijkt dat voor de omzet van brandstof totaal de 10-percentielwaarde gelijk is aan 14.000 liter per jaar, de 50-percentielwaarde gelijk is aan 60.000 liter per jaar en de 90-percentielwaarde gelijk is aan 250.000 liter per jaar.

Voor wat betreft de tankgrootte wordt onderscheid gemaakt in diesel, euro, eurosuper, super en loodvrij. Voor de analyse zijn de gegevens zijn samengevoegd tot:

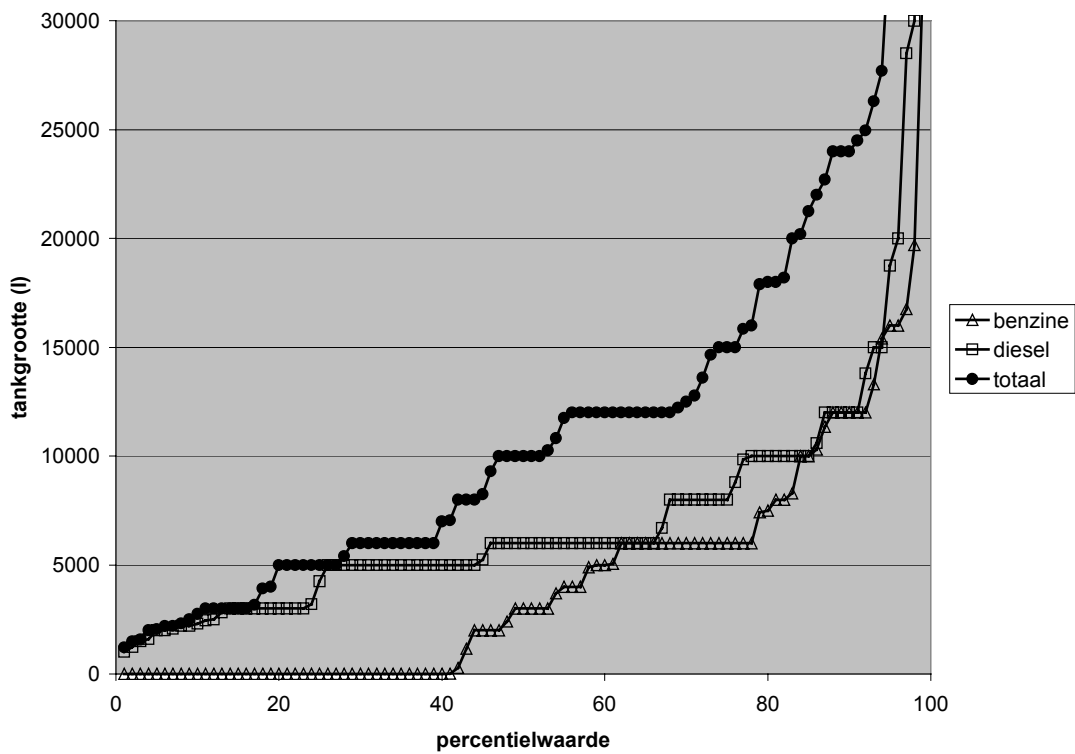
- tankgrootte benzine
- tankgrootte diesel
- tankgrootte brandstof totaal

Voor de ‘tankgrootte benzine’ zijn de waarden van *diesel, euro, eurosuper, super* en *loodvrij* opgeteld. Ook wanneer de tankgrootte vermeld is als 2×2500 l, is deze opgeteld tot één tank van 5000 l.

In totaal 106 stations hebben tankgrootte opgegeven. Een overzicht van de tankgrootte is gegeven in figuur B1.2. Uit de gegevens blijkt dat voor de tankgrootte van brandstof totaal de 10-percentielwaarde gelijk is aan 2800 l, de 50-percentielwaarde gelijk is aan 10.000 l en de 90-percentielwaarde gelijk is aan 24.000 l.



Figuur B.1.1 Omzet van de brandstofstations



Figuur B.1.2 Grootte van de tanks van de brandstofstations

Bijlage 2 Toelichting gemaakte keuzes

In de risico-analyse zijn keuzes gemaakt voor de ontstekingskansen en de kans van falen van de ponton. Deze bijlage geeft de argumenten die hebben geleid tot een bepaalde keuze.

Ontstekingskansen

De kansen op directe en vertraagde ontsteking voor benzine en gasolie zijn momenteel niet eenduidig gedefinieerd.

Benzine [9] heeft een vlampunt kleiner dan -20 °C en is derhalve een K1-vloeistof; volgens de systematiek voor de indeling van stoffen ten behoeve van risico-berekeningen bij het vervoer van gevaarlijke stoffen wordt benzine ingedeeld in stofcategorie LF2 [11]. Gasolie [9] heeft een vlampunt $> 55\text{ °C}$ en is dus een K3-vloeistof; gasolie wordt voor transport ingedeeld in stofcategorie LF1.

De ontstekingskansen die bij het berekenen van het individueel risico standaard gehanteerd worden voor stationaire installaties en voor het transport van gevaarlijke stoffen over water zijn gegeven in tabel 1.

Tabel B.2.1 Ontstekingskansen voor de berekening van het individueel risico volgens het Paarse Boek [3]

	Kans op directe ontsteking	Kans op vertraagde ontsteking
K1 ^a	0,065	$1 - 0,065$
K3 ^a	niet gedefinieerd	niet gedefinieerd
LF1 ^b	0,01	-
LF2 ^b	0,065	0,065

^a ontstekingskansen voor stationaire installaties
^b ontstekingskansen voor transport over water

In de risico-analyse wordt zo veel mogelijk aangesloten bij de standaard rekenmethode voor stationaire installaties (Paarse Boek). Daarom is voor benzine de ontstekingskans voor K1 vloeistof gehanteerd. De ontstekingskans voor gasolie is niet gedefinieerd. Er zijn daarom verschillende alternatieven:

- *Toepassen van de ontstekingskansen van K1-vloeistof voor gasolie*
 Wanneer de ontstekingskansen van K1-vloeistof toegepast worden op gasolie, dan is de kans op vertraagde ontsteking gelijk aan $1 - 0,065$, waarbij de vloeistofplas ontsteekt bij de grootste omvang van de plas. Omdat gasolie minder snel verdampt dan benzine, is de vloeistofplas van gasolie bij ontsteking aanzienlijk groter dan de vloeistofplas van benzine. Dit betekent dat de berekende risico's van een opslagvat gasolie groter zijn dan de berekende risico's van een opslagvat benzine. Dit is geen reële inschatting, omdat bij de standaard omgevingstemperatuur van 9 °C bij gasolie geen brandbare damp boven de vloeistofplas aanwezig is.

- *Toepassen van de directe ontstekingskans van LF1-vloeistof, met de kans op vertraagde ontsteking gelijk aan 1 – directe ontsteking*

Ook in dit geval is de kans op vertraagde ontsteking gelijk aan 1 – directe ontsteking, zodat de berekende risico's van een opslagvat gasolie groter zijn dan de berekende risico's van een opslagvat benzine.

- *Toepassen van de ontstekingskansen van LF1-vloeistof voor gasolie*

In dit geval is de kans op vertraagde ontsteking gelijk aan nul, en treedt alleen directe ontsteking op met kans 0,01. Omdat een brandbare damp boven de vloeistof ontbreekt is de aanname verdedigbaar dat vertraagde ontsteking niet optreedt. Deze keuze komt ook overeen met de standaard rekenmethode voor de risico-analyses van transport over water.

Op grond van bovenstaande overwegingen is besloten voor benzine de ontstekingskansen van K1-vloeistof aan te houden, en voor gasolie de ontstekingskansen van LF1-vloeistof.

De ontstekingskans bij breuk van de losslang van de tankauto is de kans voor stationaire installaties, conform de afspraak bij de risico-analyse van LPG tankstations [4].

Vervolgkans falen ponton

De faalfrequentie voor het instantaan falen van een voorraadtank in de ponton is gelijk aan 5×10^{-6} per tank per jaar, en de vervolgkans voor het falen van de ponton is gelijk aan 0,07.

Voor het falen van de voorraadtank zijn twee verschillende benaderingen mogelijk. In de eerste benadering wordt de voorraadtank opgevat als een standaard atmosferische tank. De bijbehorende standaard faalfrequentie van catastrofaal falen is gelijk aan 1×10^{-5} per jaar, hetgeen opgesplitst wordt in een fractie 0,5 'instantaan falen' en een fractie 0,5 'uitstroming van de tankinhoud in 10 minuten'. De werking van de betonnen bak komt in de risico-analyse vervolgens tot uitdrukking in het beperken van de plasgrootte e.d. In de tweede benadering wordt de betonnen bak beschouwd als een tweede omhulling, die de tank beschermt tegen invloeden van buitenaf ('double containment atmospheric tank'). De faalfrequentie van catastrofaal falen is voor een dergelijke tank gelijk aan $1,25 \times 10^{-7}$ per jaar. Van deze faalfrequentie leidt een fractie 0,2 tot directe emissie naar de omgeving, en 0,8 tot emissie in de betonnen bak.

De voorraadtanks in de brandstofponton zijn volledig onafhankelijk ontworpen van de betonnen omhulling, zodat uitgegaan wordt van de standaard faalfrequentie van een atmosferische tank.

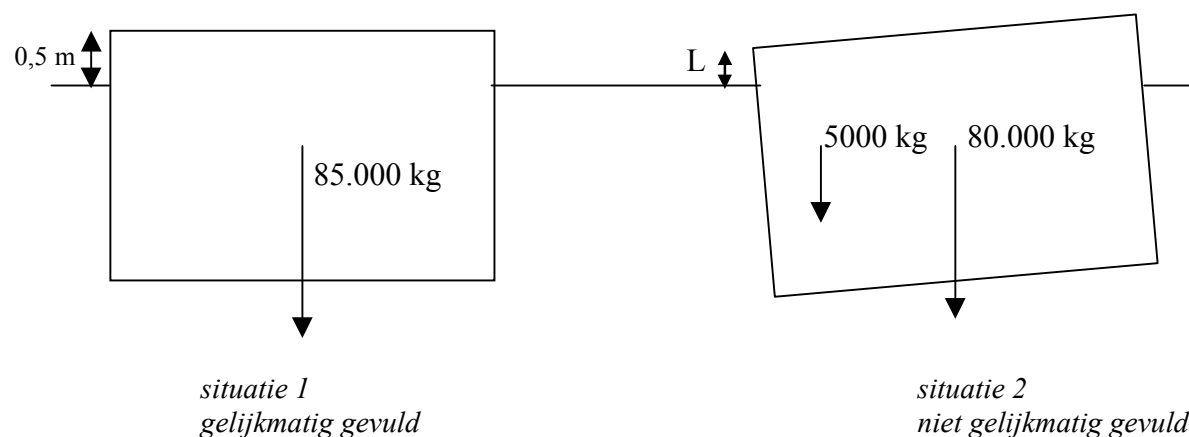
Wanneer een voorraadtank faalt en er breekt brand uit in de ponton, dan is er een vervolgkans dat de ponton faalt en de brandende vloeistof vrijkomt op het water. De waarde voor de kans van het falen van de ponton, P_{FP} , is enigszins arbitrair en kan niet met statistiek onderbouwd worden. Er is daarom gekozen voor een benadering, waarbij de faalfrequentie van het falen van de ponton gelijkgesteld wordt aan het falen van een 'double containment' tank met uitstroming naar de omgeving. De frequentie van een plasbrand in combinatie met falen van de ponton is gelijk aan $2 \times 2 \times 5 \times 10^{-6} \times (0,065 + 0,01) \times P_{FP} = 1,5 \times 10^{-6} \times P_{FP}$ per jaar (de eerste factor 2 is voor de aanwezigheid van twee tanks van elke brandstof, de tweede factor 2 voor de twee scenario's 'instantaan' en 'uitstroming in 10 minuten'). Indien de tanks in de ponton beschouwd worden als aparte 'double containment' tanks, is de frequentie van een plasbrand in combinatie met falen van de ponton gelijk aan $4 \times 1,25 \times 10^{-7} \times 0,2 = 1 \times 10^{-7}$ per jaar [3]. Deze twee zijn

gelijk aan elkaar wanneer $P_{FP} = 0,07$. Daarom is de vervolgekans voor het falen van de ponton gelijk gesteld aan 0,07.

Bijlage 3 Berekening van de hellingshoek van de ponton bij eenzijdig vullen

Een gebeurtenis die kan leiden tot het scheef liggen van de ponton is het vullen van de tanks aan één kant, terwijl de tanks aan de andere kant leeg zijn. De grootte van dit effect is ingeschat aan de hand van de volgende gegevens:

- De afmetingen van de ponton zijn $8 \times 6,25 \times 2,2 \text{ m}^3$. Aangenomen is dat in het geval de ponton gelijkmatig gevuld is (situatie 1), de ponton ongeveer 0,5 meter boven water steekt, zodat de massa van de ponton gelijk is aan $8 \times 6,25 \times 1,7 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 85.000 \text{ kg}$.
- In het geval dat de ponton niet gelijkmatig gevuld is (situatie 2), is de massa niet homogeen verdeeld over de ponton. De inhoud van één gevulde vloeistoftank is ongeveer $5500 \text{ l} \times 700 \text{ g/l} = 3850 \text{ kg}$. Voor deze situatie is aangenomen dat ook nu de massa gelijk is aan 85.000 kg, maar dat hiervan 80.000 kg homogeen verdeeld is, en 5000 kg vloeistof aanwezig is op drie meter van het midden van de ponton, d.w.z. ter plekke van de buitenste vloeistoftank.



- De hoogte van de ponton boven water en de hellingshoek kan worden berekend met twee vergelijkingen, namelijk (1) de opwaartse kracht is gelijk aan de zwaartekracht en (2) het krachtmoment van de opwaartse kracht is gelijk aan het krachtmoment van de zwaartekracht. De oplossing van de vergelijkingen voor situatie 2 resulteert in een hellingshoek van $3,5^\circ$ en een hoogte boven water, $L = 0,255 \text{ meter}$.

Uit deze berekening blijkt dat deze situatie niet leidt tot het kapseizen van de ponton.

Bijlage 4 Verzendlijst

1	Directeur Lokale Milieukwaliteit en Verkeer
2	plv Directeur Milieubeheer
3 – 11	Leden van de begeleidingscommissie
12	Depot Nederlandse Publikaties en Nederlandse Bibliografie
13	Directeur Milieu
14	Directeur Sector Stoffen en Risico's
15	Hoofd van het Laboratorium voor Stralingsonderzoek
16 – 17	Auteurs
18	SBD/Voorlichting & Publications
19	Bureau Rapportenregistratie
20	Bibliotheek RIVM
21	Bibliotheek LSO
22-31	Bureau Rapportenbeheer
32-35	Reserve-exemplaren LSO