



## **Rekenmethode voor stuwadoorsbedrijven**

als bedoeld in artikel 2.1 onder B van het Bevi

Label:	Rekenmethode versie 1.0 (1 maart 2015)
Status:	Geaccepteerd door inhoudelijke deskundigen
Verspreiding:	Website RIVM
Disclaimer:	Dit document beschrijft de rekenmethode voor stuwadoorsbedrijven. Deze rekenmethode is tot stand gekomen na overleg met inhoudelijk deskundigen.
Toelichting	<p>De methodiek is in opdracht van het toenmalig Ministerie van VROM (P. Pasveer) opgesteld door AVIV (G. Golbach) onder begeleiding van DCMR (L. Vijgen) en RIVM (D. Riedstra en L. Gooijer).</p> <p>Het eindconcept is op 20 april 2010 opgeleverd door AVIV. Vervolgens is het concept binnen de Modelbeheergroep besproken en zijn er nog enkele tekstuele aanpassingen gedaan.</p>

## Colofon

© RIVM 2015

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van IenM, in het kader van Handleiding Risicoberekeningen Bevi

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Stuwadoorsbedrijven als bedoeld in artikel 2.1 onder b Bevi—4</b>
1.1	Inleiding rekenmethode stuwadoorsbedrijven—4
1.2	Ongevalseenario's—4
1.2.1	Overslag tankcontainers—4
1.2.2	Overslag boxcontainers—5
1.2.3	Toedeling aan deelhandelingen en posities op het terrein—6
1.2.4	Verblijf op terrein intrinsiek falen—8
1.2.5	Verblijf op terrein BLEVE door externe brand—9
1.2.6	Overig—10
1.3	Parameters—11
1.3.1	Kans op ontsteking overslag—11
1.3.2	Kans op ontsteking intrinsiek falen—11
1.3.3	Begrenzing vloeistofplas—12
1.3.4	Overig—12
1.4	Doorzet—12
1.4.1	Algemeen—12
1.4.2	Voorbeeldstoffen—12
1.5	Voorbeeldberekening—13
1.6	Verantwoording rekenmethode stuwadoorsbedrijven—20
1.6.1	Overslag tankcontainers—20
1.6.2	Overslag boxcontainers—22
1.6.3	Toedeling aan deelhandelingen en posities op het terrein—23
1.6.4	Verblijf op terrein intrinsiek falen—23
1.6.5	Verblijf op terrein BLEVE door externe brand—24
1.6.6	Overig—24
1.6.7	Begrenzing vloeistofplas—27
	Referenties—28

# 1 Stuwadoorsbedrijven als bedoeld in artikel 2.1 onder b Bevi

## 1.1 Inleiding rekenmethode stuwadoorsbedrijven

In dit hoofdstuk is de rekenmethode voor stuwadoorsbedrijven beschreven. Een stuwadoorsbedrijf is een bedrijf waar overslag van gevaarlijke stoffen in hoofdzakelijk (tank)containers plaatsvindt. De overslag van gevaarlijke stoffen vindt plaats als deel van de transportketen van het ene naar het andere transportmiddel (uitwisseling tussen zeevaart, binnenvaart, weg en spoor). Tijdens de overslag kan een (tank)container gedurende een beperkte tijdsperiode op het bedrijfsterrein worden neergelegd.

De rekenmethode betreft ongevalsscenario's voor de overslag van gevaarlijke stoffen in (tank)containers en tijdens het verblijf op de inrichting. Als uitgangspunt voor de rekenmethode is de stuwadoorsstudie opgesteld in 1994 gebruikt<sup>1</sup>. Er zijn geen scenario's gedefinieerd voor de op- en overslag van explosieven.

De opslag van verpakte gevaarlijke stoffen in een opslagvoorziening, niet in een container, moet voor stuwadoors op dezelfde wijze worden gemodelleerd als beschreven voor PGS 15-inrichtingen.

Containers met gegaste lading zijn niet relevant voor de externe veiligheid<sup>2</sup>.

## 1.2 Ongevalscenario's

In deze paragraaf zijn de relevante ongevalscenario's beschreven, waarbij de rekenmethode uit 1994 [1] als uitgangspunt is gebruikt. De ongevalscenario's betreffen scenario's bij:

- de overslag van tankcontainers (kleine en grote continue uitstroming (par. 1.2.1.))
- de overslag van boxcontainers (continue uitstroming (par. 1.2.2))
- het verblijf van tankcontainers in de stack (intrinsiek falen (par.1.2.4) en BLEVE door brand in omgeving (par.1.2.5)).

Op ongevalscenario's met betrekking tot horizontaal transport, overslag van los stukgoed en ro-ro terminals wordt ingegaan in paragraaf 1.2.6. In de meeste gevallen zijn deze scenario's niet relevant voor de externe risico's.

In de verantwoording (par.1.6) wordt ingegaan op de achtergrond van de ongevalscenario's, waarbij de nummering van de subparagrafen gelijk is (dus de verantwoording van par. 1.2.1 staat in par 1.6.1 etc.).

### 1.2.1 *Overslag tankcontainers*

Tabel 1 toont de ongevalscenario's voor de overslag van tankcontainers. De frequentie is per behandelde container (omvat zowel de inslag als de uitslag, dus de totale afhandeling). Er wordt onderscheid gemaakt naar type tankcontainer (gas of vloeistof) en naar grootte van de uitstroming (klein of groot). In paragraaf 1.2.3 wordt toegelicht hoe de frequentie wordt toebedeeld aan verschillende deelhandelingen tijdens de totale afhandeling van een container.

*Tabel 1 Ongevalsscenario's overslag tankcontainers*

<b>Eenheid</b>	<b>Grootte</b>	<b>Kans [/overslag]</b>	<b>Omschrijving</b>
Tankcontainer gas	Klein lek	$1,0 \times 10^{-6}$	Vrijkomen van vloeistof uit een gat met een diameter van 10 mm in een continue en constante stroom.
	Groot lek	$1,0 \times 10^{-7}$	Vrijkomen van vloeistof uit een gat met een diameter van 50 mm in een continue en constante stroom.
Tankcontainer vloeistof	Klein lek	$1,0 \times 10^{-6}$	Vrijkomen van vloeistof uit een gat met een diameter van 20 mm in een continue en constante stroom. Maximaal plasoppervlak 180 m <sup>2</sup> .
	Groot lek	$1,0 \times 10^{-7}$	Vrijkomen van vloeistof uit een gat met een diameter van 50 mm in een continue en constante stroom. Maximaal plasoppervlak 900 m <sup>2</sup> .

Opmerkingen tankcontainer gas:

- De inhoud van een gas tankcontainer is 20 m<sup>3</sup>.
- De duur van de uitstroming is maximaal 1800 s.
- De vloeistofdruk wordt in rekening gebracht door aan te nemen dat de uitstroming geheel aan de onderzijde plaatsvindt. Dit leidt tot een extra druk veroorzaakt door de hoogte van het vloeistofniveau van 2 m.

Opmerkingen tankcontainer vloeistof:

- De inhoud van een vloeistof tankcontainer is 28 m<sup>3</sup>.
- De duur van de uitstroming is maximaal 1800 s.
- De bronsterkte wordt berekend met een hoogte van het vloeistofniveau van 2 m.
- Het plasoppervlak voor uitstroming uit een vloeistof tankcontainer is begrensd tot 180 en 900 m<sup>2</sup> voor continue uitstroming uit een gat met een diameter van 20 en 50 mm. Voor de ondergrond wordt uitgegaan van beton.

### 1.2.2 *Overslag boxcontainers*

Ongevalsscenario's voor de overslag van stukgoed in boxcontainers resulteren in een geringe uitstroming vergeleken met tankcontainers, omdat de verpakkingseenheden in boxcontainers veel kleiner zijn. Voor de meeste stofcategorieën betekent dit dat ze geen relevante bijdrage leveren aan het externe veiligheidsrisico, omdat letale effecten buiten de inrichting niet waarschijnlijk zijn. Als er ook tankcontainers met stoffen uit dezelfde stofcategorie worden overgeslagen, zal de overslag van tankcontainers bepalend zijn voor het externe veiligheidsrisico veroorzaakt door deze stofcategorie.

Een mogelijke uitzondering hierop vormt de overslag van toxisch gas of toxische vloeistof uit de grootste gevaarscategorie (bijvoorbeeld stofcategorie GT3 t/m

GT5, LT3 en LT4)<sup>1</sup>. Het is voorstelbaar dat van deze stofcategorieën alleen overslag plaatsvindt van stukgoed in een boxcontainer. Tabel 2 toont de ongevalscenario's voor de overslag van stukgoed in boxcontainers. Ten opzichte van de scenario's uit de stuwadoorsstudie [1] is zowel voor toxisch gas als toxische vloeistof gekozen voor de grootste verpakkingseenheid. De kans is per behandelde container. In paragraaf 1.2.3 wordt toegelicht hoe de frequentie wordt toebedeeld aan verschillende deelhandelingen tijdens de afhandeling van een container.

*Tabel 2 Ongevalscenario's overslag van stukgoed in boxcontainers*

<b>Eenheid</b>	<b>Kans [/overslag]</b>	<b>Omschrijving</b>
Boxcontainer toxisch gas	$1,0 \times 10^{-6}$	Continu vrijkomen in de boxcontainer van 1000 kg uit een gat met een diameter van 15 mm.
Boxcontainer toxische vloeistof*	$1,0 \times 10^{-6}$	Continu vrijkomen van totaal $1 \text{ m}^3$ vloeistof in 30 s. Maximaal plasoppervlak $200 \text{ m}^2$ .

Opmerking:

- het scenario voor boxcontainers met toxische vloeistoffen is gebaseerd op uitstroom vanuit een IBC met een inhoud  $1 \text{ m}^3$ . Indien voor zeer toxische stoffen kan worden onderbouwd dat de maximale verpakkingsgrootte kleiner is, dan mag deze kleinere uitstroomhoeveelheid gehanteerd worden. Voorbeeld: in geval van een drum, een uitstroom van  $0,22 \text{ m}^3$  vloeistof in 30 s met een maximaal plasoppervlak van  $44 \text{ m}^2$  [1].

De verspreiding van toxisch gas wordt gemodelleerd als een uitstroming die binnen de container plaatsvindt met een ventilatievoud bepaald door de hoeveelheid uitstromend gas.

*Voorbeeld:*

*De bronsterkte bij een lekkende verpakking met 1000 kg chloor (15 mm gat) bedraagt 1,64 kg/s. De uitstroomduur is circa 600 s. Hoewel de initiële vloeistoffractie 87% bedraagt, verdampt alle chloor voordat het de grond bereikt (geen plasvorming). Bij een temperatuur van  $-34 \text{ }^\circ\text{C}$  is de dichtheid van gasvorming chloor  $3,70 \text{ kg/m}^3$ . Per seconde komt daardoor  $0,44 \text{ m}^3$  chloorgas vrij ( $1,64/3,70$ ). Dit resulteert in een (theoretisch) ventilatievoud van 42 bij een container van  $2,5 \times 2,5 \times 6$  ( $37,5 \text{ m}^3$ ):  $0,44 \text{ m}^3/\text{s} \times 3600 \text{ s/uur} / 37,5 \text{ m}^3 = 42$  per uur.*

De verspreiding van toxische vloeistof wordt gemodelleerd als een uitstroming die buiten de container plaatsvindt. Voor de ondergrond wordt uitgegaan van beton.

### 1.2.3 Toedeling aan deelhandelingen en posities op het terrein

De faalfrequenties voor overslag van een container gelden voor de totale afhandeling. Tijdens een overslag worden er op verschillende posities op het terrein handelingen met een container verricht (bijvoorbeeld in en uit een schip, in en uit de stack, van en naar een transportmiddel voor de weg of het spoor).

<sup>1</sup> Voor de indeling van de stoffen naar stofcategorie wordt gebruik gemaakt van stoffeigenschappen volgens de S3b-indeling; zie paragraaf 1.4.

Informatie om de faalfrequentie per overgeslagen container toe te delen aan het type handeling is niet beschikbaar.

De handelingen waar de container kan falen zijn bij het oppakken en neerzetten van een container. Deze verticale handelingen vinden plaats op de kade, bij het uitwisselpunt met een transportmiddel voor de weg of het spoor en bij het in en uit de stack plaatsen. De kans op falen tijdens intern horizontaal transport tussen deze punten wordt verwaarloosd, omdat wordt aangenomen dat wanneer de container goed is opgepakt deze niet zal vallen tijdens het horizontale transport.

Tabel 3 toont het aantal verticale handelingen met een (tank)container onderscheiden naar werkwijze en positie binnen de inrichting. In Figuur 1 zijn deze verticale handelingen geïllustreerd.

Om de faalfrequentie tijdens overslag per behandelde container te kunnen differentiëren naar werkwijze en positie binnen de inrichting is het volgende aangenomen:

- De faalfrequentie is gebaseerd op zes verticale handelingen.
- Elke verticale handeling heeft dezelfde faalfrequentie.

*Tabel 3 Aantal verticale handelingen onderscheiden naar werkwijze*

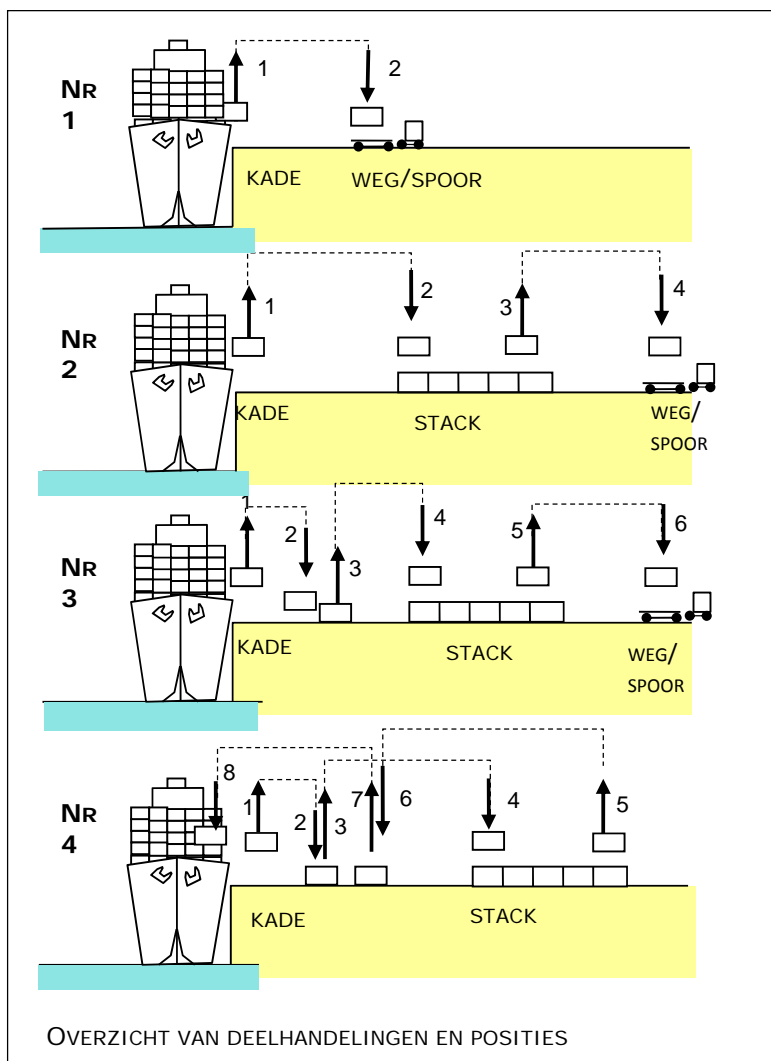
Nr	Omschrijving	Aantal verticale handelingen			
		Totaal	Kade	Stack	Weg/ spoor
1	Een container wordt vanuit een schip rechtstreeks op een weg of spoor transportmiddel geplaatst.	2	1	0	1
2	Een container wordt vanuit een schip rechtstreeks in de stack geplaatst. Later wordt de container vanuit de stack op een weg of spoor transportmiddel geplaatst.	4	1	2	1
3	Een container wordt vanuit een schip eerst neergezet op de kade en pas daarna in de stack geplaatst. Later wordt de container vanuit de stack op een weg of spoor transportmiddel geplaatst.	6	3	2	1
4	Een container wordt vanuit een schip eerst neergezet op de kade en pas daarna in de stack geplaatst. Later wordt de container vanuit de stack weer eerst op de kade neergezet en pas daarna op een schip geplaatst.	8	6	2	0

Gebaseerd op het bovenstaande kan de complexiteit van verschillende inrichtingen worden gemodelleerd. Bijvoorbeeld:

- Bij een inrichting worden containers alleen rechtstreeks vanuit een schip op een vrachtwagen geladen. Het aantal verticale handelingen is twee. Er wordt dan 33,3% van de faalfrequentie voor overslag gebruikt. De positie van de ongevalsscenario's is voor 50% op de kade en voor 50% bij het uitwisselpunt vrachtwagen.
- Bij een inrichting worden containers rechtstreeks vanuit een schip in de stack geplaatst. De containers worden daarna met een vrachtwagen afgevoerd. Het aantal verticale handelingen is vier. Er wordt dan 66,7% van

de faalfrequentie voor overslag gebruikt. De positie van de ongevalsscenario's is voor 25% op de kade, voor 50% bij de stack en voor 25% bij het uitwisselpunt vrachtwagen.

De ongevalposities dienen in Safeti-NL zodanig te worden gemodelleerd dat een goede weergave van de complexiteit van de inrichting wordt bereikt. De kade en de stack zullen meestal met meer dan één ongevalpositie dienen te worden gemodelleerd. Het is ook mogelijk te kiezen voor één of meerdere lijnbronnen. In de voorbeeldberekening wordt dit uitgewerkt.



Figuur 1 Schematische weergave stack met gevaarlijke stoffen

#### 1.2.4 Verblif op terrein intrinsiek falen

Tabel 4 toont de ongevalsscenario's voor het intrinsiek falen van een tankcontainer tijdens verblijf in de stack. De frequentie in deze tabel is voor een verblijfsduur van een jaar.

Tabel 4 Ongevalsscenario's intrinsiek falen tankcontainers

Eenheid	Frequentie	Omschrijving
---------	------------	--------------



<b>[/jr]</b>		
Tankcontainer gas	$5,0 \times 10^{-7}$	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud.
Tankcontainer vloeistof	$5,0 \times 10^{-7}$	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud. Maximaal oppervlak 1400 m <sup>2</sup> .

## Opmerkingen:

- De inhoud is 20 m<sup>3</sup> voor een gas tankcontainer en 28 m<sup>3</sup> voor een vloeistof tankcontainer.
- De frequentie voor de inrichting wordt afgeleid per stofcategorie uit het product van het aantal behandelde tankcontainers, de gemiddelde verblijftijd en de frequentie opgenomen in Tabel 4.
- De positie van de ongevalsscenario's wordt gemodelleerd conform de positie waar de IMDG-containers op het terrein worden opgeslagen. De frequentie voor de inrichting wordt over deze posities verdeeld. De ongevalposities dienen in Safeti-NL zodanig te worden gemodelleerd dat een goede weergave van de complexiteit van de inrichting wordt bereikt. In de voorbeeldberekening wordt dit uitgewerkt.
- Het plasoppervlak voor uitstroming uit een vloeistof tankcontainer is begrensd tot 1400 m<sup>2</sup>. Voor de ondergrond wordt uitgegaan van beton.

Het intrinsiek falen van een verpakking van los stukgoed of stukgoed in een boxcontainer wordt niet gemodelleerd. Deze werkwijze is conform de methodiek voor PGS 15 [3] inrichtingen (voor falen tijdens overslag zie paragraaf 1.2.6).

### 1.2.5 *Verblijf op terrein BLEVE door externe brand*

Een bijzondere vorm van falen van een gas tankcontainer is een BLEVE tijdens het verblijf in de stack veroorzaakt door een externe brand. De externe brand in de stack kan ontstaan na lekkage van een tankcontainer met brandbare vloeistof, veroorzaakt door een handeling, of door intrinsiek falen tijdens verblijf.

De frequentie van de BLEVE door een externe brand wordt met een eenvoudige benadering geschat. In deze benadering wordt alleen het scenario brand in de stack na een grote uitstroming tijdens het in en uit de stack plaatsen van een LF2 container beschouwd. De frequentie van de BLEVE is:

$$F_{BLEVE} = F_{brand} * P * N_g * (tg/365)$$

Hierin is:

$F_{BLEVE}$	Frequentie van de BLEVE
$F_{brand}$	Frequentie van brand [/jr]
P	Trefkans [-]
$N_g$	Aantal gas tankcontainers jaarlijks in de stack geplaatst [/jr]
tg	Verblijftijd in de stack van een gas tankcontainer [dag]

De frequentie van brand na uitstroming uit een LF2 container is:

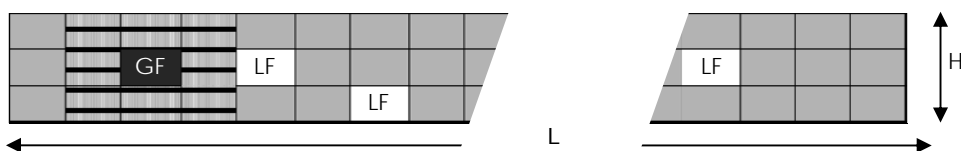
$$F_{brand} = f(\text{overslag}) * N_v * \text{Pontsteking} * R$$

Hierin is:

$F_{brand}$	Frequentie van de brand [/jr]
$f(\text{overslag})$	Kans op grote uitstroming in de stack [/container]
$N_v$	Aantal LF2 tankcontainers jaarlijks in de stack geplaatst [/jr]
Pontsteking	Kans op ontsteking [-]. De gekozen waarde is 0,13.

R Kans op falen van repressief optreden door de brandweer [-]. De gekozen waarde is 0,1.

De trefkans P kan worden bepaald door voor het plasoppervlak van de brand van 900 m<sup>2</sup> (zie Tabel 1, diameter 34 m) vast te stellen op hoeveel plaatsen in de stack deze brand kan leiden tot vlamcontact met de gas tankcontainer. Vlamcontact wordt als criterium gehanteerd of een BLEVE van de gas tankcontainer mogelijk is. Dit aantal plaatsen is afhankelijk van de grootte van de brand en de opbouw van de stack (gangpaden, stackhoogte). Containers met gevaarlijke stoffen worden altijd aan de buitenzijde van de stack geplaatst. Vereenvoudigd kan deze stack voor gevaarlijke stoffen worden gezien als een lange rij van gestapelde containers. De stack voor gevaarlijke stoffen kan nu gekenmerkt worden door een lengte en het aantal boven elkaar gestapelde containers. Figuur 2 toont een schematische weergave.



Figuur 2 Schematische weergave stack met gevaarlijke stoffen

Het totaal aantal plaatsen in de stack voor gevaarlijke stoffen is:

$$P_s = L * H / l$$

Hierin is:

$P_s$	Aantal plaatsen in de stack voor gevaarlijke stoffen [-]
$L$	Lengte van de stack voor gevaarlijke stoffen [m]
$H$	Aantal boven elkaar gestapelde containers [-]
$l$	Lengte van een container [m]. Voor een container van 20 TEU <sup>2</sup> is de lengte 6 m.

Voor elk scenario wordt het aantal plaatsen in de stack afgeleid die bij uitstroming en ontsteking leiden tot direct vlamcontact. Dit aantal kan vereenvoudigd worden afgeleid met:

$$p_v = H - 1 + \text{trunc} ( d * H / l )$$

Hierin is:

$p_v$	Aantal plaatsen in de stack die leiden tot direct vlamcontact [-]
$H$	Aantal boven elkaar gestapelde containers [-]
$d$	Diameter van de brand [m]
$\text{trunc}$	Afronding naar beneden tot een geheel getal
$l$	Lengte van een container [m]

De trefkans P voor elk scenario is dan gelijk aan  $p_v / P_s$ .

### 1.2.6

#### Overig

#### Horizontaal transport

<sup>2</sup> TEU = Twenty feet Equivalent Unit

Horizontaal transport tijdens de aan- en afvoer met transportmiddelen wordt in de risicoanalyse niet beschouwd. De modellering zoals opgenomen in de stuwadoorsstudie 1994 leidt tot een te verwaarlozen bijdrage van ongevallen tijdens dit transport aan het risiconiveau. Alleen als er een emplacementgedeelte voor spoorwagens aanwezig is, waar rangeren met treindelen plaatsvindt, dient de methodiek voor goederenemplacementen te worden toegepast (onderdeel van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi<sup>3</sup>).

#### Overslag los stukgoed

De overslag van los stukgoed komt nagenoeg niet meer voor, omdat deze wijze van overslag niet meer gebruikelijk is. Daarnaast is de hoeveelheid die vrij kan komen beperkt tot een verpakkingseenheid, zodat de bijdrage aan het risico beperkt is. Om deze redenen kan de overslag van los stukgoed worden verwaarloosd. Een uitzondering dient te worden gemaakt als stoffen vallend in de meest gevaarlijke toxische stofcategorieën op deze wijze worden overgeslagen. Modellering dient in overleg met het bevoegd gezag ex Wm plaats te vinden. Er kan desgewenst gebruik gemaakt worden van de scenario's uit Tabel 14 (zie par. 1.6.6).

#### Ro-ro terminal

Bij een ro-ro terminal zonder verticale handelingen waarbij de (tank)containers niet van het transportmiddel worden gehaald wordt alleen het intrinsiek falen tijdens het verblijf op de inrichting gemodelleerd.

Wanneer er wel verticale handelingen plaatsvinden, moeten de ongevalsscenario's voor overslag meegenomen worden. Dit is bijvoorbeeld het geval als de containers worden overgezet op een intern vervoermiddel.

#### Railterminal

Bij een railterminal wordt de overslag en verblijf van (tank)containers gemodelleerd zoals beschreven in paragraaf 1.2.1 t/m 1.2.5. De ongevalsfrequentie tijdens overslag wordt gebaseerd op het aantal verticale handelingen afgeleid uit de bedrijfsvoering. Voor de specifieke ongevalsscenario's verbonden aan het emplacementsgedeelte dient het rekenprotocol goederenemplacementen te worden toegepast (Hoofdstuk 6 van Module C uit [3]).

### **1.3 Parameters**

#### *1.3.1 Kans op ontsteking overslag*

Voor de kans op directe ontsteking en de vervolgebepurtenissen wordt dezelfde modellering gehanteerd als beschreven voor continue uitstroming uit een tankauto in de Handleiding risicoberekeningen Bevi (par. 3.4.6.6 van [3]).

#### *1.3.2 Kans op ontsteking intrinsiek falen*

Voor de kans op directe ontsteking en de vervolgebepurtenissen wordt dezelfde modellering gehanteerd als beschreven voor een tankauto in de Handleiding risicoberekeningen Bevi (par. 3.4.6.6 van [3]).

Voor het als gevolg van intrinsiek falen instantaan vrijkomen van de inhoud uit een tankcontainer met tot vloeistof verdicht brandbaar gas met directe ontsteking (gemodelleerd als een BLEVE), wordt een faaldruk gehanteerd van 23.5 barg. Dit is de druk die maximaal voor het falen van een tankauto wordt gebruikt.

### 1.3.3 *Begrenzing vloeistofplas*

De effect- en schademodelering van de uitstroming van vloeistoffen wordt sterk beïnvloed door de veronderstelling welke omvang van de plas maximaal bereikt kan worden. Het bedrijfsterrein van een stuwadoor is veelal zodanig ingericht dat er een begrenzing van de vloeistofplas optreedt. Voor elk scenario is daarom een maximaal te bereiken oppervlak vastgesteld, hetgeen in de tabellen en tekst van de voorgaande paragrafen is opgenomen. In Safeti-NL wordt dit oppervlak gemodelleerd als het oppervlak van een denkbeeldige tankput.

### 1.3.4 *Overig*

Ongevallen langs de kade worden gemodelleerd met als ondergrond land (beton). Er vindt geen uitstroming op water plaats.

## 1.4 **Doorzet**

### 1.4.1 *Algemeen*

Een stuwadoor behandelt een breed scala aan gevaarlijke stoffen. De risicoanalyse wordt uitgevoerd voor een in overleg met het bevoegd gezag ex Wm vastgestelde representatieve doorzet van gevaarlijke stoffen. Niet elke stof hoeft in de risicoanalyse apart te worden gemodelleerd. Stoffen worden zo veel mogelijk samengevoegd in stofcategorieën. Voor de indeling van de stoffen naar stofcategorie wordt gebruik gemaakt van stoffeigenschappen volgens de zogenaamde S3b-indeling<sup>4</sup>.

Een representatieve doorzet kan worden afgeleid uit een jaaroverzicht van de doorzet van IMDG-containers. Er dient onderscheiden te worden naar stukgoed (drums, ibc's) in boxcontainers en tankcontainers. Informatie benodigd betreft het jaarlijks aantal doorgezette containers per type stof. Het type stof wordt gekarakteriseerd door het UN-nummer en de GEVI-code en een stofnaam. Met deze gegevens wordt een overzicht gemaakt naar stofcategorie conform de S3b-indeling. Er is een lijst beschikbaar waarin aan het UN-nummer en de GEVI-code de stofcategorie is toegekend. Voor een beschrijving van de werkwijze wordt verwezen naar het betreffende rapport met de S3b-indeling [4]. Deze indeling wordt binnenkort geactualiseerd naar de meest recente (inter)nationale beleidsregels en stoffenclassificaties.

Het berekende externe veiligheidsrisico kan sterk afhankelijk zijn van veronderstellingen over het aantal doorgezette tankcontainers met zeer toxische gassen of vloeistoffen. Het is mogelijk dat er geen overslag van deze stoffen voorkomt in de gegevens gehanteerd voor de doorzet. In overleg met het bevoegd gezag ex Wm wordt vastgesteld of hier desondanks rekening mee moet worden gehouden.

Als voor een (nieuw op te richten) inrichting geen historische informatie beschikbaar is over de te verwachten doorzet van IMDG-containers, dan wordt de risicoanalyse uitgevoerd met een veronderstelling voor deze doorzet. Deze veronderstelling wordt in overleg met het bevoegd gezag ex Wm vastgesteld.

### 1.4.2 *Voorbeeldstoffen*

Momenteel worden in verschillende documenten en programma's van elkaar afwijkende voorbeeldstoffen gebruikt. De keuze van de te hanteren voorbeeldstoffen wordt bij de actualisatie van de S3b-indeling mogelijk herzien.

Tabel 5 toont de voorbeeldstoffen voor de te modelleren stofcategorieën. De volgende uitgangspunten zijn gekozen:

- Voor LF1 en LF2 is aangesloten bij de modevaluatie Buncefield. Voor LF1 wordt als voorbeeldstof n-nonaan en voor LF2 wordt n-hexaan gehanteerd.
- Voor LT2 is vooralsnog als voorbeeldstof allylamine gekozen met de probitrelatie zoals voorgesteld door de toetsgroep probitrelaties. In andere rekenvoorschriften wordt propylamine gebruikt, maar omdat voor deze stof door de toetsgroep nog geen probitrelatie is voorgesteld is deze stof niet te gebruiken. Het berekende risico veroorzaakt door LT2 is met de voorbeeldstof allylamine in ieder geval groter dan het risico veroorzaakt door LT1 met de voorbeeldstof acrylnitril.
- Voor LT3 kan ook broom of waterstoffluoride worden gebruikt. Voor GT4 kan ook waterstofchloride worden gebruikt. De keuze is afhankelijk van de gerealiseerde doorzet. Het is ook mogelijk om een stofcategorie met een aantal verschillende voorbeeldstoffen door te rekenen.

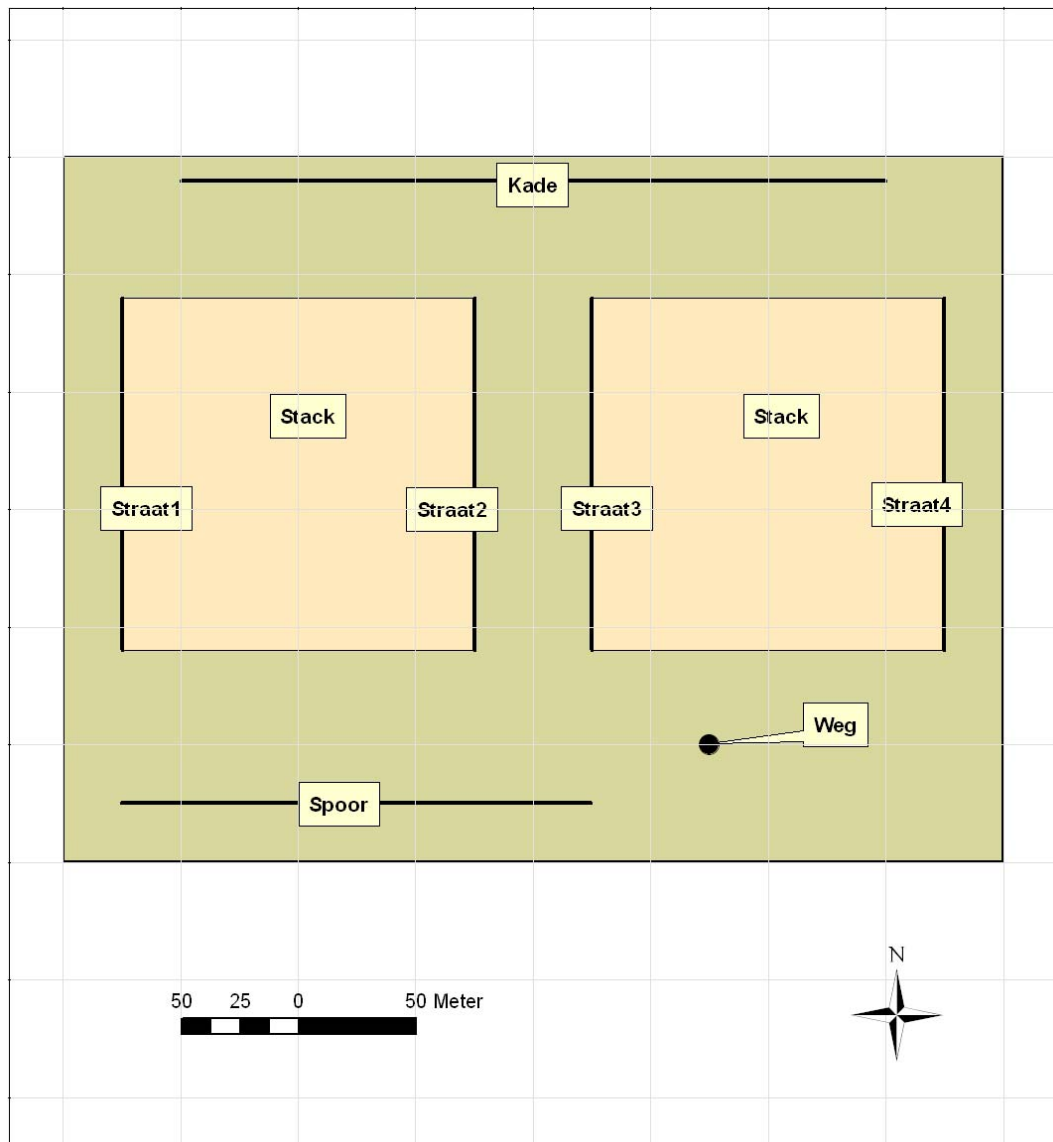
*Tabel 5 Voorbeeldstoffen*

Hoofdcategorie	Categorie	Stofnaam
Brandbare gassen	GF1	Ethyleenoxide (brandbaar)
	GF2	Butaan
	GF3	Propaan
Toxische gassen	GT2	Methylmercaptaan
	GT3	Ammoniak (toxisch)
	GT4	Zwavel dioxide
	GT5	Chloor
Brandbare vloeistoffen	LF1	Nonaan
	LF2	Hexaan
Toxische vloeistoffen	LT1	Acrylnitril (toxisch)
	LT2	Allylamine (toxisch)
	LT3	Acroleïne (toxisch)
	LT4	Methylisocyanaat (toxisch)

## 1.5

### Voorbeeldberekening

Figuur 3 toont de plattegrond van de inrichting die voor de voorbeeldberekening wordt gebruikt. De grootte van het inrichtingsterrein is 400 x 300 m. Aan de noordzijde bevindt zich de kade. Er zijn twee gebieden gemarkeerd als stack waar containers worden neergelegd in afwachting van verder transport. (Tank)containers met gevaarlijke stoffen worden alleen neergelegd aan de westelijke en oostelijke buitenzijde van de stack. Deze posities zijn gemarkeerd als Straat1 t/m Straat4. Verder is het uitwisselpunt voor vracht- en spoorwagens gemarkeerd.



Figuur 3 Plattegrond inrichting

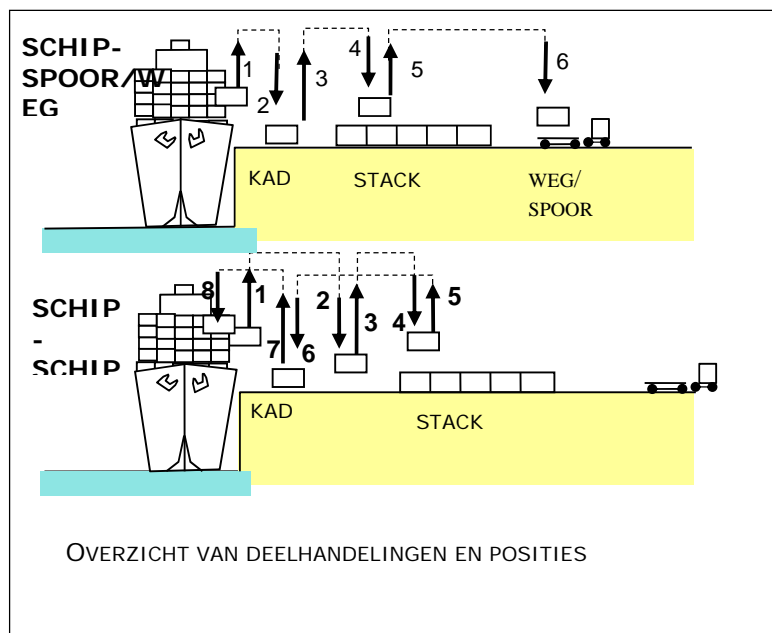
Deze stuwadoor heeft een doorzet van 500000 containers per jaar. Circa 2% van de doorzet bestaat uit volle tankcontainers met gevaarlijke stoffen. Hiervan is 47,25% gevuld met een gevaarlijke stof die relevant is voor de berekening van het extern veiligheidsrisico. Het totaal aantal behandelde relevante tankcontainers is 4725 /jr. De gemiddelde verblijftijd van een tankcontainer met gevaarlijke stoffen in de stack is 72 uur.

Tabel 6 toont het percentuele aandeel van stofcategorieën relevant voor het extern veiligheidsrisico van het aantal volle tankcontainers, het hieruit afgeleide jaarlijks aantal overslagen (in- en uitslag) en het gemiddeld aantal tankcontainers aanwezig in de stack uitgaande van de gemiddelde verblijftijd.

Tabel 6 Aantal tankcontainers relevant voor het extern veiligheidsrisico

Category	Voorbeeldstof	Percentage [%]	Aantal overslagen [./jr]	Aantal aanwezig [-]
GF3	Propaan	4,233	200	1,644
GT3	Ammoniak	2,116	100	0,822
GT4	Zwavel dioxide	0,106	5	0,041
LF2	Hexaan	77,249	3650	30,000
LT1	Acrylnitril	6,349	300	2,466
LT2	Allylamine	9,312	440	3,616
LT3	Acroleine	0,635	30	0,247
Totaal		100,000	4725	38,836

De overslag van de volle tankcontainers vindt op de volgende wijze plaats: van een schip naar het spoor (of vice versa) voor 20%, van een schip naar de weg (of vice versa) voor 40% en van een schip naar een schip voor 40%. Alle containers worden bij binnenkomst eerst in de stack geplaatst. Bij de aan- en afvoer per schip wordt de container eerst vanuit de stack op de kade geplaatst. Figuur 4 toont het aantal verticale deelhandelingen voor de verschillende routes van een (tank)container tijdens de totale afhandeling.



Figuur 4 Deelhandelingen voorbeeldberekening

Tabel 7 toont de frequentie van de ongevalsscenario's voor de overslag van tankcontainers en de percentuele verdeling naar posities op het terrein. De faalfrequentie voor de route schip-weg en schip-spoor met zes verticale handelingen is gelijk aan  $1,0 \times 10^{-6}$  /overslag (kleine uitstroming) en  $1,0 \times 10^{-7}$  /overslag (grote uitstroming). De faalfrequentie voor de route schip-schip met acht verticale handelingen is 33,3% groter dan de faalfrequentie voor de route schip-weg of schip-spoor (zie paragraaf 1.2.3). Via de route schip-schip wordt 40% van de containers afgehandeld. Dit zijn  $0,4 \times 4725 = 1890$  containers per jaar. De frequentie op een klein ongevalsscenario is  $1,333 \times 1890 \times 1,0 \times 10^{-6} = 2,52 \times 10^{-3}$  /jr.

Tabel 7 Frequentie ongevalsscenario's tankcontainers overslag

Route	Aantal [/jr]	Scenario	Frequentie [/jr]	Percentuele verdeling			
				Kade	Stack	Weg	Spoor
Schip- schip	1890	Klein	$2,52 \times 10^{-3}$	75	25	0	0
		Groot	$2,52 \times 10^{-4}$	75	25	0	0
Schip- weg	1890	Klein	$1,89 \times 10^{-3}$	50	33,3	16,7	0
		Groot	$1,89 \times 10^{-4}$	50	33,3	16,7	0
Schip- spoor	945	Klein	$9,45 \times 10^{-4}$	50	33,3	0	16,7
		Groot	$9,45 \times 10^{-5}$	50	33,3	0	16,7
Totaal	4725	Klein	$5,36 \times 10^{-3}$	61,7	29,4	5,9	3,0
		Groot	$5,36 \times 10^{-4}$	61,7	29,4	5,9	3,0

Uitgaande van bovenstaande tabel en de percentuele verdeling van het aantal volle tankcontainers per stofcategorie kan een tabel worden opgesteld met de frequentie op de ongevalsscenario's per stofcategorie en per positie. Tabel 8 toont de frequenties voor een kleine uitstroming. Voor een grote uitstroming zijn de frequenties een factor tien kleiner. De berekening voor bijvoorbeeld stofcategorie GF3 op de kade verloopt als volgt. De frequentie op de kade is  $0,617 * 5,36 \times 10^{-3} = 3,31 \times 10^{-3}$  /jr. Het aandeel van GF3 in het aantal tankcontainers is 4,233%. De frequentie op de kade van GF3 is dan  $0,04233 * 3,31 \times 10^{-3} = 1,40 \times 10^{-4}$  /jr.

Tabel 8 Frequentie ongevalsscenario's kleine uitstroming tankcontainers overslag

Categorie	Kade	Stack	Weg	Spoor
GF3	$1.40 \times 10^{-4}$	$6.66 \times 10^{-5}$	$1.34 \times 10^{-5}$	$6.68 \times 10^{-6}$
GT3	$7.00 \times 10^{-5}$	$3.33 \times 10^{-5}$	$6.68 \times 10^{-6}$	$3.34 \times 10^{-6}$
GT4	$3.50 \times 10^{-6}$	$1.67 \times 10^{-6}$	$3.34 \times 10^{-7}$	$1.67 \times 10^{-7}$
LF2	$2.55 \times 10^{-3}$	$1.22 \times 10^{-3}$	$2.44 \times 10^{-4}$	$1.22 \times 10^{-4}$
LT1	$2.10 \times 10^{-4}$	$9.99 \times 10^{-5}$	$2.00 \times 10^{-5}$	$1.00 \times 10^{-5}$
LT2	$3.08 \times 10^{-4}$	$1.47 \times 10^{-4}$	$2.94 \times 10^{-5}$	$1.47 \times 10^{-5}$
LT3	$2.10 \times 10^{-5}$	$9.99 \times 10^{-6}$	$2.00 \times 10^{-6}$	$1.00 \times 10^{-6}$

Tabel 9 toont de ongevalsscenario's voor het verblijf in de stack. De berekening voor bijvoorbeeld het instantaan vrijkomen van een container met GF3 verloopt als volgt. Er is gemiddeld 1,644 container met GF3 in de stack aanwezig. De frequentie is dan  $1,644 \times 5,0 \times 10^{-7} = 8,22 \times 10^{-7}$  /jr.

Tabel 9 Frequentie ongevalsscenario's tankcontainers verblijf stack

Categorie	Aantal aanwezig [-]	Instantaan [/jr]
GF3	1,644	$8,22 \times 10^{-7}$
GT3	0,822	$4,11 \times 10^{-7}$
GT4	0,041	$2,05 \times 10^{-8}$
LF2	30,000	$1,50 \times 10^{-5}$
LT1	2,466	$1,23 \times 10^{-6}$
LT2	3,616	$1,81 \times 10^{-6}$
LT3	0,247	$1,23 \times 10^{-7}$

Rest nog het scenario BLEVE van een GF3 tankcontainer tijdens het verblijf in de stack veroorzaakt door een externe brand. In de stack zijn vier straten gedefinieerd waarin de (tank)containers met gevaarlijke stoffen kunnen worden geplaatst. Elke straat is 150 m lang en de containers worden maximaal drie hoog gestapeld. De lengte van een container is circa 6 m, zodat er in elke straat plek is voor 75 containers. In elke straat bevindt zich gemiddeld 7,5 container



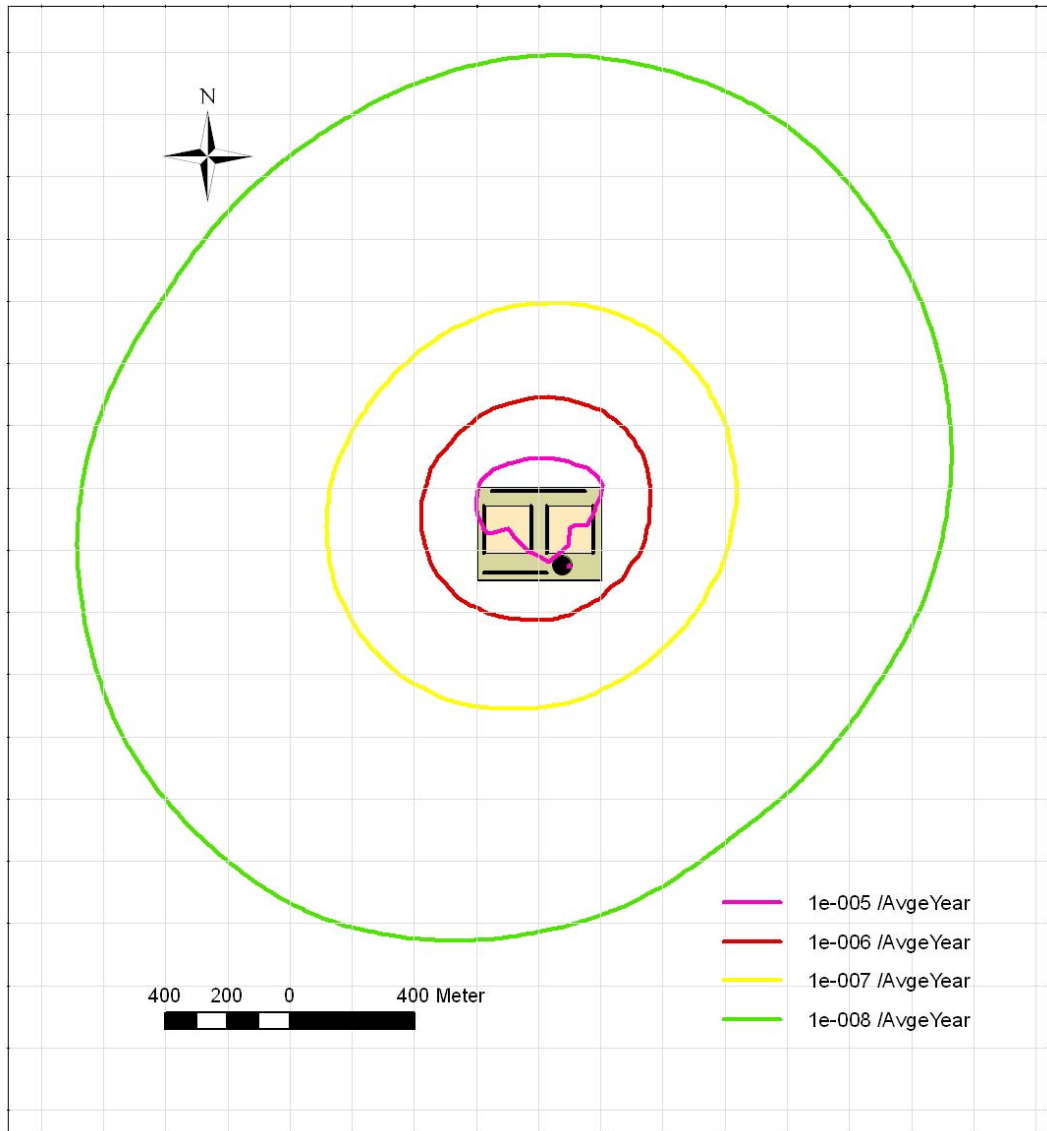
met LF2 en 0,411 container met GF3. De frequentie op een grote uitstroming van LF2 in de stack is  $0,1 * 1,22 * 10^{-3} = 1,22 * 10^{-4}$  /jr (zie tabel 8) en per straat  $1,22 * 10^{-4} * 0,25 = 3,05 * 10^{-5}$  /jr.

De frequentie op brand per straat is dan  $3,05 * 10^{-5} * 0,13 * 0,1 = 3,97 * 10^{-7}$  /jr. Deze brand heeft een diameter van 34 m. Binnen deze afstand bevinden zich maximaal  $3 - 1 + \text{trunc} ( 34 * 3 / 6 ) = 19$  containers. Het aantal containers met GF3 binnen deze afstand is  $0,411 * 19 / 75 = 0,104$ . De frequentie op een BLEVE van een GF3 tankcontainers voor elke straat is daarmee  $0,104 * 3,97 * 10^{-7} = 4,12 * 10^{-8}$  /jr.

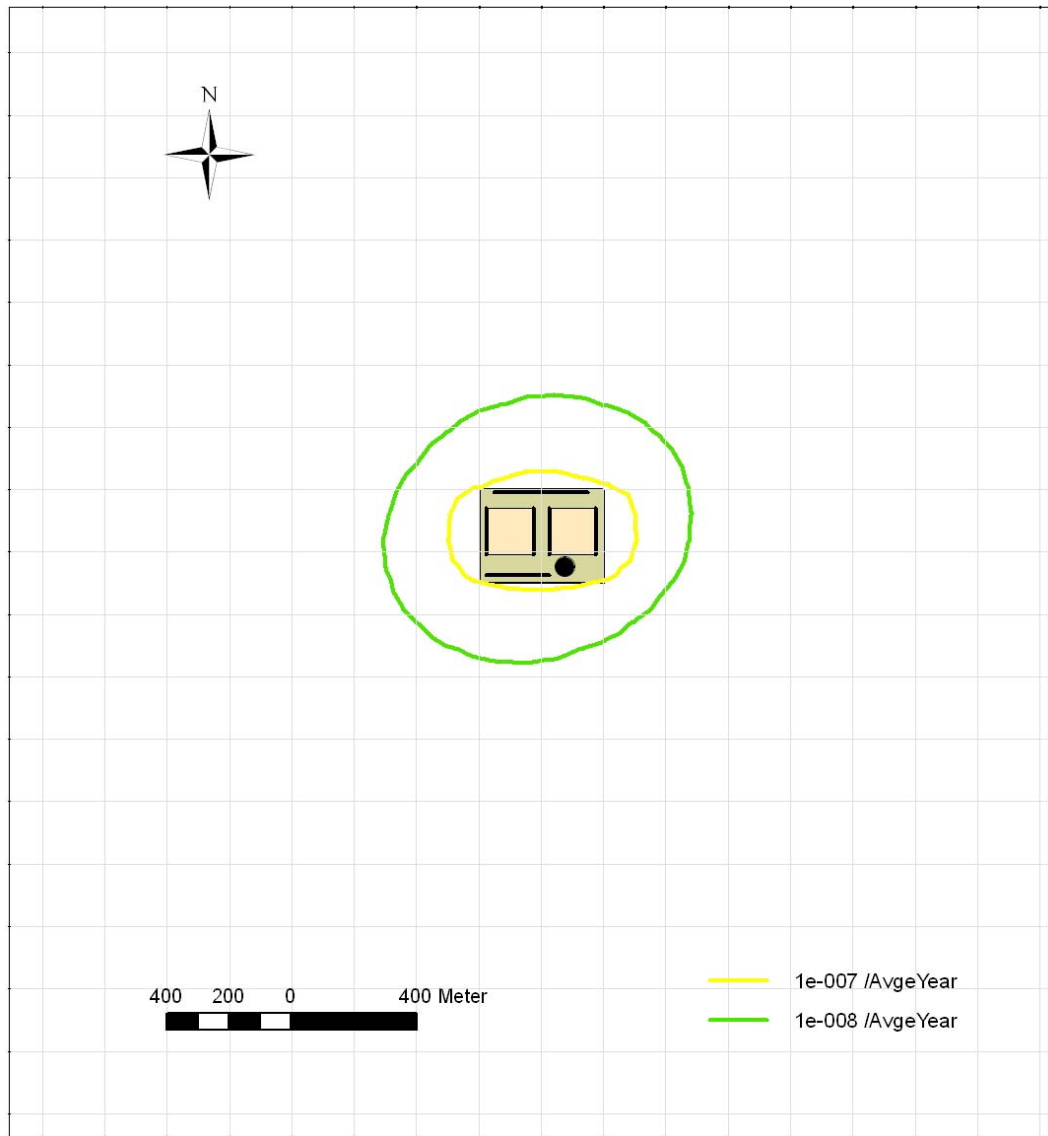
De positie van de ongevalsscenario's is in Safeti-NL als volgt gemodelleerd (zie ook Figuur 1):

- De kade is een lijnbron met een lengte van 300 m.
- De stack bestaat uit vier lijnbronnen met elk een lengte van 150 m.
- Het uitwisselpunt weg is een puntbron.
- Het uitwisselpunt spoor is een lijnbron met een lengte van 200 m.

Het plaatsgebonden risico is berekend met Safeti-NL versie 6.54. Figuur 5 toont het plaatsgebonden risico voor alleen de scenario's gedefinieerd voor de overslag en Figuur 6 voor alleen de scenario's gedefinieerd voor het verblijf in de stack. In dit voorbeeld is het plaatsgebonden risico van  $1,0 * 10^{-6}$  /jr tijdens overslag aanzienlijk groter dan tijdens verblijf in de stack.



Figuur 5 Plaatsgebonden risico overslag



*Figuur 6 Plaatsgebonden risico verblijf*

## 1.6 Verantwoording rekenmethode stuwadoorsbedrijven

De methodiek is in opdracht van het toenmalig Ministerie VROM (P. Pasveer) uitgevoerd door AVIV (G. Golbach) onder begeleiding van DCMR (L. Vijgen) en RIVM (D. Riedstra en L. Gooijer).

### 1.6.1 Overslag tankcontainers

Voor de ongevalsscenario's bij de overslag van tankcontainers is de rekenmethode uit 1994 [1] als uitgangspunt gebruikt. Tabel 10 toont de ongevalsscenario's voor de overslag van tankcontainers zoals gehanteerd in de stuwadoorsstudie 1994. De frequentie is per behandelde container. Er wordt een onderscheid gemaakt naar type tankcontainer (gas of vloeistof) en naar grootte van de uistroming (klein of groot).

*Tabel 10 Ongevalsscenario's overslag tankcontainers stuwadoorsstudie 1994*

Eenheid	Grootte	Frequentie [/overslag]	Omschrijving
Tankcontainer gas	Klein	$1,0 \times 10^{-6}$	Vrijkomen van vloeistof uit een gat met een diameter van 10 mm in een continue en constante stroom.
	Groot	$1,0 \times 10^{-7}$	Vrijkomen van vloeistof uit een gat met een diameter van 50 mm in een continue en constante stroom.
Tankcontainer vloeistof	Klein	$1,0 \times 10^{-6}$	Vrijkomen van $0.001 \text{ m}^3/\text{s}$ gedurende 1800 s. Maximaal oppervlak $180 \text{ m}^2$ .
	Groot	$1,0 \times 10^{-7}$	Vrijkomen van $0.005 \text{ m}^3/\text{s}$ gedurende 1800 s. Maximaal oppervlak $900 \text{ m}^2$ .

#### Scenario's

In de stuwadoorsstudie 1994 ontbreekt een uitgebreide beschouwing van de herkomst van deze ongevalscenario's. De scenario's sluiten aan bij de toen bestaande studies en modelleringsvoorschriften. Bij deze actualisatie is de herkomst van de scenario's niet nader onderzocht.

Voor zowel tankcontainers gas als tankcontainers vloeistof wordt een grote en kleine lekkage beschouwd. Bij de tankcontainers vloeistof is het uitgangspunt hierbij een uitstroming van 1 l/s voor een kleine lekkage en 5 l/s voor een grote lekkage. Hierbij wordt in [1] aangegeven dat dit ongeveer overeenkomt met gatgroottes met een diameter van 20 mm respectievelijk 50 mm. In het onderzoek naar incidenten en de afleiding van de faalfrequenties zijn de uitstroomdebieten van 1 l/s en 5 l/s als uitgangspunt overgenomen (zie onder 'Faalfrequentie').

#### Uitgangspunten

Voor de inhoud van de tankcontainers is aangesloten bij de methodiek uit 1994 [1]. Dit betekent een tankcontainer vloeistof van  $28 \text{ m}^3$  en een tankcontainer gas van  $20 \text{ m}^3$ . De keuze van 2 m voor het vloeistofniveau is gemaakt door de projectgroep.

De plasoppervlakten bij een vloeistof tankcontainer zijn beperkt tot  $180 \text{ m}^2$  voor een kleine lekkage en tot  $900 \text{ m}^2$  voor een grote lekkage. Deze oppervlakten zijn gebaseerd op een uitstroming van 1 l/s respectievelijk 5 l/s gedurende 1800

seconden, waarbij uitgegaan wordt van een laagdikte van 10 mm. Deze laagdikte is overgenomen uit [1].

### Faalfrequenties

Voor een onderbouwing van de te hanteren ongevalsscenario's is een onderzoek gedaan naar incidenten met (tank)containers die zijn opgetreden in de periode 1997 t/m 2006 in het Rijnmondgebied<sup>5</sup>. Daarbij is het volgende gebleken:

- Uitgaande van een aantal behandelde IMDG tankcontainers van circa 0,9 miljoen in de beschouwde tijdsperiode van tien jaar en één geregistreerd incident met een relevante lekkagegrootte ( $> 1$  l/s) volgt een ongevalsfrequentie van gemiddeld  $1,1 \times 10^{-6}$  per behandelde container. Deze bevinding geldt alleen voor tankcontainers voor vloeistoffen voor een kleine uitstroming en niet voor een grote uitstroming of tankcontainers voor gassen. Een onder- en bovengrens van de frequentie voor een 95% betrouwbaarheidsinterval kan worden afgeleid met de F-verdeling. Uitgaande van circa 0,9 miljoen behandelde IMDG tankcontainers en één relevant incident volgt een bovengrens voor de ongevalsfrequentie van  $6,3 \times 10^{-6}$  en een ondergrens van  $2,9 \times 10^{-8}$  per behandelde container.
- Voor boxcontainers is geen incident geregistreerd met een relevante grootte van de lekkage. Uitgaande van circa 0,9 miljoen behandelde IMDG boxcontainers en geen relevant incident volgt een bovengrens (op basis van een 95% betrouwbaarheidsinterval) voor de ongevalsfrequentie van  $4,2 \times 10^{-6}$  per behandelde container.

In de stuwadoorsstudie 1994 is een ongevalsfrequentie aangenomen per behandelde tankcontainer van  $1,0 \times 10^{-6}$  voor een kleine lekkage (en  $1,0 \times 10^{-7}$  voor een grote lekkage). Een kleine lekkage is voor een tankcontainer met vloeistof gedefinieerd als uitstroming van 1 l/s gedurende 1800 s (totaal 1800 l). Voor een boxcontainer met vaten is een ongevalsfrequentie aangenomen per behandelde container van  $1,0 \times 10^{-6}$ . De faalfrequenties uit de stuwadoorsstudie zijn gebaseerd op twee uitgangspunten. Er is ten eerste zoveel mogelijk aangesloten bij de in de literatuur gehanteerde modelleringen, en ten tweede is overeenstemming gezocht met bedrijfservaringsgegevens. Bij dit laatste worden frequenties genoemd van een drietal bedrijven, namelijk Bell-Lijn ( $1 \times 10^{-6}$  per container voor ernstige onregelmatigheden), ECT ( $6 \times 10^{-8}$  per container voor ernstige onregelmatigheden) en Unitcentre ( $3,9 \times 10^{-7}$  per container voor uitstroming)[1].

De ongevalsfrequentie gehanteerd in de stuwadoorsstudie 1994 voor tankcontainers komt ongeveer overeen met de in [5] afgeleide gemiddelde waarde. Deze bevinding geldt voor tankcontainers voor vloeistoffen voor een kleine uitstroming en niet voor een grote uitstroming. Er zijn verder onvoldoende gegevens beschikbaar om wat te kunnen zeggen over de faalfrequentie van een tankcontainer met tot vloeistof verdicht gas. Voor boxcontainers kon (omdat er geen relevante incidenten naar voren zijn gekomen) geen gemiddelde frequentie worden afgeleid, maar wel een bovengrens op basis van een 95% betrouwbaarheidsinterval.

De resultaten van het onderzoek [5] hebben niet geresulteerd in een duidelijke reden om de faalfrequentie en het bijbehorende lekscenario (gatgrootte) uit de stuwadoorsstudie 1994 op dit moment te wijzigen.

Na beoordeling van het incidentenonderzoek [5] is besloten de bestaande methodiek van de stuwadoorsstudie 1994 nagenoeg ongewijzigd over te nemen.

De enige wijziging betreft de definitie van de bronsterkte voor de vloeistof tankcontainers. Hier wordt nu een gatgrootte in plaats van een uitstroomdebiet voorgeschreven, omdat deze beschrijving beter aansluit bij de rekenmethodiek voor andere Bevi-inrichtingen en de modellering in Safeti-NL. De keuze van de gatgrootte van 20 en 50 mm komt nagenoeg overeen met een bronsterkte van 1 en 5 l/s zoals vastgelegd in de stuwadoorsstudie 1994 (Bijlage 2, tabel 2.4 van [1]).

Voor het kleine ongevalsscenario is dus gekozen voor een gatgrootte van 20 mm, om zo aan te sluiten bij een uitstroming van 1 l/s, die in de stuwadoorstudie is gebruikt. Dit betekent wel een afwijking ten opzichte van andere Bevi-inrichtingen waarbij een gatgrootte van 10 mm wordt gehanteerd. Het uitgangspunt van 1 l/s is ook relevant voor de resultaten van het incidentenonderzoek. De uitstroming van 1 l/s is zoals gemeld gebruikt als selectie criterium bij het incidentenonderzoek [5]. Een gatgrootte van 10 mm geeft een bronsterkte van circa 0,3 l/s. Bij deze bronsterkte zouden er overigens twee incidenten extra worden geselecteerd als relevant voor het afleiden van de ongevals frequentie, zodat de ongevalsfrequentie hoger zou zijn.

#### 1.6.2 *Overslag boxcontainers*

In een boxcontainer kunnen behalve gevaarlijke stoffen ook andere goederen zijn geladen. Tevens kunnen er stoffen met uiteenlopende gevaarseigenschappen in dezelfde container zijn geladen. In de stuwadoorsstudie 1994 is verondersteld dat er voldoende gegevens uit de gerealiseerde doorzet beschikbaar zijn om een vertaalslag te maken naar een representatief aantal overgeslagen boxcontainers die tot een bepaald gewicht geladen zijn met stoffen uit een bepaalde stofcategorie. De wijze waarop deze vertaalslag moet worden gemaakt is echter niet in detail beschreven.

Tabel 11 toont de ongevals scenario's voor de overslag van boxcontainers zoals gehanteerd in de stuwadoorsstudie 1994. De omvang van de scenario's is beperkt. Voor een vloeistof wordt het vrijkomen van 0,2 of 1 m<sup>3</sup> gemodelleerd afhankelijk van het verpakkingstype en de hoeveelheid gevaarlijke stof in de boxcontainer. De modellering van de gevolgen van de uitstroming vindt in de stuwadoorsstudie 1994 plaats met de aanname dat de uitstroming in de open lucht optreedt.

Ongevals scenario's voor de overslag van stukgoed in boxcontainers resulteren in een geringe bronsterkte vergeleken met tankcontainers, omdat de verpakkingseenheden in boxcontainers veel kleiner zijn. Voor de meeste stofcategorieën betekent dit dat ze geen relevante bijdrage leveren aan het externe veiligheidsrisico, omdat letale effecten buiten de inrichting niet waarschijnlijk zijn. Als er ook tankcontainers met stoffen uit dezelfde stofcategorie worden overgeslagen, zal de overslag van tankcontainers bepalend zijn voor het externe veiligheidsrisico. Een mogelijke uitzondering hierop vormt de overslag van toxisch gas of toxische vloeistof uit de grootste gevaarscategorie (bijvoorbeeld stofcategorie GT3 t/m GT5, LT3 en LT4). Het is voorstelbaar dat van deze stofcategorieën alleen overslag plaatsvindt van stukgoed in een boxcontainer. De ongevals scenario's uit de stuwadoorsstudie 1994 zijn overgenomen. Er zijn geen gegevens beschikbaar die aanleiding geven tot wijziging van deze scenario's. Er is wel voor gekozen om alleen de scenario's met de grootste verpakkingseenheden op te nemen, mede omdat voor

gascilinders een andere methodiek ontwikkeld is (als onderdeel van hoofdstuk 11 van [3]).

*Tabel 11 Ongevalsscenario's overslag van stukgoed in boxcontainers stuwadoorsstudie 1994*

<b>Eenheid</b>	<b>Frequentie [/overslag]</b>	<b>Omschrijving</b>
IBC-vloeistof	$1,0 \times 10^{-6}$	Continu vrijkomen van totaal $1 \text{ m}^3$ vloeistof in 30 s. Maximaal plasoppervlak $200 \text{ m}^2$ .
Drums-vloeistof	$1,0 \times 10^{-6}$	Continu vrijkomen van totaal $0,22 \text{ m}^3$ vloeistof in 30 s. Maximaal plasoppervlak $44 \text{ m}^2$ .
	$1,0 \times 10^{-6}$	Continu vrijkomen van totaal $1 \text{ m}^3$ vloeistof in 30 s. Maximaal plasoppervlak $200 \text{ m}^2$ .
Cilinder-gas	$1,0 \times 10^{-6}$	Continu vrijkomen van 150 kg uit een gat met een diameter van 15 mm.
Cilinderreservoir -gas	$1,0 \times 10^{-6}$	Continu vrijkomen van 1000 kg uit een gat met een diameter van 15 mm.

### 1.6.3 *Toedeling aan deelhandelingen en posities op het terrein*

De faalfrequenties voor overslag van een container gelden voor de totale afhandeling. Tijdens een overslag worden er op verschillende posities op het terrein verticale handelingen met een container verricht (bijvoorbeeld in en uit een schip, in en uit de stack, van en naar een transportmiddel voor de weg of het spoor). Informatie om de faalfrequentie per overgeslagen container toe te delen aan het type verticale handeling is niet beschikbaar.

Om onderscheid te kunnen maken tussen inrichtingen van verschillende complexiteit is een aanname geformuleerd waarmee de faalfrequentie kan worden gedifferentieerd naar het aantal verticale handelingen. Er is aangenomen dat het aantal verticale handelingen voor de gehanteerde faalfrequentie gelijk is aan zes. Dit sluit aan bij een grote stuwadoor, waar de containers door de kadekraan eerst op de kade gezet en daarna in de stack worden geplaatst. De keuze om aan te sluiten bij een grote stuwadoor is in lijn met het incidentenonderzoek en de bepaling van de faalfrequentie [5], dat gebaseerd is op data van enkele grote stuwadoors.

Voor de toedeling van de faalfrequentie aan posities op de inrichting is aanvullend aangenomen dat de faalfrequentie dezelfde is voor elk type verticale handeling. Er is in de ongevalscijfers geen informatie beschikbaar om een verfijning op te baseren.

### 1.6.4 *Verblijf op terrein intrinsiek falen*

In de stuwadoorsstudie 1994 is alleen het intrinsiek falen van een tankcontainer met brandbaar gas voorgeschreven met als ongevalsscenario het instantaan vrijkomen van de gehele inhoud met een frequentie van  $1,0 \times 10^{-6}$  /jr. Deze benadering is nu gewijzigd. Intrinsiek falen voor zowel druk als vloeistof tankcontainers wordt gemodelleerd met het ongevalsscenario instantaan vrijkomen van de gehele inhoud met een frequentie van  $5,0 \times 10^{-7}$  /jr. De voorgeschreven modellering voor tankcontainers is nu dezelfde als gehanteerd voor het intrinsiek falen van een spoorwagengedrag tijdens verblijf op een goederenemplacement (Hoofdstuk 6 van Module C uit [3]).

Deze wijziging kan niet onderbouwd worden met ongevalscijfers, maar is gekozen in overeenstemming met de berekeningsmethodiek voor een

goederenemplacement. De gekozen modellering wijkt af van die voor het verblijf van transportmiddelen op andere Bevi-inrichtingen.

Voor het verblijf van een tankauto of ketelwagen met een reservoir onder druk zijn voor andere Bevi-inrichtingen de scenario's instantaan vrijkomen van de gehele inhoud met een frequentie van  $5,0 \times 10^{-7}$  /jr en vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting van  $5,0 \times 10^{-7}$  /jr gedefinieerd. De frequentie op instantaan vrijkomen voor een druk tankcontainer die nu wordt voorgesteld voor een stuwadoor is dezelfde als voor andere Bevi-inrichtingen. De frequentie op vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting kan voor een stuwadoor worden verwaarloosd, omdat er al een scenario is gedefinieerd voor falen tijdens overslag met een grote uitstroming. Dit scenario leidt tot nagenoeg dezelfde bronsterkte, maar de frequentie is aanzienlijk groter. De frequentie op vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting, uitgaande van een verblijftijd van een week, is  $5,0 \times 10^{-7} / 52 = 1,0 \times 10^{-8}$  per container. Deze is daarmee een factor tien kleiner dan de frequentie op een grote uitstroming tijdens overslag van  $1,0 \times 10^{-7}$  per container en kan worden verwaarloosd.

Voor het verblijf van een tankauto of ketelwagen met een atmosferische tank zijn voor andere Bevi-inrichtingen de scenario's instantaan vrijkomen van de gehele inhoud met een frequentie van  $1,0 \times 10^{-5}$  /jr en vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting van  $5,0 \times 10^{-7}$  /jr gedefinieerd. De frequentie voor instantaan vrijkomen is een factor twintig groter dan voorgesteld voor tankcontainers.

In overeenstemming met de berekeningsmethodiek voor andere Bevi-inrichtingen is geen onderscheid gemaakt tussen dunwandige en dikwandige vloeistof tankcontainers.

Het intrinsiek falen van een verpakking van los stukgoed of stukgoed in een boxcontainer wordt niet gemodelleerd. Deze werkwijze is conform de berekeningsmethodiek voor PGS 15 inrichtingen (hoofdstuk 8, Module C uit [3]).

#### 1.6.5 *Verblijf op terrein BLEVE door externe brand*

Tijdens verblijf op het terrein kan beschadiging van een tankcontainer door brand in de omgeving niet worden uitgesloten. Voor een druk tankcontainer met brandbaar gas is een additioneel BLEVE scenario toegevoegd. De eenvoudige modellering stemt overeen met de stuwadoorsstudie 1994 en het rekenprotocol vervoer gevaarlijke stoffen over het spoor (deel emplacementen).

Voor de frequentie op een brand is het ongevalsscenario grote uitstroming tijdens overslag als maatgevend gehanteerd. De kans op ontsteking en de kans op falen van repressief optreden door de brandweer zijn overgenomen uit de stuwadoorsstudie 1994 [1].

#### 1.6.6 *Overig*

##### *Intern horizontaal transport vrachtwagen*

Er zijn geen gegevens beschikbaar waarmee een ongevalfrequentie voor het intern horizontaal transport van een (tank)container met een vrachtwagen binnen een inrichting kan worden vastgesteld. In de stuwadoorsstudie 1994 zijn scenario's opgenomen waarbij gebruik gemaakt is van de ongevalfrequentie voor wegtransport met een reductiefactor van 5, omdat er binnen een inrichting veelal extra risicobeperkende maatregelen zijn getroffen (beperking van de maximale snelheid, éénrichtingsverkeer) (bijlage 2, tabel 2.9 van [1]).



Tabel 12 toont de ongevalscenario's gedefinieerd in de stuwadoorsstudie 1994. De getoonde frequentie is per voertuigkilometer. De lengte van het gedeelte van de weg binnen de grens van de inrichting kan aanmerkelijk kleiner zijn dan een kilometer. De ongevalfrequentie voor de inrichting is dan kleiner dan de frequentie getoond in deze tabel.

*Tabel 12 Ongevalscenario's intern transport weg tankcontainers stuwadoorsstudie 1994 (bijlage 2, tabel 2.9)*

<b>Eenheid</b>	<b>Frequentie [/vtg-km]</b>	<b>Omschrijving</b>
Tankcontainer gas	$4,3 \times 10^{-10}$	Continu vrijkomen van vloeistof uit een gat met een diameter van 10 mm.
	$4,3 \times 10^{-10}$	Continu vrijkomen van vloeistof uit een gat met een diameter van 50 mm.
	$4,3 \times 10^{-10}$	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud.
Tankcontainer vloeistof	$7,5 \times 10^{-10}$	Continu vrijkomen van $1.8 \text{ m}^3$ in 1800 s (gatgrootte circa 20 mm).
	$1,8 \times 10^{-9}$	Continu vrijkomen van $9 \text{ m}^3$ in 1800 s (gatgrootte circa 50 mm).
	$4,5 \times 10^{-10}$	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud.

Een vergelijking met de frequenties op ongevalscenario's tijdens overslag of verblijf laat het volgende zien:

- Voor het continu vrijkomen is de ongevalsfrequentie voor overslag van een (tank)container  $1,0 \times 10^{-6}$  (kleine uitstroming) en  $1,0 \times 10^{-7}$  (grote uitstroming). Deze frequenties zijn (meer dan) een factor honderd groter dan de frequenties getoond in Tabel 12.
- Voor instantaan vrijkomen van de gehele inhoud door verblijf op het terrein is de ongevalsfrequentie afhankelijk van de verblijfsduur. Uitgaande van een verblijfsduur van een week volgt een frequentie van  $1,0 \times 10^{-8}$  voor een gas en vloeistof tankcontainer. Deze frequenties zijn een factor twintig groter dan de frequenties getoond in Tabel 12.

Er zijn geen nieuwe inzichten beschikbaar voor mogelijk te hanteren scenario's en frequenties. De modellering zoals opgenomen in de stuwadoorsstudie 1994 leidt tot een te verwaarlozen bijdrage aan het risiconiveau van ongevallen tijdens het intern horizontaal transport met een vrachtwagen vanwege de lage faalfrequenties.

#### *Intern horizontaal transport spoorwagen*

Er zijn geen gegevens beschikbaar waarmee een ongevalsfrequentie voor het intern horizontaal transport van een (tank)container met een spoorwagen binnen een inrichting kan worden vastgesteld. In de stuwadoorsstudie 1994 zijn scenario's opgenomen waarbij gebruik gemaakt is van de ongevalsfrequentie voor het 'vrije baan' gedeelte en het emplacement gedeelte van een stamlijn (raccordement). Deze ongevalsfrequenties zijn ook in PGS 3<sup>6</sup> (het zogenaamde Paarse Boek) opgenomen. Voor de kans op uitstroming gegeven een ongeval is in de stuwadoorsstudie 1994 een benadering gevolgd die gebaseerd is op de modellering gebruikelijk voor een goederenemplacement gecombineerd met de kansen voor het transport over de weg.

De ongevalsfrequenties en uitstromingskansen opgenomen in PGS 3 [6] staan momenteel ter discussie. De voor stamlijnen afgeleide faalfrequenties zijn fors hoger dan de faalfrequenties voor een gemiddelde vrije baan. De achtergronden en basisgegevens die aan deze faalfrequenties ten grondslag liggen zijn

onduidelijk en niet meer te achterhalen. In het project Actualisatie Faalcijfers Spoor dat thans in uitvoering is worden daarom opnieuw frequenties bepaald. Voor stamlijnen zijn voorlopige faalfrequenties afgeleid, maar nog niet vastgesteld.

Bij een stuwadoor vinden in het algemeen geen rangeerbewegingen plaats met treindelen. De snelheid van de treinen is gering en er is geen interactie met een doorgaand spoor. Het is daarom aannemelijk dat ongevalsscenario's tijdens dit horizontaal transport kunnen worden verwaarloosd ten opzichte van de scenario's tijdens overslag en verblijf in de stack. Ter onderbouwing van deze aanname zijn hierna de ongevalsscenario's die gehanteerd worden voor de vrije baan opgenomen. De ongevalsfrequentie voor de vrije baan met lage snelheid is  $1,36 \times 10^{-9}$  per wagen-kilometer. De ongevalsscenario's worden getoond in Tabel 13. De getoonde frequentie is per wagenkilometer. De lengte van het vrije baan gedeelte binnen de grens van de inrichting kan aanmerkelijk kleiner zijn dan een kilometer. De ongevalsfrequentie voor de inrichting is dan kleiner dan de frequentie getoond in deze tabel.

*Tabel 13 Ongevalsscenario's spoor vrije baan lage snelheid*

<b>Eenheid</b>	<b>Frequentie [/wg-km]</b>	<b>Omschrijving</b>
Spoorketelwagen gas	$6,4 \times 10^{-12}$	Continu vrijkomen van vloeistof uit een gat met een diameter van 75 mm.
Spoorketelwagen vloeistof	$4,4 \times 10^{-12}$	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud.
	$6,4 \times 10^{-10}$	Kleine uitstroming.
	$4,4 \times 10^{-10}$	Grote uitstroming.

De frequenties op ongevalsscenario's tijdens overslag of verblijf zijn aanmerkelijk groter dan de frequenties getoond in Tabel 13.

Er zijn geen formeel vastgestelde nieuwe inzichten beschikbaar voor mogelijk te hanteren scenario's en frequenties. Het is op basis van de lage faalfrequenties aannemelijk dat ongevallen tijdens het intern horizontaal transport met een spoorwagen een te verwaarlozen bijdrage aan het risiconiveau veroorzaken. Als een stuwadoor beschikt over een emplacementsgedeelte waar het rangeren met treindelen voorkomt, dan dient het rekenprotocol voor emplacements te worden toegepast om vast te kunnen stellen of de bijdrage aan het risiconiveau te verwaarlozen is (Hoofdstuk 6 van Module C uit [3]).

#### *Los stukgoed*

De overslag van los stukgoed bij een stuwadoor wordt niet beschouwd, omdat deze wijze van overslag niet meer gebruikelijk is. De invloed op het risiconiveau is te verwaarlozen, omdat de hoeveelheid die vrij kan komen beperkt is tot een verpakkingseenheid. Een uitzondering dient te worden gemaakt als stoffen vallend in de meest gevaarlijke toxische stofcategorieën wel op deze wijze worden overgeslagen. Modellerings dient in overleg met het bevoegd gezag ex Wm plaats te vinden. Er kan gebruik gemaakt worden van de scenario's uit de stuwadoorsstudie 1994 getoond in Tabel 14.

*Tabel 14 Ongevalsscenario's overslag los stukgoed stuwadoorsstudie 1994*

<b>Eenheid</b>	<b>Frequentie [/overslag]</b>	<b>Omschrijving</b>
IBC-vloeistof	$1,0 \times 10^{-4}$	Continu vrijkomen van totaal $1 \text{ m}^3$ vloeistof in 30 s. Maximaal oppervlak $200 \text{ m}^2$ .
Drums-vloeistof	$1,0 \times 10^{-4}$	Continu vrijkomen van totaal $0,22 \text{ m}^3$ vloeistof in 30 s. Maximaal oppervlak $44 \text{ m}^2$ .
	$1,0 \times 10^{-5}$	Continu vrijkomen van totaal $1 \text{ m}^3$ vloeistof in 30 s. Maximaal oppervlak $200 \text{ m}^2$ .
Cilinder-gas	$1,0 \times 10^{-5}$	Continu vrijkomen van 150 kg uit een gat met een diameter van 15 mm.
Cilinderreservoir -gas	$1,0 \times 10^{-5}$	Continu vrijkomen van 1000 kg uit een gat met een diameter van 15 mm.

In de berekeningsmethodiek voor PGS 15 [3] inrichtingen zijn overigens wel scenario's voorgeschreven voor de overslag in de open lucht van en naar een vrachtauto van zeer toxische vloeistoffen en zeer toxische vaste stoffen (ADR klasse 6.1 VG I). De frequentie van falen is  $1,0 \times 10^{-5}$  per behandelde verpakkingseenheid. Een verpakkingseenheid is een doos of drum. Indien dozen of drums op een pallet staan voorzien van krimpfolie dan wordt dit als één verpakkingseenheid beschouwd. De ongevalsfrequentie is een ordegrrootte kleiner dan gehanteerd in de stuwadoorsstudie 1994.

#### 1.6.7 *Begrenzing vloeistofplas*

De effect- en schademodelering van de uitstroming van vloeistoffen wordt sterk beïnvloed door de veronderstelling welke omvang van de plas maximaal bereikt kan worden. Het bedrijfsterrein van een stuwadoor is veelal zodanig ingericht dat er een begrenzing van de vloeistofplas optreedt (rioolputten, terrein op afschot). Voor elk scenario is daarom een maximaal te bereiken oppervlak vastgesteld. In Safeti-NL wordt dit oppervlak gemodelleerd als het oppervlak van een denkbeeldige tankput. Tabel 15 toont de minimale laagdikte aangenomen voor de betreffende scenario's bij het afleiden van het maximaal te bereiken oppervlak.

*Tabel 15 Minimale laagdikte ongevalsscenario's vloeistof tankcontainers stuwadoorsstudie 1994*

<b>Scenario</b>	<b>Laagdikte [mm]</b>	<b>Omschrijving</b>
Overslag klein	10	Vrijkomen van $0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ gedurende 1800 s. Maximaal oppervlak $180 \text{ m}^2$ .
Overslag groot	10	Vrijkomen van $0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ gedurende 1800 s. Maximaal oppervlak $900 \text{ m}^2$ .
Instantaan	20	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van $28 \text{ m}^3$ . Maximaal oppervlak $1400 \text{ m}^2$ .

In de berekeningsmethodiek voor andere Bevi-inrichtingen wordt de maximaal te bereiken plasmagrootte begrensd door een voorgeschreven minimale laagdikte afhankelijk van de ondergrond. De standaard keuze voor de ondergrond is beton, waarvoor de minimale laagdikte gelijk is aan 5 mm. Mits onderbouwd mag overigens worden afgeweken van deze standaard modellering.

## Referenties

- <sup>1</sup> AVIV en Royal Haskoning, 1994. Risico-analyse stuwadoorsbedrijven. Rapport nr. 9331
- <sup>2</sup> Schols, e.a. 2007. De risico's van milieugevaarlijke stoffen in importcontainers. RIVM rapport 609021054/2007
- <sup>3</sup> RIVM, 2009. Handleiding Risicoberekeningen Bevi (versie 3.2 gedateerd 1 juli 2009)
- <sup>4</sup> AVIV, 1999. Systematiek voor de indeling van stoffen ten behoeve van risicoberekeningen bij het vervoer van gevaarlijke stoffen. Rapport nr. 98175
- <sup>5</sup> AVIV, 2010. Incidenten met containers bij stuwadoorsbedrijven. Rapport nr.071183 gedateerd 30 maart 2010
- <sup>6</sup> VROM, 2005. Guidelines for quantitative risk assessment. PGS 3.