



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Handleiding Risicoanalyse Transport**

Datum        11 januari 2017  
Versie       1.2

## Colofon

© RIVM 2017

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.

Contact:  
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)  
Centrum Veiligheid  
Postbus 1  
3720 BA Bilthoven

[omgevingsveiligheid@rivm.nl](mailto:omgevingsveiligheid@rivm.nl)

## Inhoudsopgave

<b>Inhoudsopgave</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Achtergrond	6
1.2 Doelstelling, doelgroep en afbakening	6
1.3 Wijzigingen sinds 1 november 2011	7
1.4 Leeswijzer	7
1.5 Informatie	7
<b>2 Juridisch kader</b>	<b>9</b>
2.1 Besluit externe veiligheid transportroutes	9
2.2 Regeling Basisnet	11
2.3 Beleidsregels EV-beoordeling infrabesluiten	11
2.4 Verhouding tot overige documenten	12
<b>3 Overzicht module B</b>	<b>14</b>
3.1 Vuistregels: indicatie hoogte plaatsgebonden risico en groepsrisico	14
3.2 Risicoberekening transport: wat te vergelijken?	14
<b>4 Modelling van de bevolking</b>	<b>16</b>
4.1 Algemeen	16
4.2 De bevolkingsinventarisatie in de praktijk	17
4.2.1 Het gebied waarbinnen de bevolking moet worden geïnventariseerd	17
4.2.2 Inventarisatie algemeen	19
4.2.3 Inventarisatiemethoden	20
4.2.4 Gebruik van kengetallen	21
4.2.5 Redelijkerwijs te verwachten aanwezigheid	23
4.2.6 Huidige en toekomstige situatie	23
4.2.7 Voorbeeld inventarisatieschema	24
4.3 Bijzondere situaties in de bevolking	26
4.3.1 Bevolking boven een tunnel	26
4.3.2 Bevolking boven een transportroute	26
4.3.3 Bevolking in gemengde functies of meerdere functies op dezelfde locatie	26
4.4 Evaluatie RO-maatregelen	26
<b>5 Modelling transportroutes</b>	<b>27</b>
5.1 Vervoerde stoffen	27
5.1.1 Stofcategorieën en voorbeeldstoffen	27
5.1.2 Overige gevaarlijke stoffen	28
5.2 Modelling van de transportroute	28
5.2.1 Lengte van de transportroute	28
5.2.2 Breedte van de transportroute	29
5.2.3 Brede ongebruikte ruimte tussen de beide rijrichtingen	30
5.2.4 Ligging transportroute	30
5.2.5 Uitstroompunten	30

5.2.6	Deeltrajecten	31
5.2.7	Tunnels / overkappingen	31
<b>6</b>	<b>Modellering van de scenario's</b>	<b>33</b>
6.1	Scenario's	33
6.2	Gebeurtenissenboom per stofcategorie	35
6.2.1	Brandbare vloeistof (LF, C3)	35
6.2.2	Brandbaar gas (GF, A)	36
6.2.3	Toxische vloeistof (LT, D)	38
6.2.4	Toxisch gas (GT, B)	38
6.3	Generieke modelparameters	39
6.3.1	Uitstroming en verdamping parameters	39
6.3.2	Meteorologische parameters	40
6.3.3	Omgevingsparameters	41
6.3.4	Stofspecifieke parameters en schademodelering	41
<b>7</b>	<b>Rapportagevereisten</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Inleiding</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>Spoor</b>	<b>48</b>
9.1	Werkings sfeer en toepassingsgebied	48
9.2	Vervoersgegevens	49
9.2.1	Inleiding	49
9.2.2	Beoordeling Plaatsgebonden risico en Groepsrisico	50
9.2.3	Geografische ligging van een basisnet spoor route	51
9.2.4	Gerelateerde parameters	52
9.3	Scenario's	52
9.4	Ongevalse frequentie	53
9.4.1	Waardering veiligheidsmaatregelen	55
9.4.2	Complexe situaties	56
9.5	Vervolgkansen	57
9.5.1	Uitstroomkans	57
9.5.2	Ontwikkelingen en ontstekingskans	57
9.5.3	Gebeurtenissenbomen	58
9.5.4	Vervolgkans warme BLEVE	61
9.6	Bijzondere situaties	62
<b>10</b>	<b>Weg</b>	<b>63</b>
10.1	Werkings sfeer en toepassingsgebied	63
10.2	Vervoersgegevens	63
10.2.1	Inleiding	63
10.2.2	Beoordeling Plaatsgebonden risico en Groepsrisico	64
10.2.3	Gerelateerde parameters	68
10.3	Scenario's	68
10.4	Ongevalse frequentie	69
10.5	Vervolgkansen en gebeurtenissenbomen	70
10.5.1	Uitstroomkans	70
10.5.2	Vervolgkans per scenario	70
10.5.3	Ontstekingskans	70
10.5.4	Gebeurtenissenbomen	71

10.6	Bijzondere situaties	73
10.6.1	Brede middenberm tussen beide rijrichtingen	74
10.6.2	Splitsingen en kruisingen	74
10.6.3	Knooppunten (klaverbladen)	75
<b>11</b>	<b>Vaarwegen met minder dan 10% zeevaart (binnenvaartroutes)</b>	<b>78</b>
11.1	Werkings sfeer en toepassingsgebied	78
11.2	Vervoersgegevens	78
11.2.1	Inleiding	78
11.2.2	Beoordeling Plaatsgebonden risico en Groepsrisico	79
11.2.3	Gerelateerde parameters	82
11.3	Scenario's	82
11.4	Ongevalse frequentie	83
11.4.1	Locatiespecifieke faalfrequentie	83
11.4.2	Default scheepsschadefrequentie	83
11.5	Vervolgkansen	83
11.5.1	Uitstroomkans	83
11.5.2	Ontstekingskansen	84
11.5.3	Gebeurtenissenbomen	84
11.6	Bijzondere situaties	87
<b>12</b>	<b>Vaarwegen met meer dan 10% zeevaart (zeevaartroutes)</b>	<b>88</b>
<b>13</b>	<b>Begrippenlijst</b>	<b>89</b>
<b>14</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>98</b>

## 1 Inleiding

### 1.1 Achtergrond

In het externe veiligheidsbeleid is een kwantitatieve risicoanalyse (in het vervolg aangeduid als QRA) het middel om de risico's voor omwonenden als gevolg van het transport van gevaarlijke stoffen in beeld te brengen. Simpel gezegd is het resultaat van een QRA de kans op overlijden op een bepaalde locatie als direct gevolg van een incident met gevaarlijke stoffen en de kans op overlijden van een groep personen met een bepaalde omvang. Het risico wordt bepaald door de transportroute, de vervoerde stoffen en de aard van de omgeving.

Een QRA moet transparant, verifieerbaar, robuust en valide te zijn [1]. Het is daarom van groot belang dat elke QRA op basis van dezelfde modellen en uitgangspunten uitgevoerd wordt. De informatie benodigd voor het uitvoeren van een QRA voor EV-risico's van transport van gevaarlijke stoffen is in dit document gebundeld.

### 1.2 Doelstelling, doelgroep en afbakening

De doelstelling van deze handleiding is het bieden van een eenduidig kader voor het uitvoeren van kwantitatieve risicoanalyses voor transport van gevaarlijke stoffen alsmede het aanreiken van de benodigde achtergrond- en basisinformatie. De handleiding heeft niet tot doel een handleiding voor het gebruik van specifieke risicoanalyse software, zoals RBM II, te bieden, noch voor onderwerpen die niet direct betrekking hebben op de kwantitatieve risicoanalyse zelf, zoals de verantwoordingsplicht van het groepsrisico.

Deze handleiding is bedoeld voor eenieder die zich professioneel in enige mate met externe veiligheid rond transportassen bezighoudt en in dat kader een kwantitatieve risicoanalyse uitvoert of beoordeelt.

In deze handleiding is vastgelegd hoe de risico's van transport van gevaarlijke stoffen conform het vigerende beleid geanalyseerd moeten worden. Afwijken hiervan kan alleen in bijzondere gevallen en goed gemotiveerd. Elke verandering in de wijze van rekenen zal gevalideerd en geaccordeerd moeten worden [2]. Zo moeten bijvoorbeeld aanvullende veiligheidsmaatregelen worden gewaardeerd aan de hand van casuïstiek, analogon of expert judgement.

Het gebruik van deze handleiding in combinatie met het risicoberekeningspakket RBM II is wettelijk verankerd in de regeling Basisnet (Rbn).

De risicobenadering wordt toegepast bij omgevingsbesluiten (zoals bestemmingsplannen en omgevingsvergunningen) en infrabesluiten (routeringsbesluiten, infrastructurale besluiten zoals tracébesluiten). De regels voor omgevingsbesluiten zijn opgenomen in het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt). Voor de behandeling van de externe veiligheid in tracébesluiten gelden de beleidsregels EV-beoordeling infrabesluiten (Beleidsregels EV).

### **1.3 Wijzigingen sinds 1 november 2011**

Versie 1.0 is volledig aangepast aan de Wet basisnet, het Besluit externe veiligheid transportroutes, de Regeling basisnet en de beleidsregels EV-beoordeling infrabesluiten.

In versie 1.1 zijn enkele tekstuele wijzigingen aangebracht waaronder verwijdering van informatie over het landelijk populatiebestand en een verduidelijking over de stofindeling (met name stofcategorie D4).

In versie 1.2 zijn ook enkele tekstuele wijzigingen doorgevoerd. Het betreft een andere indeling van de stofcategorie voor LNG (zie § 5.1.1) en de beschrijving van een drietal mitigerende maatregelen (zie § 9.4.1).

### **1.4 Leeswijzer**

Deze handleiding bestaat uit drie modules. In module A wordt het juridisch kader toegelicht. Module B bevat generieke modelparameters en aspecten, die voor iedere modaliteit gelden, zoals de modellering van de bevolking in de omgeving van een transportroute, de modellering van de transportroute en de modellering van de scenario's. Module C tenslotte gaat in op modelparameters die specifiek gelden voor bepaalde transportmodaliteiten (weg, spoor of binnenwater). In het eerste hoofdstuk van de modules B en C wordt de opbouw van die module nader uiteengezet.

### **1.5 Informatie**

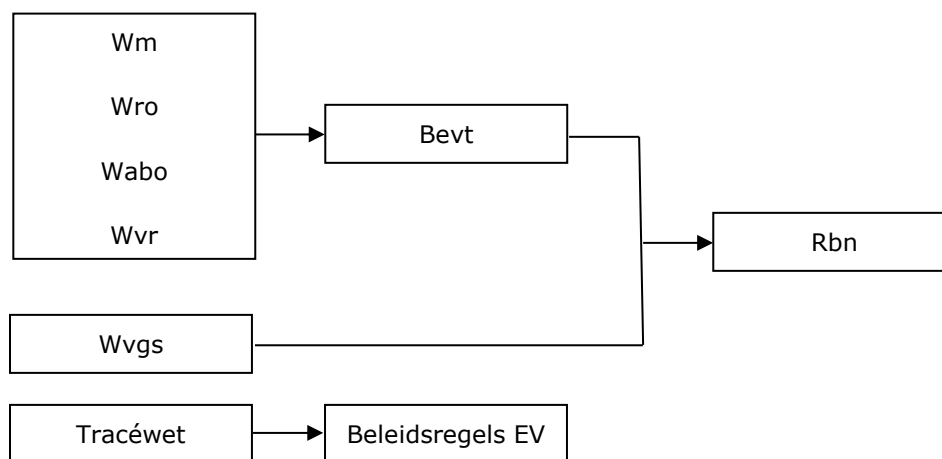
In de praktijk kunnen er situaties zijn waarbij toepassing van deze handleiding tot vragen kan leiden. Vragen en opmerkingen kunnen worden gericht aan het RIVM, via het email-adres [rbmii@rivm.nl](mailto:rbmii@rivm.nl).

## Module A Juridisch kader



## 2 Juridisch kader

De noodzaak tot het uitvoeren van een risicoanalyse en de eisen ten aanzien van de invoer, uitgangspunten, aannames en werkwijze vinden haar grondslag in diverse wettelijke kaders. Deze kaders worden in dit hoofdstuk in hoofdlijnen aangehaald, voor zover ze relevant zijn voor het uitvoeren van een QRA. De samenhang van de wet- en regelgeving is in beeld gebracht in Figuur 2-1.



*Figuur 2-1 Samenhang wetten en regels externe veiligheid transport*

Hierin is;

Wm:	Wet milieubeheer
Wro:	Wet ruimtelijke ordening
Wabo:	Wet algemene bepalingen omgevingsrecht
Wvr:	Wet veiligheidsregio's
Bevt:	Besluit externe veiligheid transportroutes
Rbn:	Regeling basisnet
Wvgs:	Wet vervoer gevaarlijke stoffen
Beleidsregels EV:	Beleidsregels EV-beoordeling infrabesluiten

### 2.1 Besluit externe veiligheid transportroutes

Het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt) [3] bevat de milieukwaliteitseisen voor de externe veiligheid. Bij een aantal specifiek benoemde besluiten moet het bevoegd gezag:

- de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico in acht te nemen;
- rekening te houden met de richtwaarde voor het plaatsgebonden risico;
- het groepsrisico te verantwoorden (besluiten binnen 200 m van de transportroute én groepsrisico groter dan de oriëntatiewaarde of groepsrisico groter dan 10% van de oriëntatiewaarde en meer dan 10% toename);
- de mogelijkheden te beschouwen tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp (besluiten binnen het invloedsgebied van de transportroute);

- de mogelijkheden te beschouwen voor personen om zich in veiligheid te brengen als zich een ramp voordoet (besluiten binnen het invloedsgebied van de transportroute);
- het toelaten van de bouw van (beperkt) kwetsbare objecten in een plasbrandaandachtsgebied<sup>1</sup>nader te motiveren, gelet op de mogelijke gevolgen van een ongeval met brandbare vloeistoffen.

Het gaat om besluiten waarbij de bouw, vestiging of aanleg van nieuwe kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten wordt toegelaten.

Het Bevt is gericht tot bevoegde gezagen (Rijk, provincies en gemeenten) die bevoegdheden uitoefenen op het gebied van de ruimtelijke ordening. Er zijn in dit besluit milieukwaliteitseisen geformuleerd ten aanzien van het plaatsgebonden risico (PR). De normering voor het plaatsgebonden risico is geregeld in de vorm van een wettelijke grenswaarde (voor kwetsbare objecten) en een richtwaarde (voor beperkt kwetsbare objecten). Voor basisnetroutes geldt, in plaats van een te berekenen risicowaarde waaraan een ruimtelijk besluit moet worden getoetst, een afstand die door de Minister van Infrastructuur en Milieu is vastgesteld (basisnetafstand). Op deze afstand mag het plaatsgebonden risico als gevolg van het vervoer van gevaarlijke stoffen ten hoogste  $10^{-6}$  per jaar zijn. Het bevoegd gezag moet deze afstand in acht nemen bij ruimtelijke besluiten die nieuwe kwetsbare objecten in de omgeving van een basisnetroute toelaten. Worden nieuwe beperkt kwetsbare objecten toegelaten, dan moet het bevoegd gezag met deze afstand rekening houden. De basisnetafstand wordt gemeten tussen een referentiepunt op de route en een meetpunt bij de ruimtelijke bestemming. Beide punten zijn vastgelegd in de Rbn.

De plaatsen waar het plaatsgebonden risico vanwege het vervoer van gevaarlijke stoffen over een basisnetroute ten hoogste  $10^{-6}$  per jaar mag zijn worden aangeduid met "PR-plafond". De ligging van het PR-plafond is opgenomen in de bijlagen bij de Rbn als afstand ten opzichte van het referentiepunt op de route. Het plaatsgebonden risico wordt daarom in het kader van een ruimtelijk besluit over een gebied langs een basisnetroute niet berekend, maar afgelezen uit de tabellen die in de bijlagen bij de Rbn zijn opgenomen.

Voor het groepsrisico geldt een verantwoordingsplicht voor het bevoegd gezag. In de toelichting bij een bestemmingsplan binnen het invloedsgebied van een route moet het bevoegd gezag ingaan op de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp en de mogelijkheden van zelfredzaamheid [3].

In de toelichting bij een bestemmingsplan binnen 200 m van een route moet het bevoegd gezag tevens ingaan op de rekenkundige hoogte van het groepsrisico, de huidige en te verwachten personendichtheid in het plangebied, de mogelijkheden voor het treffen van maatregelen ter reductie van het groepsrisico en de mogelijkheden voor ruimtelijke alternatieven met een lager groepsrisico. Dit laatste kan achterwege blijven als het groepsrisico relatief laag is (kleiner dan 10% van de oriëntatiewaarde) of als de toename van het groepsrisico relatief klein is (kleiner dan 10%). Als het groepsrisico groter is dan de oriëntatiewaarde moet het bevoegd gezag altijd ingaan op alle genoemde aspecten van het externe risico.

<sup>1</sup> Plasbrandaandachtsgebieden (PAG) zijn langs en boven bepaalde basisnetroutes aangewezen in bijlagen bij de Regeling basisnet (Rbn).

De hoogte van het groepsrisico en de toename ervan volgen uit een risicoberekening. Voor de beoordeling van het groepsrisico wordt het maatgevende kilometertraject voor het groepsrisico gebruikt. Dit is het traject van 1 kilometer waar het groepsrisico het grootst is. Met het voorgeschreven rekenprogramma RBM II wordt dit automatisch bepaald. De toename van het groepsrisico wordt beoordeeld bij het punt op FN-curve, waar het groepsrisico het hoogst is. Deze wordt ook automatisch door het rekenprogramma bepaald.

In eenvoudige gevallen is de toepassing van vuistregels mogelijk. Vuistregels die een indicatie geven of het groepsrisico kleiner is dan de oriëntatiewaarde of kleiner dan 10% daarvan zijn opgenomen in bijlage 1 bij deze handleiding.

De verantwoordingsplicht is nader toegelicht in onder andere de Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico [4].

## **2.2 Regeling Basisnet**

De Wet basisnet, die een wijzigingswet is van de Wet vervoer gevaarlijke stoffen, legt voor de aangewezen infrastructuur een maximale gebruiksruijme vast in de vorm van risicoplafonds. Ontwikkelingen aan de vervoerszijde mogen niet leiden tot een overschrijding van het plafond. Het risicoplafond is een lijn langs de infrastructuur waar het plaatsgebonden risico een vastgelegde maximale waarde heeft.

De Regeling Basisnet (Rbn) [5] legt daartoe vast:

- De hoogte van de risicoplafonds van het basisnet.
- De geografische ligging van de risicoplafonds van het basisnet.
- Een rapportageplicht voor de infrabeheerders naar de aantallen transporten met gevaarlijke stoffen.
- Een analyse- en rapportageplicht voor de Minister van de risico's.
- De rekenmethodiek, bestaande uit RBM II en de onderhavige handleiding, en de vervoersaantallen waarmee de transportrisico's moeten worden berekend.
- De geografische ligging van de plasbrandaandachtsgebieden.
- De referentiepunten en de meetpunten waartussen de basisnetafstanden van het Bevt moeten worden gemeten.

## **2.3 Beleidsregels EV-beoordeling infrabesluiten**

In het Bevt is bepaald hoe het bevoegd gezag de effecten van omgevingsbesluiten op de externe veiligheid moet beoordelen. In de Beleidsregels EV-beoordeling infrabesluiten (verder aangeduid als Beleidsregels EV [6]) geeft de minister van I&M een kader voor de beoordeling van de effecten op de externe veiligheid van infrabesluiten waarvoor hij het bevoegd gezag is. Aan gemeenten en provincies wordt gevraagd deze beoordeling ook toe te passen op besluiten met een externe veiligheid component waarvoor zij bevoegd gezag zijn. Voorbeelden zijn een gemeentelijke routingsregeling en een provinciaal inpassingsplan met als doel de aanleg of wijziging van infrastructuur.

De Beleidsregels EV geven richtlijnen voor de beoordeling externe veiligheid bij:

- Wijziging van wegen die deel uitmaken van het basisnet.
- Aanleg of wijziging van wegen die geen deel uitmaken van het basisnet.
- Omrijden over wegen die deel uitmaken van het basisnet.

- Omrijden over wegen die geen deel uitmaken van het basisnet.
- Wijziging van hoofdspoorwegen die deel uitmaken van het basisnet.
- Aanleg van hoofdspoorwegen.
- Wijziging van hoofdvaarwegen die deel uitmaken van het basisnet.
- Aanleg of wijziging van hoofdvaarwegen die geen deel uitmaken van het basisnet.

Per geval is vastgelegd of en op welke wijze het groepsrisico en/of het plaatsgebonden risico moeten worden berekend. De concrete consequenties voor de risicoberekening verschillen per modaliteit en worden besproken in module C.

## **2.4 Verhouding tot overige documenten**

Naast het hierboven beschreven juridische kader bestaan diverse relevante documenten die door bepaalde partijen zijn ontwikkeld en al dan niet zijn geaccordeerd door een overkoepelende, sturende groep. Hoewel deze documenten niet wettelijk verankerd zijn, kunnen ze via jurisprudentie wel een dergelijke status verkrijgen. Voorbeelden zijn het Rekenprotocol Vervoer Gevaarlijke Stoffen per Spoor [7]<sup>2</sup> en de Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico [4]<sup>3</sup>. De elementen uit deze documenten die relevant zijn voor het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse rond transportroutes zijn overgenomen in deze handleiding.

<sup>2</sup> Toepasselijkheid bevestigd in uitspraak Raad van State 200406607/1 van 15 juni 2005 inzake milieuvergunning van DSM.

<sup>3</sup> Toepasselijkheid onder meer bevestigd in uitspraak Raad van State 200704460/1 van 11 juni 2008 inzake revisievergunning voor MPM International Oil Company B.V.

## Module B Algemene uitgangspunten en modelparameters

## 3 Overzicht module B

Deze module B gaat in op de verschillende stappen in een risicoanalyse voor het transport van gevaarlijke stoffen. Module B beschrijft de algemene uitgangspunten van de modellering en de parameters die, modaliteit onafhankelijk, nodig zijn om een QRA uit te voeren. De modaliteit-specifieke invulling en modellering zijn gegeven in module C.

Module B is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 4 Modellering van de bevolking
- Hoofdstuk 5 Modellering transportroutes
- Hoofdstuk 6 Modellering van de scenario's
- Hoofdstuk 7 Rapportagevereisten

### 3.1 Vuistregels: indicatie hoogte plaatsgebonden risico en groepsrisico

In de Nota van toelichting op het Bevt en de Nota van toelichting op de Beleidsregels EV is aangegeven dat in sommige gevallen de berekening van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico achterwege kan blijven. Hiervoor zijn vuistregels in de vorm van drempelwaarden voor vervoersaantallen opgesteld die de gebruiker een indicatie geven van de hoogte van het plaatsgebonden risico of het groepsrisico. Met de vuistregels kan ingeschat worden of de vervoersaantallen, bebouwingsafstanden en/of aanwezigheidsdichtheden te klein zijn om tot een overschrijding te kunnen leiden van grenswaarde of richtwaarde voor het plaatsgebonden risico dan wel tot een overschrijding van de oriëntatiewaarde of 0.1 maal de oriëntatiewaarde voor het groepsrisico.

De vuistregels voor de verschillende transportmodaliteiten zijn opgenomen in bijlage 1. In deze bijlage zijn tevens de beperkingen en de randvoorwaarden uitgewerkt, die bij de toepassing van de vuistregels aan de orde zijn.

### 3.2 Risicoberekening transport: wat te vergelijken?

Een QRA van een transportroute wordt meestal ingezet als instrument om een besluit te ondersteunen en daarmee de kwaliteit van de beslissing te verbeteren. De wet- en regelgeving stelt, afhankelijk van de bestuurlijke inbedding van het besluit, eisen aan een QRA. Deze eisen worden in deze handleiding beschreven voor zover ze betrekking hebben op de berekening of de rapportage daarvan.

De QRA geeft inzicht in de hoogte van de externe risico's van een transportroute. De gevolgen van het betrokken besluit blijken uit een vergelijking van de situatie voor het besluit met de situatie na het besluit. Behalve de hoogte van het risico kan zo ook de toe- of afname van het risico ten gevolge van het besluit worden beoordeeld.

Het risico van een transportroute wordt bepaald door het samenspel van vervoer, ruimtelijke ordening en beider ontwikkeling in de tijd (qua aantallen en veiligheid). De planperiode van een bestemmingsplan is tien jaar. Voor ruimtelijke besluiten is dit dan ook een relevante termijn. Infrabesluiten hebben vaak gevolgen voor een

veel langere termijn. Een QRA in het kader van een MER-studie richt zich op vergelijking van alternatieven op termijnen van 25, 30 jaar of zelfs meer.

De mogelijkheden worden weergegeven in Tabel 3-1. Welke situaties met elkaar worden vergeleken is afhankelijk van het type besluit dat met de QRA wordt ondersteund. In sommige gevallen is het nodig om meer dan twee situaties door te rekenen.

*Tabel 3-1 Overzicht van mogelijke situaties.*

Situatie	Route	Vervoer	Ruimte
Huidig			
Autonome ontwikkeling			
Toekomstig			

Welke routekenmerken (ligging, uitvoering) welke vervoersaantallen en welke ruimtelijke ontwikkeling in de berekening moeten worden verwerkt, wordt besproken in hoofdstuk 4 Modelleren van de bevolking en de modaliteitspecifieke hoofdstukken 9, 10 en 11. In Tabel 3-2 en Tabel 3-3 staan twee voorbeelden van invulling van het schema.

*Tabel 3-2 Bestemmingsplan langs basisnetweg.*

Situatie	Route	Vervoer	Ruimte
Voor planbesluit	Feitelijke ligging	Basisnettabel Rbn	Huidig
Na planbesluit	Feitelijke ligging	Basisnettabel Rbn	Toekomstig

Variant: wanneer nu tijdens de planprocedure er al een tracébesluit ligt voor een wegomlegging moet het externe risico van de nieuwe ruimtelijke ontwikkeling voor de situatie na het planbesluit berekend worden met het nieuwe tracé.

*Tabel 3-3 MER-studie nieuwe infrastructuur.*

Situatie	Route	Vervoer	Ruimte
Huidig	Feitelijke ligging	Huidig	Huidig
Autonome ontwikkeling	Feitelijke ligging	Toekomstig prognose	Toekomstig
Toekomstig	Toekomstig (meer varianten)	Toekomstig prognose	Toekomstig

## 4 Modelling van de bevolking

### 4.1 Algemeen

Het groepsrisico is de kansverdeling van het aantal dodelijke slachtoffers ten gevolge van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit de risicobron, in dit geval een transporteenheid geladen met een gevaarlijke stof. Het groepsrisico wordt berekend op grond van de aanwezigheid van personen in het invloedsgebied. Hierin verschilt de berekening van transportrisico's niet van de berekening van het groepsrisico van stationaire inrichtingen. Het groepsrisico geeft een beeld van de maatschappelijke ontwrichting door ongevallen met gevaarlijke stoffen.

De vraag is nu hoe de aantallen personen voor de berekening worden vastgesteld. Dit kan verschillend zijn, afhankelijk van het kader waarin de risicoanalyse wordt uitgevoerd.

Risicoanalyses worden uitgevoerd met en zonder juridische grondslag. Wanneer haalbaarheidsstudies worden uitgevoerd voor alternatieve uitvoeringsvormen van een bouwplan bepaalt de opdrachtgever wat voor zijn vraagstelling de relevante personen aantallen zijn. Dit geldt eveneens wanneer een veiligheidsregio een risicoanalyse wil uitvoeren om meer inzicht te krijgen in de te verwachten hulpvraag.

Een risicoanalyse wordt uitgevoerd op een juridische grondslag:

- Als element van de verantwoording van het groepsrisico van een ruimtelijk besluit (vaststelling bestemmingsplan, inpassingsplan of omgevingsvergunning met afwijking van het vigerende plan).
- Als element van de verantwoording van het groepsrisico van het verlenen van een omgevingsvergunning.
- Als element van de verantwoording van het groepsrisico van een tracébesluit.

In deze gevallen eist de regelgeving dat de uitkomst van de groepsrisicoberekening wordt vergeleken met de oriëntatiewaarde.

In een risicoanalyse ten behoeve van een besluit worden twee of meer situaties met elkaar vergeleken: de situatie voor het besluit, de situatie na het besluit en eventueel meerdere varianten. Daarmee wordt ook de toe- of afname van het groepsrisico gekwantificeerd. Naast de vergelijking met de oriëntatiewaarde is ook de toename van het groepsrisico een grootte waaraan de regelgeving in bepaalde gevallen consequenties verbindt [3]. De inventarisatie van personen moet op dezelfde principes gestoeld zijn om een goede vergelijking tussen voor en na te kunnen maken.

Wanneer de risicoanalyse binnen een juridisch kader wordt uitgevoerd zijn er wel een tweetal basisregels voor de vaststelling van het aantal personen voor de risicoberekening. Buiten deze regels zijn er "good practices" beschreven waar de risico-analist praktische handvatten kan vinden voor de inventarisatie van personen aantallen [4, 8]. Dit hoofdstuk vat deze samen.

De hoofdregel is dat de gebruikte personen aantallen de mogelijkheden weerspiegelen die het bestemmingsplan biedt. Dit wordt ook wel aangeduid als "redelijkerwijs te



verwachten aantallen personen" [3, 6]. Hoe deze aantallen worden vastgesteld is afhankelijk van de mate van detail van het bestemmingsplan, de bestemmingshoofdgroep en de reeds gerealiseerde capaciteit. Hier is geen vaste regel voor. Een "good practice" is beschreven [8]. De aanpak is nader toegelicht in hoofdstuk 4.2.7.

Omdat geen vaste regel is te geven, moet de risico-analist daarom hierin keuzes maken. Het gaat dan om het aantal aanwezigen in een bepaald bouwobject, de te hanteren kengetallen voor aanwezigheid per m<sup>2</sup> bvo of per hectare e.d. Het bevoegd gezag is hierin leidend.

Voor een QRA is het kwaliteitsaspect dat de keuzes moeten worden gemotiveerd en reproduceerbaar moeten worden gerapporteerd, zie ook de rapportagevereisten in hoofdstuk 7. De tekst van de QRA is veelal een bijlage bij de plantoelichting. De QRA moet worden gearhiveerd met het besluit, inclusief de rekenfiles. De QRA is dan met de daarin neergelegde uitgangspunten voor de personeninventarisatie het ijkpunt voor een binnenplanse wijziging of uitwerking, voor een vernieuwing van het besluit en voor een besluit voor een naastliggend gebied met een overlappend invloedsgebied.

De tweede regel is dat voor groepriscoberekeningen waarvan het resultaat moet te worden vergeleken met de oriëntatiewaarde geldt dat verkeersdeelnemers (gebruikers openbare weg en aanwezigen op een reizigersperron) en gebruikers van de openbare ruimte (zoals een park of een plein) niet worden betrokken in de berekening. Het bevoegd gezag kan als gewenst altijd een groepriscoberekening waarbij alle aanwezigen worden meegeteld mede in zijn oordeel betrekken [4].

Het vervolg van dit hoofdstuk bevat een bespreking van een aantal praktische aspecten van de inventarisatie van personenaantallen voor een groepriscoberekening. Hoofdstuk 4.1 geeft een viertal opties voor de aanpak van de personeninventarisatie. De risicoanalist kan deze of een combinatie daarvan gebruiken, mits de keuzes worden gemotiveerd en reproduceerbaar worden gerapporteerd, De belangrijkste twee bronpublicaties waaruit is geput zijn de referenties [4] en [8].

## **4.2 De bevolkingsinventarisatie in de praktijk**

Het doel van de bevolkingsinventarisatie is het verkrijgen van een juist en volledig beeld van de juridisch aanwezige bevolking. Dit laatste wil zeggen dat het bevolkingsbestand een beeld moet geven van het aantal personen dat zich op enig moment in het invloedsgebied zou kunnen bevinden gegeven de mogelijkheden die het bestemmingsplan biedt.

### **4.2.1 *Het gebied waarbinnen de bevolking moet worden geïnventariseerd***

De regelgeving [3] schrijft voor dat de bevolking binnen het invloedsgebied in de QRA meegenomen moet worden. Het invloedsgebied wordt begrensd door de 1%-letaliteitafstand, gemeten vanuit het hart van de doorgaande sporenbundel of vanuit het hart van de (vaar)weg.

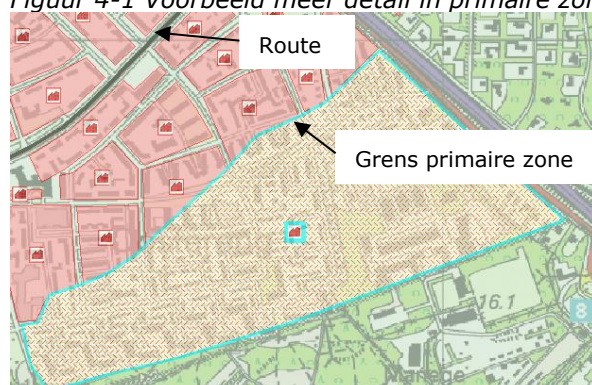
In de praktijk zijn op basis hiervan zeer grote invloedsgebieden mogelijk, waarbij hele dorpen of steden binnen het invloedsgebied vallen. Dit betekent echter niet dat in die gevallen volstaan kan worden met een kleiner invloedsgebied.

Wel geldt hoe kleiner de afstand tussen een bevolkingsvlak en de route hoe groter de bijdrage van het vlak aan het groepsrisico. In de praktijk is voor weg en spoor LPG de stof die het risico bepaalt. Dat betekent dat de inventarisatie van de personen aantallen binnen de effectafstanden voor de belangrijkste LPG-scenario's zo nauwkeurig moet zijn als de beschikbare gegevens toelaten. Dit duiden we aan met de primaire zone groepsrisico. Buiten die afstanden kan worden volstaan met grotere uniforme bevolkingsvlakken, waarbij de dichtheid (personen per hectare) gebaseerd is op feitelijke aanwezigheid. Tabel 4-1 geeft de afstanden vanaf waar een globalere invulling van de bevolkingsaantallen nog een voldoende nauwkeurigheid geeft. Figuur 4-1 geeft een illustratie van de aanpak.

Tabel 4-1 Primaire zone groepsrisico per modaliteit.

Modaliteit	Groepsrisico-bepalende stof	Primaire zone groepsrisico	Afstand inventarisatie
Weg	Brandbaar gas (GF3)	Tot 355 m	Tot 1% overlijden
Spoor	Brandbaar gas (GF3)	Tot 460 m	Tot 1% overlijden
Binnenwater	Toxisch gas (GT3)	Tot 600 m <sup>4</sup>	Tot 1% overlijden

Figuur 4-1 Voorbeeld meer detail in primaire zone groepsrisico.



De invloedsgebieden per stofcategorie zijn weergegeven in Tabel 4-2 (voor toelichting, zie hoofdstuk 5).

<sup>4</sup> Hierbij moet worden bedacht dat een groepsrisico boven 10% van de oriëntatiewaarde bij binnenwatertransport alleen mogelijk is bij zeer hoge vervoersaantallen en personendichtheden, zie de vuistregels in bijlage 1 van de HART.

Tabel 4-2 Invloedsgebied per stofcategorie en modaliteit.

Stofcategorie		Invloedsgebied 1%-letaliteitsafstand (m)		
Weg, water	Spoor	Spoor	Weg	Water
LF1			45	35 <sup>1</sup>
LF2	C3	35	45	35
LT1	D3	375	730	600
LT2			880	880
LT3	D4	>4000	>4000	nvt <sup>2</sup>
LT4			nvt <sup>2</sup>	nvt <sup>2</sup>
GF1			40	nvt <sup>2</sup>
GF2			280 <sup>3</sup>	65
GF3	A	460 <sup>3</sup>	355 <sup>3</sup>	90
GT2			245	nvt <sup>2</sup>
GT3	B2	995	560	1070
GT4	B3	>4000	>4000	nvt <sup>2</sup>
GT5	B3	>4000	>4000	nvt <sup>2</sup>

1. LF1 transporten worden gemodelleerd als 1/13 LF2 transporten.
2. Deze stofcategorie wordt niet (of nauwelijks) in bulk getransporteerd op de (vaar)weg
3. Deze afstanden horen bij het scenario instantaan vrijkomen, vertraagde ontsteking, explosief afbranden van de wolk bij weersklasse D5, overlijden van personen in een gebouw (binnen). In theorie wordt voor weersklasse D9 een grotere afstand bereikt. Omdat bevolkingsvlakken buiten 355 m het groepsrisico alleen beïnvloeden bij onrealistisch hoge personen aantallen is in de praktijk de genoemde afstand ruim voldoende.

In de rapportage van de QRA moet worden verantwoord hoe het populatiebestand is gevuld en met welke uitgangspunten is gewerkt.

#### 4.2.2 Inventarisatie algemeen

In RBM II worden de volgende bevolkingstypen onderscheiden:

- Woonbebouwing, tussen 08.00 uur en 18.30 (meteorologische dag) en gedurende 18.30 uur en 08.00 uur (meteorologische nacht)
- Bedrijven (dagdienst)
- Bedrijven (continu dienst)
- Evenementen (op werkdagen)
- Evenementen (in het weekend)

De aanwezigheid van personen verschilt per moment van de dag: in kantoren bijvoorbeeld zijn doorgaans alleen overdag mensen aanwezig. Voor kwantitatieve risicoanalyses wordt hiertoe onderscheid gemaakt tussen de aanwezigheid gedurende de jaargemiddelde meteorologische dag (08:00 tot 18:30 uur) en nacht (18:30 uur tot 08:00 uur) [9, 10].

Evenementen worden gekarakteriseerd door het aantal aanwezigen, het aantal evenementen per jaar, de duur per evenement gedurende dag en/of nacht en de fractie bevolking buiten overdag en 's nachts.

#### 4.2.3 *Inventarisatiemethoden*

Voor de inventarisatie van personen in de omgeving zijn meerdere gegevensbronnen beschikbaar variërend in mate van detail:

- Inventarisatie bevoegd gezag (gemeente)
- BAG
- Bestemmingsplannen

In alle situaties geldt dat allereerst moet worden nagegaan of de te beoordelen ontwikkeling reeds eerder onderwerp van onderzoek is geweest, dan wel is gelegen binnen de inventarisatiezone van een nabij gelegen onderzochte ontwikkeling. Is dit het geval dan kan worden uitgegaan van de bevolkingsgegevens die zijn gehanteerd in de QRA die ten grondslag heeft gelegen aan het reeds vastgestelde besluit. Het daarbij gebruikte RBM II-bestand is dan het vetrekpunt voor de inventarisatie. Uiteraard moeten deze gegevens gecontroleerd worden en waar nodig aangevuld met recentere data.

In de praktijk zal het uiteindelijke bebouwingsbestand bestaan uit een combinatie van de hierboven genoemde gegevensbronnen. In hoofdstuk 4.2.7 wordt een mogelijke werkwijze voor bevolkingsinventarisatie beschreven.

##### *Inventarisatie bevoegd gezag (gemeente)*

Het bevoegd gezag (gemeente) beschikt in de regel over gedetailleerde kennis van de lokale situatie. Naast de gebouwbezetting gaat het bijvoorbeeld ook om frequentie en duur van evenementen. Waar mogelijk kan voortgeborduurd worden op gegevensverzameling die reeds heeft plaatsgevonden in het kader van eerdere studies.

##### *BAG*

De BAG is een publiekelijk toegankelijk online geografisch informatie systeem (GIS) waarmee informatie uit de Basisregistratie Adressen en Gebouwen kan worden ontsloten ([www.pdok.nl](http://www.pdok.nl)). De BAG bestaat uit polygonen met daaraan gekoppeld informatie op gebouwniveau over o.a. status (bv 'in gebruik') en gebruiksoppervlakte. Daarnaast bevat het informatie op adresniveau (als punt en als polygoon), zoals verblijfsfunctie.

In combinatie met kengetallen zoals genoemd in hoofdstuk 4.2.4. kan per gebouw een inschatting gemaakt worden van het aantal aanwezigen in de dag en – nachtperiode. De BAG kan worden geraadpleegd als WMS-laag (Web Map Service), maar voor het bewerken van de gegevens en het maken van analyses is het noodzakelijk deze als WFS-laag (Web Feature Service) te downloaden. Daarbij wordt hetgeen zichtbaar is in het scherm plus de onderliggende informatie als bestanden lokaal opgeslagen. Onder bepaalde voorwaarden kan een landsdekkende geodatabase worden gedownload.

Om van deze mogelijkheid gebruik te maken is de beschikking over een GIS-toepassing een vereiste. Naast professionele programma's zijn er tal van vrij verkrijgbare applicaties op het internet te vinden.

### *Bestemmingsplannen*

Net als de BAG is ook bestemmingsplaninformatie online beschikbaar. Via [www.ruimtelijkeplannen.nl](http://www.ruimtelijkeplannen.nl) kan allerlei bestemmingsplaninformatie worden ingezien of gedownload. Het gaat daarbij om bijvoorbeeld de verbeelding, planregels en de aan het plan ten grondslagliggende milieuonderzoeken zoals externe veiligheid. Opgemerkt wordt dat niet alle besluiten even volledig gedocumenteerd zijn. Bovendien is de mate van detail van de beschikbare gegevens sterk afhankelijk van het karakter van het bestemmingsplan.

In combinatie met kengetallen zoals genoemd in hoofdstuk 4.2.4. kan per gebouw of gebiedstype een inschatting gemaakt worden van het aantal aanwezigen in de dagen nachtperiode.

#### 4.2.4 *Gebruik van kengetallen*

Wanneer directe informatie over aantallen aanwezigen niet beschikbaar is, zal gebruik gemaakt moeten worden van kengetallen. Deze kengetallen kunnen ook gehanteerd worden om de redelijkerwijs te verwachten aanwezigen te detailleren van geldende bestemmingsplannen, zoals aangegeven in hoofdstuk 4.2.5. In het vervolg van dit hoofdstuk wordt hierop nader ingegaan.

#### *Kengetallen objectniveau*

Primair moet worden uitgegaan van de kengetallen in Tabel 4-3 [4].

*Tabel 4-3 Kengetallen aantal aanwezigen per functie uit [4].*

<b>Functie</b>	<b>Aantal personen</b>	<b>Eenheid</b>
Wonen	2,4	Per woning
Werken (industrie/bedrijvigheid)	1	Per 100 m <sup>2</sup> b.v.o. <sup>1</sup>
Werken (kantoren)	1	Per 30 m <sup>2</sup> b.v.o.
Winkels <sup>2</sup>	1	Per 30 m <sup>2</sup> b.v.o.
Scholen <sup>3</sup>	1,1	Per leerling

1. b.v.o.: bruto vloer oppervlak
2. Het kengetal voor winkels bestaat uit personeel én bezoekers
3. Bij scholen moet uitgegaan worden van de capaciteit van de school, en niet van het scholierenbestand
4. Niet genoemde functies, zoals ziekenhuizen, verschillen doorgaans sterk onderling en moeten specifiek worden beoordeeld. Voor een aantal van deze functies kan daarbij gebruik worden gemaakt van aannames en uitgangspunten uit [11]

Verkeersdeelnemers worden niet meegenomen in de groepsrisicoberekening, maar kunnen in een aanvullende berekening wel worden meegenomen ten behoeve van de preparatie van de brandweer [4].

#### *Kengetallen gebiedniveau*

Wanneer een plan alleen functioneel is ingevuld op gebiedsniveau kan gebruik gemaakt worden van de uitgangspunten in Tabel 4-4 [4]. Deze uitgangspunten kunnen de bevolkingsinventarisatie vereenvoudigen, omdat één aanname voor een groter gebied kan worden gehanteerd.

Tabel 4-4 Aanvullende kengetallen populatie voor grote homogene

Gebiedstype		Dichtheid (pers/ha)
Woongebied	Natuurgebied	0
	Buitengebied	1
	Incidentele woonbebouwing	5
	Rustige woonwijk	25
	Drukke woonwijk	70
	Stadsbebouwing met hoogbouw	120
Industriegebied(productie, distributie etc.)	Lage personeelsdichtheid	5
	Gemiddelde personeelsdichtheid	40
	Hoge personeelsdichtheid	80
Kantoreengebied	Kantoren (hoogbouw)	200
Recreatiegebied	Camping, bungalowpark	60-200 <sup>1</sup>

- De genoemde dichtheid geldt voor het zomerseizoen en mag niet over het jaar gemiddeld worden. De te kiezen dichtheid hangt af van de exacte functie: bijv. ruim opgezette camping 60 pers/ha, overige campings 130 pers/ha, bungalowterrein 180 pers/ha, caravanterrein 200 pers/ha [11].

#### *Verschillen in aanwezigheid dag en nacht*

In Tabel 4-5 zijn percentages voor de verdeling van personen over de meteorologische dag en nacht weergegeven. De factoren zijn overgenomen uit [4]. Deze correctiefactoren moeten ook bij de bepaling van de redelijkerwijs te verwachten aantallen personen worden gebruikt als wordt uitgegaan van de vermelde generieke kengetallen. Als het bestemmingsplan volcontinu bedrijven toelaat, moet hiermee gerekend worden, ook als in de huidige situatie alleen overdag werknemers aanwezig zijn; dit kan immers eenvoudig veranderen als een ander bedrijf zich vestigt.

Tabel 4-5 Verdeling over de dag en de nacht [4]

Object	Dag	Nacht
Woningen	0.5	1
Onderwijsinstellingen (dag)	1	0
Kantoren en bedrijven (dag)	1	0
Volcontinu bedrijven <sup>1</sup>	Zie punt 1	
Recreatie en evenementen <sup>2</sup>	Zie punt 2	
Overig <sup>3</sup>	Zie punt 3	

- Bedrijven waar volcontinu gewerkt wordt, bestaan vaak uit een combinatie van een kantoor, waar alleen overdag werknemers zijn, en een productieafdeling, waar dag en nacht mensen aanwezig zijn in ploegendienst. Dit kan worden ingevoerd als een aparte kantoorbezetting (aanwezigheidsfactor 1 voor de dag en 0 voor de nacht) plus een bezetting van een ploegendienst. Eenzelfde benadering kan ook worden toegepast voor bijvoorbeeld zorginstellingen en gevangenissen.
- Personen in recreatiegebieden moeten worden meegenomen in de berekening. Dit wordt gedaan door verschillende tijdsperiodes te definiëren met verschillende aantallen aanwezigen, rekening houdend met de gewenste nauwkeurigheid. Ook evenementen waarbij gedurende korte tijd veel mensen aanwezig zijn, bijvoorbeeld in stadions, worden op deze wijze meegenomen. Als richtlijn geldt dat de aanwezigheid van een grote groep mensen niet hoeft te worden meegenomen in de groepsrisicoberekening als het product van de som van de frequenties van de rele-

vante scenario's en de fractie van de tijd waarin een grote groep mensen aanwezig is, kleiner is dan  $10^{-9}$  per jaar [4].

3. Voor overige specifieke situaties, zoals grote winkelcentra, horeca en avondonderwijs, moet per situatie be-  
schouwd worden in hoeverre gerekend moet worden met een dagaanwezigheid en/of nachtaanwezigheid, dan wel  
gerekend moet worden als een evenement met een piekbezetting. In het laatste geval moet de tijdscorrectie  
plaats vinden via de tijdsduur van aanwezigheid en niet via het aantal aanwezigen [4].

#### 4.2.5 *Redelijkerwijs te verwachten aanwezigheid*

Bij de inventarisatie van de bevolking moet uitgegaan worden van de feitelijke situa-  
tie van de in dat gebied reeds aanwezige personen en dit moet worden aangevuld  
met de personen die op grond van de geldende bestemmingsplannen redelijkerwijs  
te verwachten zijn. De reden hiervoor is dat de vigerende plannen nieuwe bouwob-  
jecten mogelijk maken. In die gevallen is de plancapaciteit groter dan de actueel  
aanwezige bevolking. Dit betekent dat informatie over de bestemmingsplannen bin-  
nen het invloedsgebied en met name binnen de primaire zone groepsrisico (zie Tabel  
4-1) essentiële basisinformatie is voor een risicoanalyse.

Bij het beoordelen van de redelijkerwijs te verwachten aanwezigheid gaat het niet  
alleen om nieuwe projecten die nog niet ontwikkeld zijn of braakliggende terreinen  
met een bestemming. Het kan ook gaan om nog niet ingevulde capaciteit in bestaan-  
de, bebouwde gebieden [4]. Zo is de redelijkerwijs te verwachten aanwezigheid in  
oude bestemmingsplannen vaak erg groot, omdat destijds weinig restricties werden  
opgenomen ten aanzien van de mogelijke bestemmingen in het gebied. In een der-  
gelijk geval is weliswaar bestaande bebouwing (en dus bevolking) aanwezig, maar is  
de te verwachten aanwezigheid groter. Het bestemmingsplan laat dus meer personen  
toe dan momenteel wordt benut met de aanwezige bebouwing. Ook met deze redelij-  
kerwijs te verwachten aanwezigheid moet rekening gehouden worden, aangezien een  
bouwvergunning (omgevingsvergunning) niet geweigerd kan worden en er zonder  
problemen een nieuw object kan worden ontwikkeld.

Het is overigens niet de verwachting dat bestaande bebouwing in binnenstedelijke  
gebieden zal worden opgevuld tot de maximaal mogelijke aanwezigheid.

Het kan tevens voorkomen dat zich ergens objecten bevinden die niet passen binnen  
het bestemmingsplan. Deze objecten kunnen illegaal zijn gebouwd of ze zijn "wegbe-  
stemd" in het nieuwe bestemmingsplan, met als doel een andere functie te realiseren  
zodra de huidige eigenaar vertrekt. Deze objecten moeten wél meegenomen worden  
in de bevolkingsinventarisatie, omdat ze over het algemeen nu wel legaal aanwezig  
zijn.

Als de situatie inclusief de te verwachten aanwezigheid sterk afwijkt van de werkelijk-  
ke situatie kan dat aanleiding zijn om twee berekeningen uit te voeren: één op basis  
van de mogelijkheden die het plan biedt en één op basis van de werkelijk aanwezige  
bevolking. Alleen de eerste is verplicht.

#### 4.2.6 *Huidige en toekomstige situatie*

Het bebouwingsbestand moet voor zowel de huidige situatie als de toekomstige situ-  
atie worden uitgewerkt. In het bebouwingsbestand van de huidige situatie worden  
alle huidige aanwezigen gemodelleerd plus de personen die bij volledige realisatie

van de ontwikkelingsmogelijkheden in het huidige bestemmingsplan in het invloedsgebied redelijkerwijs aanwezig zullen zijn (redelijkerwijs te verwachten aanwezigheid)<sup>5</sup>. In het toekomstige bebouwingsbestand wordt de aanwezigheid aangepast voor het plangebied waarop het besluit betrekking heeft.

In beide gevallen gaat het niet alleen om personen die geregistreerd zijn in de gemeentelijke basisadministratie, maar om alle personen die redelijkerwijs gesproken aanwezig zijn.

#### 4.2.7 *Voorbeeld inventarisatieschema*

Een mogelijke werkwijze voor de omgevingsinventarisatie is gegeven in [8] waarin diverse inventarisatiemethoden worden beschreven en beoordeeld. Geconcludeerd wordt dat de combinatie van methoden de meest doelmatige inventarisatiemethode opgeleverd. Deze combinatie wordt weergegeven in onderstaand schema:

In een gedetailleerd bestemmingsplan zijn per bouwobject exact de bouwvlakken opgenomen. In een flexibel bestemmingsplan is een gebied weliswaar naar functie bestemd, maar zijn de bouwvlakken nog groot en de bouwhoogtes generiek. Binnen de hoofdgroep bv. bedrijventerrein zijn nog vele soorten bedrijvigheid mogelijk. Voorbeelden zijn te vinden in [8].

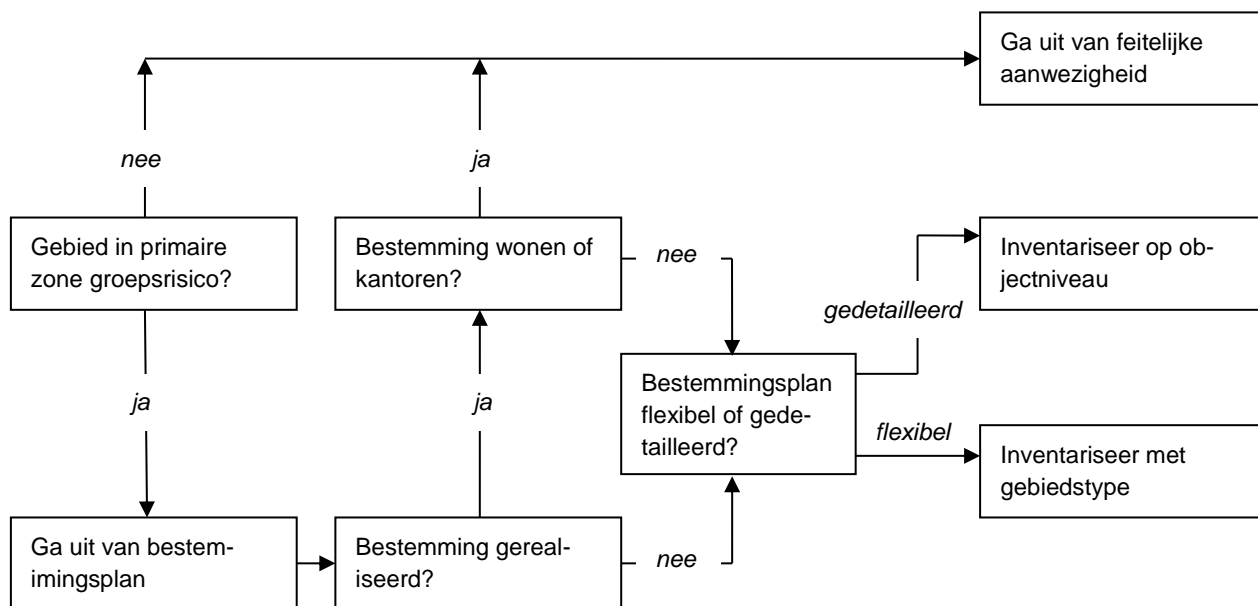
Daar zijn tevens kengetallen opgenomen die in grote lijnen overeenkomen met die in Tabel 4-3 en Tabel 4-4.

*Tabel 4-6* vat deze samen. Voor de omgevingsinventarisatie is het bestemmingsplan leidend.

*Figuur 4-2 Schema voor bevolkingsinventarisatie, ontleend aan [8].*

<sup>5</sup> Voor omgevingsbesluiten moet daarbij uit worden gegaan van reeds vastgestelde bestemmingplannen. Bij infra-besluiten is het good practice om ook de de ter inzage liggende (ontwerp)bestemmingsplannen mee te nemen.





Tabel 4-6 Kengetallen populatie [8].

Bestemming		Gebiedstype	Objectniveau
B	Bedrijf	Nvt	Kantoren: 1/30 m <sup>2</sup> b.v.o. Bedrijf: 1/100 m <sup>2</sup> b.v.o.
BT	Bedrijventerrein	5, 40 of 80 pers/ha	Nvt
C	Centrum	120 pers/ha	Kantoren: 1/30 m <sup>2</sup> b.v.o. Detailhandel: 1/40 m <sup>2</sup> b.v.o.
CO	Cultuur en ontspanning	Nvt	Specifiek
DH	Detailhandel - Grootschalig	120 pers/ha	1/40 m <sup>2</sup> b.v.o. 1/100 m <sup>2</sup> b.v.o.
DV	Dienstverlening	Nvt	1/30 m <sup>2</sup> b.v.o.
GD	Gemengd	Specifiek	Kantoren: 1/30 m <sup>2</sup> b.v.o. Detailhandel: 1/40 m <sup>2</sup> b.v.o.
H	Horeca	Nvt	Specifiek
K	Kantoor	200 pers/ha	Kantoren: 1/30 m <sup>2</sup> b.v.o.
M	Maatschappelijk	Nvt	Specifiek
R	Recreatie - Met overnachting	25 pers/ha 200 pers/ha	Nvt
S	Sport	25 pers/ha	Specifiek
W	Wonen	Nvt	2,4 personen/wooneenheid
WG	Woongebied	25, 70 of 120 pers/ha	Nvt

### **4.3 Bijzondere situaties in de bevolking**

#### *4.3.1 Bevolking boven een tunnel*

Hoe er gerekend moet worden in situaties waarbij zich bevolking bevindt in bebouwing boven een tunnel wordt toegelicht in hoofdstuk 5.2.7. De bevolking wordt geïnventariseerd en gemodelleerd zoals in het voorgaande beschreven.

#### *4.3.2 Bevolking boven een transportroute*

De bevolking boven een transportroute wordt geïnventariseerd zoals eerder in dit hoofdstuk is beschreven.

#### *4.3.3 Bevolking in gemengde functies of meerdere functies op dezelfde locatie*

Sommige bestemmingsplannen maken verschillende functies mogelijk. De verschillende functies moeten in afzonderlijke lagen gemodelleerd worden.

### **4.4 Evaluatie RO-maatregelen**

Bij omgevingsbesluiten kan aan de orde zijn dat ter beperking van het groepsrisico aanpassingen in het ruimtelijk plan doorgerekend moeten worden. Deze aanpassingen kunnen betrekking hebben op de functie, bouwhoogte, bebouwd oppervlakte, bebouwingsdichtheid en afstand tot de route. Om deze aanpassingen juist terug te zien in de berekeningsresultaten is het van belang dat de bevolking voldoende gedetailleerd is geïnventariseerd en gemodelleerd en overeenstemt met de mogelijkheden die het plan biedt. Opgemerkt moet worden dat sommige aanpassingen het verplaatsen van functies of gebouwen betreft; als dit leidt tot af- of toename van de bevolkingsdichtheid elders moet dit ook in op die locatie(s) gemodelleerd worden. Met andere woorden, wat er aan de ene kant bijkomt, gaat er mogelijk aan de andere kant af.

## 5 Modelling transportroutes

In dit hoofdstuk wordt omschreven welke gevaarlijke stoffen in de risicoanalyse beschouwd moeten worden en hoe de transportroute gemodelleerd moet worden.

### 5.1 Vervoerde stoffen

#### 5.1.1 Stofcategorieën en voorbeeldstoffen

De verscheidenheid aan vervoerde stoffen over de transportroutes is zo groot, dat een risicoanalyse per stof zeer arbeidsintensief zal zijn. Uit praktische overwegingen zijn de stoffen in een beperkt aantal stofcategorieën samengenomen en wordt in de risicoanalyse een voorbeeldstof per stofcategorie gehanteerd. De indeling van de stofcategorieën en voorbeeldstoffen is zodanig gekozen dat deze voldoende representatief en conservatief zijn en zoveel als mogelijk overeenkomen met de meest vervoerde stoffen [12]. De in de risicoberekening te hanteren voorbeeldstoffen zijn opgenomen in Tabel 5-1 [13]. Achtergrondinformatie over de verschillen is opgenomen in [14, 15]. LNG wordt volgens methodiek II [12] ingedeeld in stofcategorie GF0. Om recht te doen aan de risico's van LNG moet LNG voorlopig als GF3/A stof behandeld worden en met de voorbeeldstof propaan worden doorgerekend.

Tabel 5-1 Voorbeeldstoffen per stofcategorie en modaliteit [13].

Stofcategorie		Voorbeeldstof
Weg/vaarwegen Methodiek II	Spoor Methodiek I	
GF1		Ethyleenoxide
GF2		n-Butaan
GF3	A	Propaan
GT2		Methylmercaptaan
GT3	B2	Ammoniak
GT4/GT5	B3	Chloor
LF1		Heptaan
LF2	C3	Pentaaan
LT1	D3	Acrylnitril
LT2		Propylamine
LT3	D4	Acroleïne
LT4		Methylisocyanaat

De indeling van de gevaarlijke stoffen in stofcategorieën bij methodiek I (spoor) is gebaseerd op de GEVI-code van de stof, zie Tabel 9-1.

De indeling van de gevaarlijke stoffen in stofcategorieën bij methodiek II (weg, water) is gebaseerd op de aggregatietoestand (L = liquid, G = gas), brandbaarheid (F =

flammable), toxiciteit (T = toxic) en vluchtigheid van de stof. Een hoger getal (1, 2, etc.) achter de lettercode duidt op een hoger gevaar, dus is een stof in bijvoorbeeld stofcategorie GT3 een toxischer gas dan een stof in stofcategorie GT2. Voor het transport over water worden daarnaast ook enkele aanvullende stoffeigenschappen bij de indeling gebruikt: de oplosbaarheid, reactiviteit met water en dichtheid t.o.v. water [12].

Sommige stoffen zijn zowel toxisch als brandbaar. In de QRA moet aandacht worden besteed aan beide aspecten. In principe moeten deze stoffen worden gemodelleerd op grond van hun toxische eigenschappen zolang de wolk nog niet ontstoken is en op grond van hun brandbare eigenschappen zodra de wolk ontsteekt. Voor het transport over de weg en op het water is dit al verwerkt in de jaarintensiteiten, doordat de stof eerst in een combinatie stofcategorie (bijv. LF1/LT2) wordt ingedeeld. Bij het omwerken van de in stofcategorieën geregistreerde transporten naar de jaarintensiteiten worden deze combinatie categorieën voor 100% meegeteld in de categorie brandbaar<sup>6</sup> en voor (1-directe ontstekingskans) × 100% meegeteld in de categorie toxisch [16]. Voor spoor is dit in beperkte mate verwerkt in de jaarintensiteiten. De meest vervoerde stof over het spoor die zowel brandbaar als toxisch is betreft acrylnitril. De stofcategorie toxische vloeistof D3 omvat uitsluitend deze stof. Alleen het toxische aspect van deze stof wordt beschouwd. Het brandbare aspect wordt alleen bij de bepaling van de kans op een warme BLEVE meegenomen (zie hoofdstuk 9.5.4).

### 5.1.2 *Overige gevaarlijke stoffen*

In de risicoberekening worden uitsluitend de transporten in bulk (tankwagens, ketelwagens, tankcontainers, vaste scheepstanks, etc.) van brandbare en/of toxische tot vloeistof verdichte gassen en brandbare en/of toxische vloeistoffen beschouwd. Vervoer van ontplofbare stoffen en radioactieve stoffen wordt op dit moment in de berekeningen niet meegenomen.

## 5.2 **Modellering van de transportroute**

### 5.2.1 *Lengte van de transportroute*

Bij het uitvoeren van een risicoberekening is het van belang dat de ingevoerde transportroute minstens dezelfde lengte heeft als het interessegebied (plangebied of nieuw tracé). De minimale lengte bij een infrabesluit is de lengte van de transportroute uit het besluit plus een kilometer aan weerszijden. De minimale lengte van de transportroute bij een omgevingsbesluit is de lengte van de nieuwe ruimtelijke ontwikkeling plus een kilometer aan weerszijden<sup>7</sup>. Dus wanneer de te onderzoeken ruimtelijke ontwikkeling of nieuw tracé een lengte heeft van 400 meter, moet in totaal 2400 meter transportroute gemodelleerd worden. Dit is in Figuur 5-1 schematisch weergegeven voor een omgevingsbesluit.

Het invloedsgebied is gelijk aan de gemodelleerde transportroute plus de maximale 1% letaliteitafstand van de stofcategorieën die over de transportroute vervoerd worden rondom deze route. Dus wanneer in Figuur 5-1 de transportroute een weg is

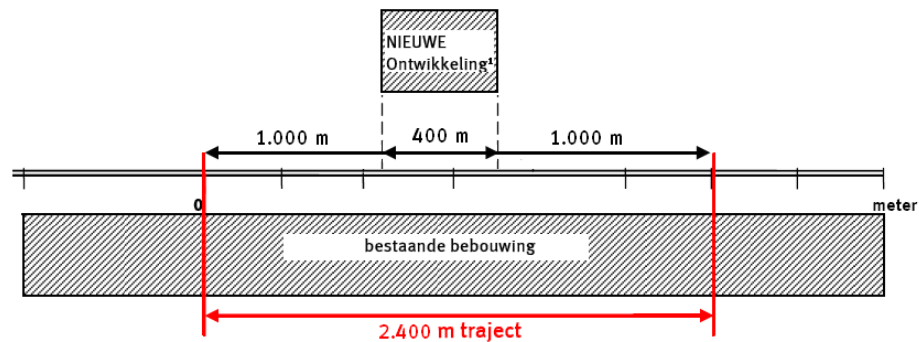
<sup>6</sup> In de risicoanalyse zelf wordt de kans op ontsteking in rekening gebracht.

<sup>7</sup> Achtergrond is dat de kilometer met het hoogste groepsrisico wordt bepaald en dat deze kilometer ook betrekking heeft op de nieuwe ruimtelijke ontwikkeling.

waarover LF1, LF2, GF3 en LT2 vervoerd worden (LT2 heeft grootste 1% letaliteitafstand van 880 meter, zie Tabel 4-1), dan wordt het invloedsgebied 1760 bij 4160 meter.

Wanneer een risicoanalyse moet worden uitgevoerd voor een invloedsgebied dat groter is dan het rekenprogramma aan kan moet het rekengebied zodanig worden opgedeeld in deelgebieden dat er steeds een overlap ter grootte van de 1% letaliteitafstand van de risicobepalende stofcategorie zit tussen de opeenvolgende deelgebieden<sup>8</sup>.

*Figuur 5-1 Voorbeeld bepaling minimale lengte van de te modelleren transportroute bij een ruimtelijk besluit.*



<sup>1</sup> Lees: locatie planontwikkeling (zowel vervoersbesluiten als RO-besluiten)

### 5.2.2 Breedte van de transportroute

De breedte van de transportroute is van belang voor de modellering van de uitstroomlocaties over de breedte van de route (zie hoofdstuk 5.2.5). Voor de breedte wordt uitgegaan van de afstand tussen de randen van het tracé.

In het geval van een spoorbaan betekent dit dat de breedte van de spoorbundel wordt afgebakend tot de ruimte tussen de buitenste sporen van de spoorbundel voor het doorgaand verkeer. Deze breedte is voor de basisnetroutes spoor opgenomen in de bijlage bij de Rbn [5]. Voor wegen zijn de buitenste kantstrepen van de doorgaande rijbanen bepalend voor de breedte van de te modelleren route.

Voor vaarwegen is de breedte gegeven door de begrenzingslijnen van de vaarweg zoals opgenomen in de legger Rijkswaterstaatwerken, toegankelijk via Rijkswaterstaat.nl (zie ook hoofdstuk 11.2.2).

<sup>8</sup> Als zou worden uitgegaan van de maximale 1%-letaliteitafstand van de vervoerde stofcategorieën, zou dit kunnen leiden tot een onrealistische grote overlap. De berekeningen voor basisnet spoor geven aan dat een overlap van 500 meter voor RBM II werkbaar is.

### 5.2.3 *Brede ongebruikte ruimte tussen de beide rijrichtingen*

Bij wegen bestaan situaties waarbij tussen de twee vervoersrichtingen een gebied ligt dat niet gebruikt wordt voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Denk hierbij aan een middenberm. Wanneer deze ongebruikte ruimte tussen de vervoersrichtingen méér dan 25 meter<sup>9</sup> bedraagt moeten de beide vervoersrichtingen als aparte trajecten gemodelleerd worden.

### 5.2.4 *Ligging transportroute*

De standaardsituatie in de QRA betreft een doorgaande volledige open transportroute op maaiveldniveau, met een gelijkmatige verdeling van de transporten over de transportrichtingen.

De (beperkte) mogelijkheid om afwijkende situaties, zoals verhoogde en verdiepte ligging, te modelleren of qua effect op risico in te schatten wordt in module C per modaliteit toegelicht, zie hoofdstuk 9.6 voor het spoor, 10.6 voor de weg en 11.6 voor vaarwegen.

### 5.2.5 *Uitstroompunten*

Het risico langs de transportroute wordt berekend door de uitstromingen in zowel de lengte als de breedte over de transportroute te verdelen. Hiertoe worden uitstroompunten (ongevalspunten) zodanig over de transportroute verdeeld, dat zowel het plaatsgebonden risico als groepsrisico zo goed mogelijk berekend worden zonder dat de rekentijd onnodig lang wordt. Vanwege kenmerkende verschillen in de routes van modaliteiten verschilt de afstand tussen de uitstroompunten per modaliteit [13].

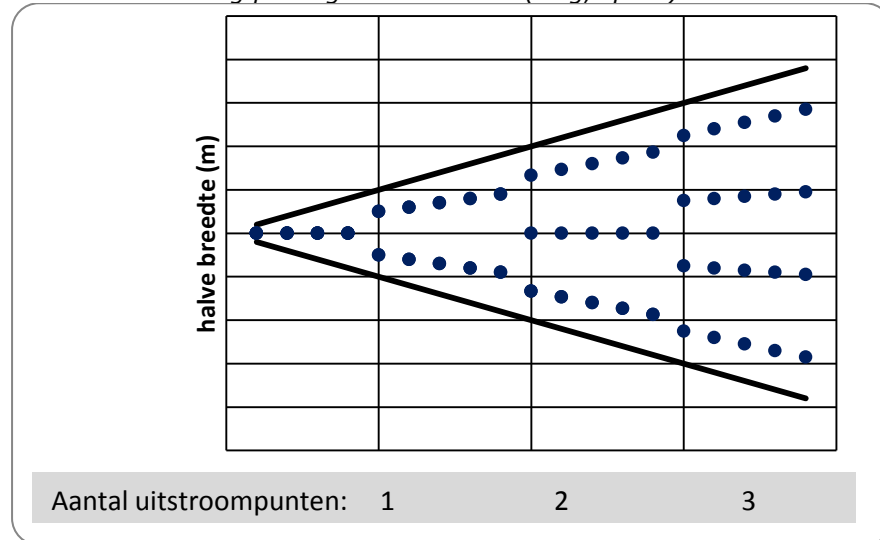
Bij spoor en weg bedraagt de afstand tussen de uitstroompunten bij de berekening van het plaatsgebonden risico maximaal 10 m. (Dus bij een breedte tot 10 m wordt één uitstroompunt gebruikt, bij een breedte tussen 10 en 20 meter 2 uitstroompunten, enz. en deze worden elke 10 m in de lengte van de route gemodelleerd, zie ook Figuur 5-2). Bij de berekening van het groepsrisico wordt gebruik gemaakt van uitstroompunten met een onderlinge afstand van maximaal 25 meter.

Bij vaarwegen wordt voor de berekening van het plaatsgebonden risico gerekend met een maximale afstand tussen de uitstroompunten van 25 m, voor de berekening van het groepsrisico wordt gerekend met een maximale afstand tussen de uitstroompunten van 50 m.

De ongevalsfrequentie die aan elk uitstroompunt wordt toegekend is gelijk aan de ongevalsfrequentie die behoort bij de transportroute, vermenigvuldigd met de lengte van de transportroute gedeeld door het totaal aantal uitstroompunten dat op de transportroute gemodelleerd is.

<sup>9</sup> De keuze voor 25 m is gebaseerd op de onderlinge afstand van de uitstroompunten. Om te voorkomen dat ongevallen in de middenberm gemodelleerd worden, moeten rijbanen die meer dan 25 m uit elkaar liggen apart van elkaar gemodelleerd worden, zie ook [13].

*Figuur 5-2 Verdeling van uitstroompunten over de breedte van de transportroute voor de berekening plaatsgebonden risico (weg, spoor).*



### 5.2.6 *Deeltrajecten*

De te evalueren transportroute op de weg, spoorweg, of vaarweg wordt een route genoemd. Deze route wordt gemodelleerd met één of meerdere trajecten. De risicobepalende kenmerken van een traject mogen binnen een traject niet variëren, dus elk traject heeft één vaste transportsamenstelling, ongevalfrequentie, breedte, etc. Wel kan het traject met een veelvoud aan coördinaatpunten ingevoerd worden, zodat de werkelijke ligging van de transportroute zo goed mogelijk gemodelleerd wordt. In module C hoofdstuk 9 voor het spoor, 10 voor de weg en 11 voor vaarwegen zijn de kenmerken van de routes en trajecten nader uitgewerkt.

### 5.2.7 *Tunnels / overkappingen*

Een gesloten tunnel is een bijzondere situatie omdat de tunnel een afschermdende werking heeft en de effecten van sommige uitstromingen in de tunnel zich door de tunnel zullen verplaatsen en bij de tunnelmonden naar buiten zullen komen. De risico's zullen daardoor ter hoogte van (naast) de tunnel lager kunnen zijn en bij/in ver-lengde van de tunnelmonden hoger.

Onder tunnels worden in dit hoofdstuk verstaan: constructies, zoals gedefinieerd in de Wet aanvullende regels veiligheid wegtunnels (Warvw, 2013), en de vergelijkbare constructies voor spoor, beiden met de minimale lengte van 250 meter. Dit geldt alleen voor geheel gesloten constructies langer dan 250 meter (dus zonder bij voorbeeld ventilatieopeningen en dergelijke). Voor de constructies, die niet voldoen aan de bovengenoemde beschrijving is de hieronder voorgestelde werkwijze niet van toepassing.

Door TNO is onderzoek uitgevoerd naar de effecten van ongevallen van gevaarlijke stoffen in tunnels op de omgeving [17]. Vervolgens is door AVIV in een consequentieonderzoek de bijdrage aan de EV-risico's onderzocht [18].

Uit deze analyse blijkt dat de extra risico's ten gevolge brandbare gassen (en brandbare vloeistoffen) ter hoogte van de tunnel en bij de tunnelmonden te verwaarlozen zijn.

Wat toxische stoffen betreft, zouden deze stoffen bij grote hoeveelheden transporten van toxische vloeistoffen (of gassen) wel tot vergroting van de risicocontouren bij de tunnelmonden kunnen leiden. Bij geringe hoeveelheden van deze transporten, zijn deze risico's te verwaarlozen.

Bij tunnels waar veel transport van toxische stoffen plaatsvindt, is het extra risico bij de tunnelmonden t.g.v. ongevallen in de tunnel met de toxische stoffen niet verwaarloosbaar.

Bij het vaststellen van het Basisnet is rekening gehouden met de aanwezigheid van tunnels, maar er is niet gerekend voor de omgeving van de tunnels. Gezien de beschermende werking van de tunnel, is in het Besluit externe veiligheid transportroutes echter opgenomen, dat er geen rekening hoeft worden gehouden met PR-plafond op gronden die zijn gelegen parallel aan een tunnel.

In deze handleiding wordt daarom de volgende werkwijze voorgesteld voor de tunnels, die voldoen aan de bovengenoemde beschrijving:

- Zet in de berekening het aantal transporten in het tunneldeel op 0.
- Voor de brandbare vloeistoffen en gassen kunnen effecten bij de tunnelmonden worden verwaarloosd.
- Bij vervoer van de grote hoeveelheden van toxische stoffen is maatwerk noodzakelijk. Op dit moment voorziet HART en ook het RBM II-pakket niet in, omdat het inzicht daarvoor thans ontbreekt. In overleg met het RIVM zal onderzocht worden in hoeverre een kwantitatieve benadering nodig c.q. mogelijk is.

Voor de lichtere constructies, zoals overkappingen bij spoor, of andere constructies en tunnels, die niet voldoen aan de bovengenoemde definitie van een tunnel zijn de effecten voor de omgeving niet te verwaarlozen. Daarom moeten deze worden berekend als open weg.



## 6 Modelling van de scenario's

Bij het transport van gevaarlijke stoffen kunnen verschillende soorten ongevallen optreden. Wanneer meer dan 100 kg van een gevaarlijke stof uitstroomt, kunnen er effecten buiten de transportroute optreden en kan de uitstroming bijdragen aan het externe veiligheidsrisico. Om de rekentijd niet onnodig lang te laten worden, worden alleen mogelijke relevante uitstromingen, dus uitstromingen van méér dan 100 kg, met een beperkt aantal representatieve standaard scenario's gemodelleerd. Voor de QRA berekening moet gebruik gemaakt worden van deze standaard scenario's.

Hoofdstuk 6.1 geeft een algemene beschrijving van de standaard scenario's per modaliteit en hoofdstuk 6.2 geeft per stofcategorie de vervolggebeurtenissen weer. In module C hoofdstuk 9 voor het spoor, hoofdstuk 10 voor de weg en hoofdstuk 11 voor vaarwegen worden de modaliteitspecifieke parameters en een gedetailleerdere beschrijving van de standaard te beschouwen ontwikkelingen en effecten gegeven.

Voor de modellering van de effecten en risico's ten aanzien van de uitstromingen van gevaarlijke stoffen moeten de effect- en schademodelen worden toegepast die in bijlage 3 zijn beschreven. Deze methodes en modellen zijn grotendeels ontleend aan de gekleurde boeken [10, 11, 19]. Hoofdstuk 6.3 geeft een overzicht van de generieke modelparameters die niet verschillen per modaliteit.

### 6.1 Scenario's

Bij het transport van gevaarlijke stoffen over transportroutes kunnen door verschillende oorzaken, verschillende soorten ongevallen optreden, waarbij de inhoud van het transportmiddel niet tot in zijn geheel kan uitstromen. Een uitstroming van meer dan 100 kg wordt relevant geacht voor de externe veiligheid [20, 21].

Per modaliteit worden alle mogelijke uitstromingen gemodelleerd met twee standaard scenario's, een "groot" en "klein" scenario. Alleen bij spoor, is een derde scenario relevant, de warme BLEVE, ook wel aangeduid als domino-BLEVE. De relevante scenario's in de QRA zijn daarom:

- Groot scenario: Instantaan vrijkomen (het in één keer vrijkomen van de gehele inhoud door het catastrofaal falen van de tank)<sup>10</sup>.
- Klein scenario: Continu vrijkomen van de inhoud van de tank door een gat in de tank. Hierbij is in principe een grote diversiteit van de gatgrootte en de hoeveelheid die uitstroomt mogelijk, welke voor de verschillende modaliteiten met representatieve gatgroottes, debieten of hoeveelheden gemodelleerd worden (zie ook module C).
- Warme BLEVE. Het domino-scenario warme BLEVE is mogelijk bij gelijktijdige aanwezigheid van brandbare vloeistof en brandbaar of toxisch gas in een trein

<sup>10</sup> Voor de modaliteit vaarwegen wordt instantaan falen van een ladingtank niet realistisch geacht [22]. Bij vloeistoftankers (enkelwandig of dubbelwandig) leidt een aanvaring of schadevaring mogelijk tot uitstroming van een deel van de ladingtank in een bepaalde tijd, afhankelijk van de locatie van het gat (boven of onder de waterlijn). Een aanvaring of schadevaring van een gastanker leidt mogelijk tot een verplaatsing van de druktank, gevolgd door het afbreken van een leiding. De hierbij resulterende continue uitstroming is gemodelleerd als een twee-fasen uitstroming.

(bonte trein). Ten gevolge van een incident waarbij de uitstroming en ontsteking van brandbare vloeistof optreedt, kan een ketelwagen met brandbaar of toxisch gas worden aangestraft en vervolgens kan enige tijd na het initiële incident deze ketelwagen bij verhoogde temperatuur en druk falen, waarbij de gehele tankinhoud bij de verhoogde temperatuur en druk instantaan kan vrijkomen<sup>11</sup>. Zie ook hoofdstuk 9.5.4.

De per modaliteit onderscheiden scenario's zijn weergegeven in Tabel 6-1 (spoor), Tabel 6-2 (weg) en Tabel 6-3 (vaarweg).

Tabel 6-1 Scenario's spoor [20].

Type wagen	Stofcat.	Scenario	Omschrijving uitstroming
Vloeistof	C3, D3, D4	groot	Vrijkomen van de gehele tankinhoud.
Vloeistof	C3, D3, D4	klein	Vrijkomen van een deel van tankinhoud
Gas	A, B2, B3	groot	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud.
Gas	A, B2, B3	klein	Continue vloeistofuitstroming uit een gat met een effectieve diameter van 75 mm en contractiecoëfficiënt $C_d=0.62$ (zie bijlage modelbeschrijving)
Gas	A, B2	warme BLEVE	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud bij verhoogde temperatuur en druk

Tabel 6-2 Scenario's weg [21].

Type wagen	Stofcat.	Scenario	Omschrijving uitstroming
Vloeistof	LF, LT	groot	Vrijkomen van de gehele tankinhoud.
Vloeistof	LF, LT	klein	Vrijkomen van een deel van de tankinhoud
Gas	GT, GF	groot	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud.
Gas	GT, GF	klein	Continue vloeistofuitstroming uit gat met een effectieve diameter van 50 mm en contractiecoëfficiënt $C_d=0.62$

<sup>11</sup> Deze escalatie wordt niet meer mogelijk geacht als de afstand tussen een tank met brandbaar gas en een tank met een zeer brandbare vloeistof groter is dan 18 m of als de tank met brandbaar gas is gescheiden van de tank met zeer brandbare vloeistof door twee 2-assige wagens of door een 4-assige wagen. De kans op een dergelijke escalatie is per baanvak opgenomen in de bijlage bij de Rbn als "warme/Koude BLEVE verhouding".

Tabel 6-3 Scenario's vaarweg [23].

Type schip	Stofcat.	Scenario	Omschrijving uitstroming
vloeistof enkelwandig	LF	groot	Vrijkomen van 75 m <sup>3</sup> in 1800 seconden.
vloeistof enkelwandig	LF	klein	Vrijkomen van 30 m <sup>3</sup> in 1800 seconden.
vloeistof dubbelwandig	LF, LT	groot	Vrijkomen van 75 m <sup>3</sup> in 1800 seconden.
Vloeistof dubbewandig	LF, LT	klein	Vrijkomen van 20 m <sup>3</sup> in 1800 seconden.
Gas	GT, GF	groot	Continue twee fasen uitstroming uit een gat van 150 mm (maximaal 1800 sec.). contractiecoëfficiënt Cd= 0,62
Gas	GT, GF	klein	Continue twee fasen uitstroming uit een gat van 75 mm (maximaal 1800 sec.). contractiecoëfficiënt Cd= 0,62

## 6.2 Gebeurtenissenboom per stofcategorie

Een uitstroming van gevaarlijke stoffen (Loss Of Containment, LOC) kan meerdere volgebeurtenissen hebben. Het vrijkomen van toxische vloeistoffen en gassen leidt tot blootstelling aan een toxische gaswolk. Bij het vrijkomen van brandbare vloeistoffen en gassen zijn verschillende vervolgeffecten mogelijk, namelijk een BLEVE, fakkel, plasbrand, gaswolkexplosie en wolkbrand. Het optreden van deze fenomenen hangt af van de stof, de condities en het scenario. Dit kan worden gepresenteerd in een gebeurtenissenboom. In de navolgende paragrafen zijn per stofcategorie de gebeurtenissenbomen voor de standaard scenario's gegeven. De initiële kansen en vervolgkansen in de gebeurtenissenboom worden per modaliteit verschillend ingevuld (zie module C).

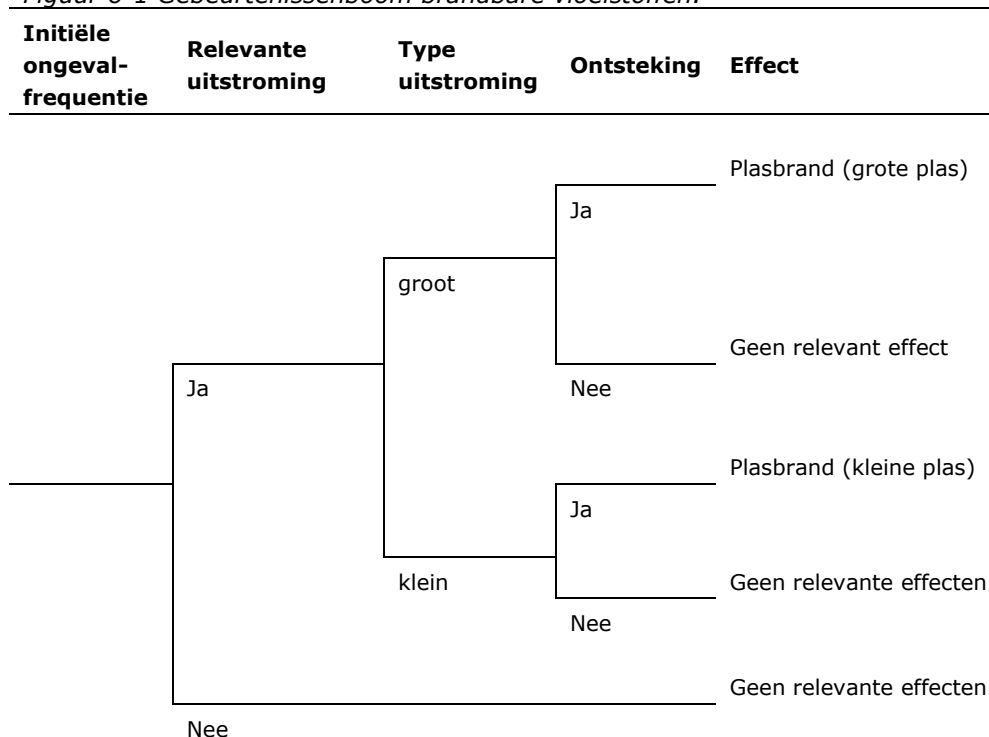
### 6.2.1 Brandbare vloeistof (LF, C3)

De uitstroming van een brandbare vloeistof leidt tot de vorming van een vloeistofplas op de grond of het water. Wanneer er een ontstekingsbron aanwezig is kan een plasbrand ontstaan die leidt tot warmtestraling in de omgeving.

Bij directe ontsteking ontbrandt de uitgestroomde vloeistof ten gevolge van bijvoorbeeld vonken die bij het incident ontstaan. Bij vertraagde<sup>12</sup> ontsteking kan de door verdamping gevormde wolk ontbranden, er ontstaat een wolkbrand (flash fire) die terug brandt met een plasbrand als gevolg. De effectafstanden van beide scenario's zijn bij de veronderstelde plasgroottes en (voorbeeld)stoffen vergelijkbaar. Deze scenario's zijn daarom gecombineerd tot één scenario waarbij de effecten als een plasbrand worden berekend [24].

<sup>12</sup> Vertraagde ontsteking treedt op wanneer enige tijd na de start van de uitstroming de uitgestroomde brandbare stof door een open vlam, heet oppervlak, enz. ontstoken wordt.

*Figuur 6-1 Gebeurtenissenboom brandbare vloeistoffen.*



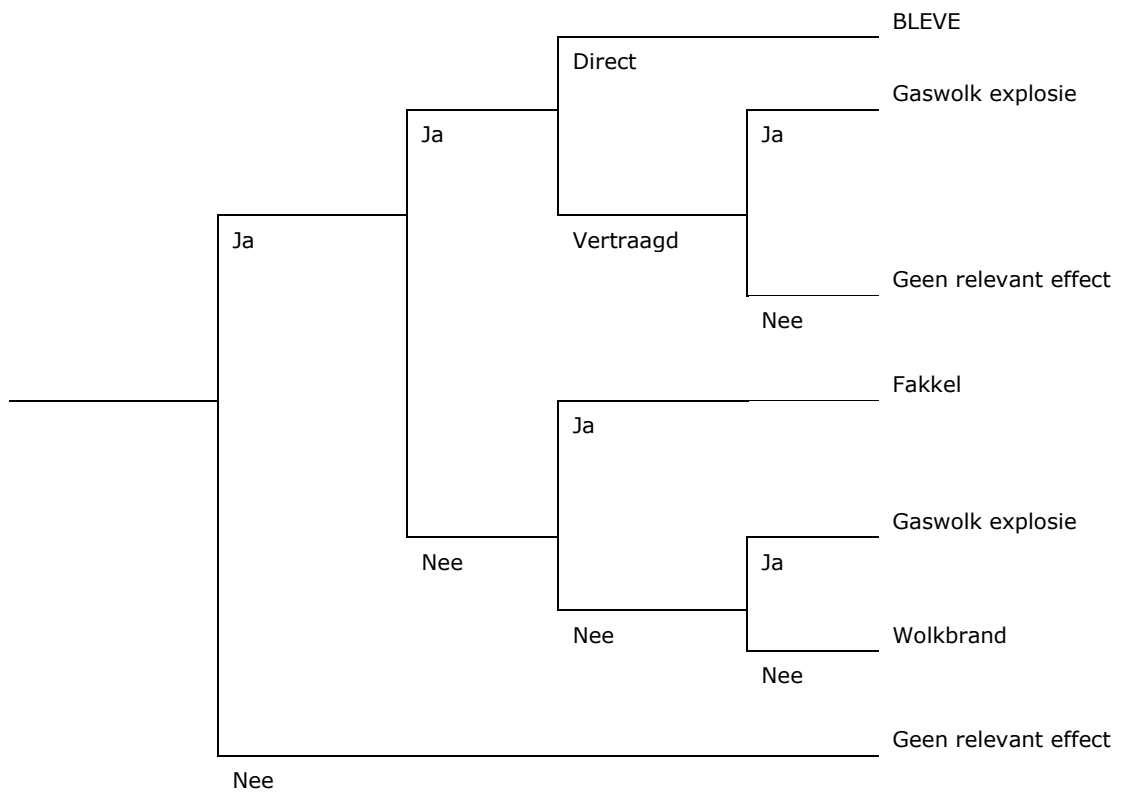
### 6.2.2 Brandbaar gas (GF, A)

Er worden uitsluitend brandbare gassen beschouwd die als tot vloeistof zijn verdicht, daar het bulktransport van brandbaar gas dat tot vloeistof gekoeld is niet of nauwelijks voorkomt. Bij brandbaar gas zijn diverse effectscenario's mogelijk. Als er directe ontsteking plaatsvindt, ontstaat een zogenaamde fakkelbrand (continue uitstroming) of een BLEVE (instantane uitstroming) met als effect warmtestraling. Wanneer het uitstromende gas niet direct wordt ontstoken, ontstaat een brandbare gaswolk met vloeistofdruppels die zich verspreidt in de omgeving. Afhankelijk van de stoffeigenschappen zal een deel van de vloeistofdruppels uitregenen en een plas vormen. In de effectberekeningen wordt de bijdrage van verdamping van de uitgeregende vloeistofdruppels in de plas verwaarloosd. Bij vertraagde ontsteking van de gevormde gaswolk treedt een voorval op met de kenmerken van zowel een wolkbrand als een explosie. Dit wordt gemodelleerd als twee afzonderlijke gebeurtenissen, namelijk als een zuivere wolkbrand en een zuivere explosie.

Bij spoor is ook nog het domino scenario op een warme BLEVE mogelijk, wanneer de ketelwagen door aanstraling bij verhoogde temperatuur en druk faalt. Bij vaarwegen treedt geen instantane uitstroming van brandbaar gas op, alleen een grote en kleine continue uitstroming. De gebeurtenissenboom voor gastankers is weergegeven in Figuur 11-3.

*Figuur 6-2 Gebeurtenissenboom brandbare gassen (weg, spoor).*

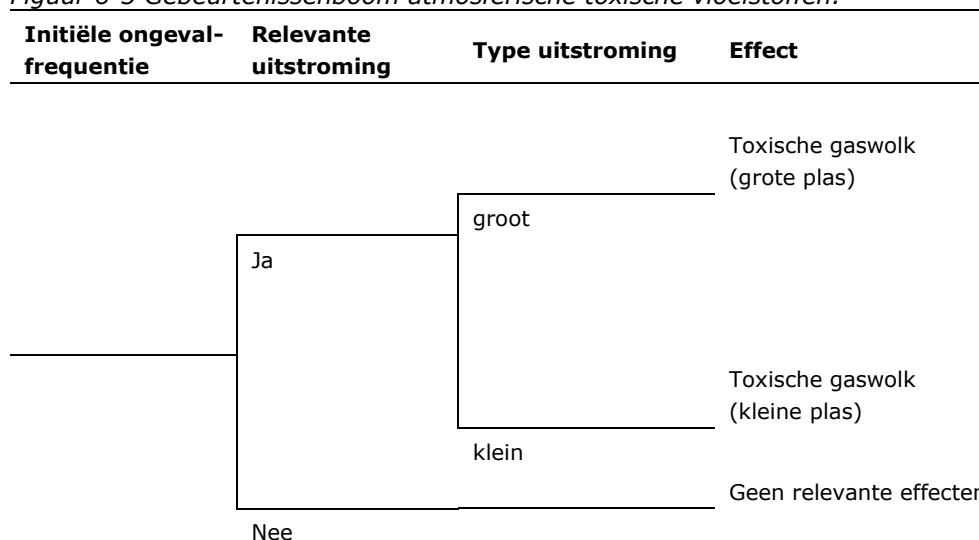
Initiële ongeval- frequentie	Relevante uitstroming	Instantane uitstroming	Ontsteking	Explosie	Effect
Aanstraling door vloeistofbrand (spoor)					BLEVE bij verhoogde temperatuur en druk (spoor)



### 6.2.3 Toxische vloeistof (LT, D)

Bij uitstroming van een toxische vloeistof ontstaat een plas. Door verdamping ontstaat vervolgens een toxische wolk die zich in de omgeving verspreidt.

*Figuur 6-3 Gebeurtenissenboom atmosferische toxische vloeistoffen.*

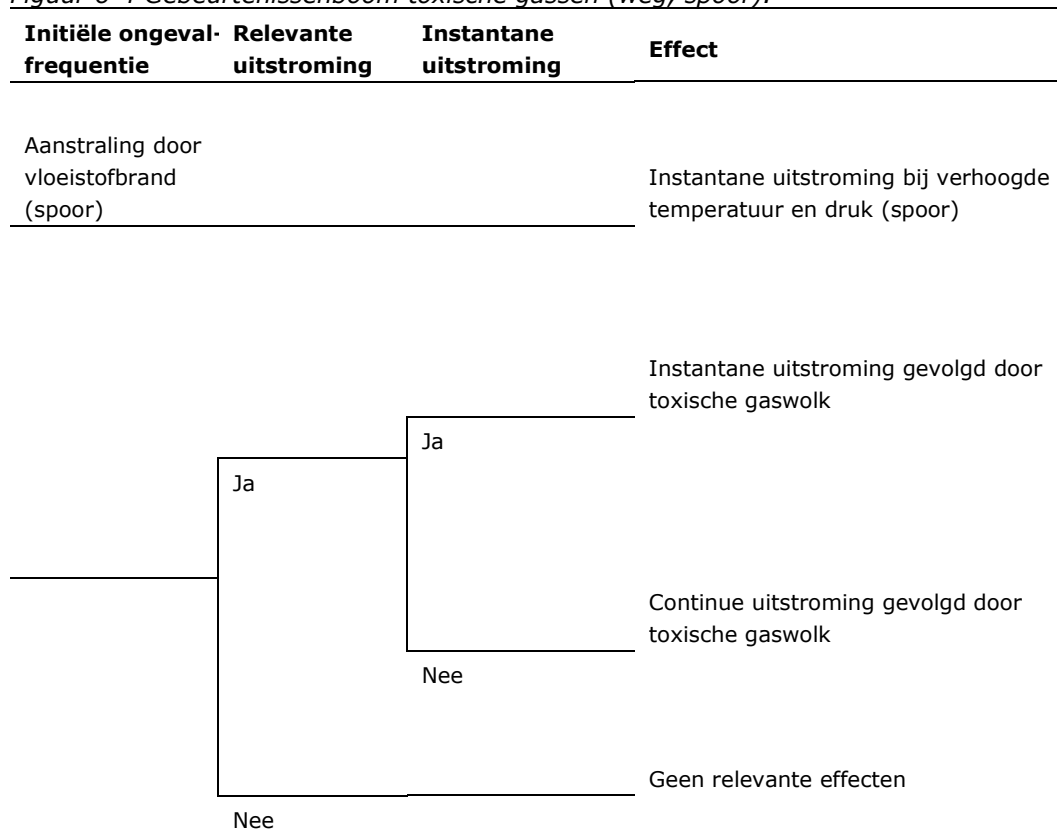


### 6.2.4 Toxisch gas (GT, B)

Er worden uitsluitend gassen beschouwd die tot vloeistof zijn verdicht, daar het bulktransport van toxisch gas dat tot vloeistof gekoeld is niet of nauwelijks voorkomt. Hierbij ontstaat na uitstroming direct een toxische gaswolk met vloeistofdruppels die zich verspreidt in de omgeving. Afhankelijk van de stoffeigenschappen zal een deel van de vloeistofdruppels uitregenen en een plas vormen. In de effectberekeningen wordt de bijdrage van verdamping van de uitgeregende vloeistofdruppels in de plas verwaarloosd.

Bij spoor is ook nog het domino scenario op een warme BLEVE mogelijk, wanneer de ketelwagen door aanstraling bij verhoogde temperatuur en druk faalt.

*Figuur 6-4 Gebeurtenissenboom toxische gassen (weg, spoor).*



### 6.3 Generieke modelparameters

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de generieke modelparameters die niet verschillen per modaliteit. Voor de parameters die specifiek per modaliteit gelden wordt verwezen naar Module C.

Dit hoofdstuk omvat:

- Uitstroming en verdamping parameters
- Meteorologische parameters
- Omgevingsparameters
- Stofspecifieke parameters en schademodelering

#### 6.3.1 *Uitstroming en verdamping parameters*

De richting van de continue uitstroming van tot vloeistof verdicht gassen wordt standaard horizontaal met de wind mee gemodelleerd. Daarbij wordt dus aangenomen dat de uitstroming niet is geblokkeerd (ongehinderde uitstroming) door het bodemoppervlak en objecten in de directe nabijheid.

De uitstroming wordt gemodelleerd op grondniveau. Concentraties worden eveneens berekend op grondniveau. De (beperkte) hoogte van de vloeistofkolom in de tank wordt in de berekening van de uitstroming niet meegenomen.

De continue uitstroming uit een gat in de tank wordt standaard gemodelleerd met een constant uitstroomdebiet dat gelijk is aan het uitstroomdebiet bij het begin van de uitstroming.

Bij de uitstroming van vloeistoffen op de weg, de vaarweg en het spoor spreidt de vloeistof zich gelijkmatig in alle richtingen uit. Voor spoor- en wegtransport wordt uitgegaan van een cirkelvormig vloeistofoppervlak met vaste afmetingen (zie module C). Voor water wordt in de situatie waarbij de diameter van de plas groter is dan de breedte van de vaarweg een rechthoekige plas aangenomen met een breedte gelijk aan de vaarwegbreedte en een lengte gelijk aan het quotiënt van het plasoppervlak met de breedte van de vaarweg. Daarbij wordt in de berekening van de plasomvang rekening gehouden met een evenwicht tussen het uitstroomdebiet en bij brandbare vloeistoffen het verbrandingsdebiet of bij toxische vloeistoffen het verdampingsdebiet uit de plas. Bij de verdamping worden geen tijdsafhankelijke temperatureffecten (afkoeling van de plas door de verdamping) beschouwd.

### 6.3.2 *Meteorologische parameters*

Het meteorologisch weerstation dat representatief is voor meteorologische situatie ter hoogte van de transportroute moet worden gekozen. Daarbij moet uitgegaan worden van het weerstation uit Tabel 6-4 dat het dichtst bij de transportroute gelegen is; bij zeer lange transportroutes kan het nodig zijn met meerdere weerstations te rekenen. Standaard zijn de meteorologische condities van elk weerstation gemodelleerd met zes weersklassen (een combinatie van Pasquill-klasse en windsnelheid) en twaalf windrichtingen, deze zijn weergegeven in bijlage 2. Het betreft bewerkte gegevens uit [9].

*Tabel 6-4 Overzicht meteorologische weerstations.*

<b>Naam</b>					
Beek	Eelde	Hoek van Holland	Rotterdam	Twente	Volkel
Deelen	Eindhoven	IJmuiden	Schiphol	Valkenburg	Woensdrecht
Den Helder	Gilze-Rijen	Leeuwarden	Soesterberg	Vlissingen	Ypenburg



### 6.3.3 Omgevingsparameters

Standaardwaarden voor generieke parameters zijn opgenomen in Tabel 6-5. Voor deze parameters wordt geen onderscheid gemaakt in dag/nacht of seizoen.

Tabel 6-5 Standaardwaarden voor een aantal parameters

Parameter	Standaardwaarde
Omgevingstemperatuur	282 K
Temperatuur bodem	282 K
Watertemperatuur	282 K
Luchtdruk	101.550 N/m <sup>2</sup>
Luchtvochtigheid	83%
Ruwheidslengte	0,3 m
Middelingstijd	600 sec.

De waarden voor de meteorologische parameters zijn jaargemiddelden [9].

De ruwheidslengte is een lengtemaat die de invloed van de bebouwde en natuurlijke omgeving op de windsnelheid/turbulentie en daarmee de verspreiding van stoffen aangeeft. De middelingstijd (voor concentraties) wordt gebruikt in het gaussisch dispersiemodel voor neutraal gas om de concentratie en de pluimbreedte van de gaswolk te berekenen.

### 6.3.4 Stofspecifieke parameters en schademodellering

De kans op overlijden P-letaal is afhankelijk van overdruk, concentratie van de toxische stof, warmtestraling en de blootstellingstijd aan dit effect en van de mogelijke directe blootstelling aan brand. Bij de berekening van het plaatsgebonden risico wordt geen rekening gehouden met beschermende factoren (verblijf binnen), voor het GR wordt hier wel rekening mee gehouden.

De modellering is nader toegelicht in bijlage 3. De minimumwaarde van P-letaal die per scenario nog meegenomen wordt in de berekening is gelijk aan 0,01 (1% letaliteitafstand) [3].

De kans op overlijden wordt ondermeer berekend met zogenaamde 'probitrelaties'. Voor brandbare stoffen geeft de probitrelatie voor warmtestraling het verband tussen warmtestraling, blootstellingstijd en de sterftetekans bij de aanwezige personen. Voor toxische stoffen is de probitrelatie stofspecifiek en geeft deze de relatie tussen de concentratie, blootstellingsduur en de letaliteit bij mensen na blootstelling aan de stof. In Tabel 6-6 zijn de probitrelaties voor de onderscheiden toxische voorbeeldstoffen gegeven <sup>13</sup>.

<sup>13</sup> Nieuwe probitrelaties worden getoetst door de onafhankelijke toetsgroep Probitrelaties van het RIVM.

Tabel 6-6 Probitrelaties van de toxische voorbeeldstoffen ( $C$  in  $mg/m^3$ ,  $t$  in  $min$ ).

Stofcategorieën		Stof	Cas-nr	a	b	n
Weg, water	Spoor					
GT2		Methylmercaptaan <sup>14</sup>	74-93-1	-16,04	2	1
GT3	B2	Ammoniak	7664-41-7	-15,60	2	1
GT4,GT5	B3	Chloor	7782-50-5	-6,35	2,75	0,5
LT1	D3	Acrylnitril	107-13-1	-8,60	1,3	1
LT2		Propylamine <sup>15</sup>	107-10-8	-15,00	2	1
LT3	D4	Acroleïne	107-02-8	-4,10	1	1
LT4		Methylisocyanaat	624-83-9	-1,20	0,7	1

<sup>14</sup> De probitrelatie voor methylmercaptaan verschilt van de relatie in de Handleiding Risicoberekeningen Bevt [25]. Bij een evaluatie van de beschikbare toxiciteitsgegevens heeft de toetsgroep probitrelaties 1 geschikt dierexperiment gevonden (1981) om een probitrelatie voor overlijden van de mens op te baseren (Probit function technical support document 20110715). De daar afgeleide probitrelatie verschilt van zowel RBM als HRB. Vooralsnog heeft hij een interim status. De in RBM II gehanteerde probitrelatie is zodanig dat methylmercaptaan een representatieve voorbeeldstof is voor de categorie GT2, d.w.z. de uitkomsten van de risicoberekening voor de GT-categorieën zijn transitief ( $GT1 < GT2 < GT3$ ). Overigens is in de praktijk de bijdrage van de GT2-categorie aan het risico zeer gering.

<sup>15</sup> De herkomst van de constanten voor de probitrelatie van propylamine is toegelicht in [15].

## 7 Rapportagevereisten

In dit hoofdstuk is beschreven welke informatie in de rapportage van een risicoanalyse opgenomen moet zijn om de risicoanalyse inhoudelijk goed te kunnen beoordelen.

De risicoanalyse moet op een dusdanige wijze gedocumenteerd worden dat het bevoegd gezag voldoende informatie heeft om de risicoanalyse inhoudelijk goed te kunnen beoordelen en zo nodig te reproduceren. Dit betekent onder andere dat alle invoergegevens duidelijk moeten worden beschreven.

De belangrijkste elementen zijn opgesomd in Tabel 7-1. Als daarom verzocht, moet aan bevoegd gezag het invoerbestand te worden meegestuurd, inclusief de gebruikte bevolkingsgegevens. Ook de rapportage-uitdraai van RBM II (eventueel zonder bevolkingsgegevens om het aantal pagina's te beperken) kan worden opgevraagd door bevoegd gezag.

Opgemerkt moet worden dat de rapportage inzicht moet geven in alle genoemde elementen, uiteraard kan van de in Tabel 7-1 opgenomen indeling worden afgeweken als dat de leesbaarheid ten goede komt.

*Tabel 7-1 Rapportagevereisten.*

<b>1</b>	<b>Algemene rapportgegevens</b>
	<p>Administratieve gegevens: Reden opstellen QRA (en als van toepassing de opdrachtgever, opdrachtnemer, etc.) Gevolgde methodiek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Toegepaste computermodel met versienummers</li> <li>• Handleiding risicoanalyse transport met versienummer</li> <li>• Gebruikt meteostation</li> <li>• Eventuele andere aanvullende handreikingen</li> <li>• Peildata QRA (jaartal van de vigerende situatie/vigerende QRA én de onderzochte/toekomstige situatie)</li> <li>• Indieningsdatum QRA (als anders dan indieningsdatum van omgevingsvergunning of bestemmingsplan)</li> </ul>
<b>2</b>	<b>Algemene beschrijving van de transportroute</b>
	<p>Ligging en lay-out van de transportroute, aan de hand van kaart(en) op een passend detailniveau. Aangegeven zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligging en naam van de transportroute(s)</li> <li>• Als het een basisnetroute betreft de naam conform bijlage bij de Rbn</li> <li>• Noordpijl en schaalindicatie</li> <li>• Risicoverhogende aspecten (wissels, aansluitende vaarweg, voorgeschreven snelheid, e.d.)</li> </ul> <p>Vervoersgegevens, met daarin tenminste aangegeven:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gehanteerde jaarintensiteiten per stofcategorie per traject van de transportroute inclusief vermelding van de bron (Bij omgevingsbesluiten bij basisnetroutes: vervoershoeveelheden uit [5]; Bij infrabesluiten en omgevingsbesluiten bij niet-</li> </ul>

	<p>basisnetroutes: realisatiecijfers en prognosecijfers).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdeling transport over dag/nacht</li> <li>• Verdeling transport over week/weekend</li> <li>• Als gebruikt: gehanteerde groeicijfers van het transport van gevaarlijke stoffen</li> <li>• Bronvermelding</li> </ul> <p>Bij ruimtelijke besluiten langs basisnetroutes zijn de gegevens uit de bijlage bij Rbn voldoende.</p> <p>Bij infrabesluiten: Mogelijke gevaren rondom het traject, die effect kunnen hebben op de kans dat een ongeval optreedt (bedrijven/activiteiten, windmolens gecombineerd /naastgelegen transportmodaliteiten).</p>
2.1	<p><b>Specifiek bij spoorvervoer:</b></p> <p>Bij ruimtelijke besluiten langs basisnetroutes zijn de gegevens uit de bijlage bij Rbn voldoende. Bij nieuwe routes moeten deze gegevens beschreven worden conform de informatie in de Rbn, op basis van het nieuwe ontwerp.</p>
2.2	<p><b>Specifiek bij wegvervoer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebruikte faalfrequentie</li> <li>• Breedte van de weg (buitenste randen rechter rijstroken)</li> <li>• Ligging van op- en afritten, als relevant voor de QRA (bijvoorbeeld: omdat de afr onderdeel is van de wegaanpassing)</li> <li>• Ligging knooppunten, als relevant voor de QRA (bijvoorbeeld: omdat een deel van het knooppunt onderdeel is van de wegaanpassing)</li> </ul> <p>Bij ruimtelijke besluiten langs basisnetroutes zijn de gegevens uit de bijlage bij Rbn voldoende.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "Bijzondere situaties", zie hoofdstuk 10.6.</li> </ul>
2.3	<p><b>Specifiek bij vaarwegen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gehanteerde locatiespecifieke faalfrequentie <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bronvermelding en/of afleiding met vermelding onderliggende gegevens</li> <li>- Als de benodigde gegevens niet beschikbaar zijn: gehanteerde bevaarbaarheidsklasse en generieke faalfrequentie</li> </ul> </li> <li>• Breedte van de vaarweg</li> </ul> <p>Bij ruimtelijke besluiten langs basisnetroutes zijn de gegevens uit de bijlage bij Rbn voldoende.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "Bijzondere situaties", zie hoofdstuk 11.6.</li> </ul>
<b>3</b>	<p><b>Beschrijving omgeving/bevolking</b></p>
	<p>Inventarisatie gebied van de bevolking. Waarbij de voor het bepalen van het inventarisatie gebied relevante parameters worden aangegeven:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lengte traject</li> <li>• Omvang van het invloedsgebied op basis van de 1%-letaliteitsafstand van de verst reikende vervoerde stofcategorie</li> </ul> <p>Een beschrijving van de bevolkingsverdeling rond de transportroute waar nog dodelijke slachtoffers kunnen vallen, onder opgave van de wijze waarop deze beschrijving tot stand is gekomen, en van de voorkomende functies (wonen, evenementen, etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gehanteerde bevolkingsvarianten (huidig, toekomstig of andere).</li> <li>• Gehanteerde informatiebronnen (bevoegd gezag, bestemmingsplannen, BAG, etc.)</li> <li>• Gemaakte aanvullingen/wijzigingen op de gebruikte informatiebronnen</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bevolking zoals gebruikt voor de risicoberekening inclusief de uitgangspunten waar de aantallen op zijn gebaseerd Presentatie aantallen aanwezigen in vlakken of gridcellen op RDM-coördinaat</li> <li>• Weergave op actuele topografische kaart dan wel luchtfoto.</li> </ul>
<b>4</b>	<b>Beschrijving van mogelijke risico's voor de omgeving</b>
	<p>Samenvattend overzicht van de resultaten van de QRA, waarin ten minste is opgenomen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Het plaatsgebonden risico             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaart met berekend plaatsgebonden risico, met contouren voor <math>10^{-5}</math>, <math>10^{-6}</math>, <math>10^{-7}</math> en <math>10^{-8}</math> (als aanwezig), waarbij ook de kwetsbare objecten binnen de <math>10^{-6}</math> -risicocontour zijn aangegeven</li> <li>• Afstand van het midden van de transportroute tot de <math>10^{-6}</math> contour van het plaatsgebonden risico.</li> <li>• Omschrijving van kwetsbare objecten en beperkt kwetsbare objecten binnen de plaatsgebonden risico <math>10^{-6}</math> contour</li> </ul> </li> <li>• het groepsrisico             <ul style="list-style-type: none"> <li>• De fN-curve voor de kilometer met het hoogste groepsrisico voor de beschouwde varianten (huidig, toekomstig of andere). Op de horizontale as van de grafiek met de fN-curve wordt het aantal dodelijke slachtoffers uitgezet, beginnend bij 10 slachtoffers. Op de verticale as is de cumulatieve kans gegeven tot <math>10^{-9}</math> per jaar.</li> <li>• De figuren waarop een indicatie van de hoogte van het groepsrisico ten opzichte van de oriëntatiewaarde en de ligging van de kilometer met het hoogste groepsrisico zijn opgenomen.</li> <li>• Tabellen met de verhouding tot de oriëntatiewaarde van het hoogste groepsrisico per kilometer.</li> <li>• Als een groepsrisico-verantwoording nodig is: Toelichting van de risicobepalende scenario's voor het groepsrisico.</li> </ul> </li> </ul>

Bij een herberekening van het risico van een nog lopend omgevings- of infrabesluit, bijvoorbeeld omdat invoergegevens of afspraken over de risicoanalyse zijn gewijzigd, moet in de aanvullende rapportage duidelijk aangegeven worden welke gegevens of afspraken zijn gewijzigd ten opzichte van de eerdere studie. Daarbij moet, als meerdere factoren tot een gewijzigd risico hebben geleid, het effect per factor afzonderlijk, evenals het effect als gevolg van alle factoren samen, in beeld worden gebracht.

Bij het hanteren van de berekende afstanden of contouren is van belang dat de nauwkeurigheid van het kaartmateriaal aansluit bij het beoogde gebruik. Gezien het feit dat de afstanden of contouren in het geval van omgevingsbesluiten betekenis kunnen hebben op bestemmingsplanniveau wordt geadviseerd de Basisregistratie Grootchalige Topografie (BGT) te gebruiken. Deze is ontsloten via de Publieke Dienstverlening op de Kaart (PDOK).

## Module C Modelling van specifieke modaliteiten

## 8 Inleiding

In deze module wordt voor de specifieke vervoersmodaliteiten beschreven op welke wijze de modaliteitspecifieke onderdelen van de risicoanalyse moeten worden uitgevoerd. Het gaat hierbij om de modaliteiten spoor, weg en vaarwegen.

De module is als volgt opgebouwd:

- Uitwerking per modaliteit: spoor (hoofdstuk 9), weg (hoofdstuk 10) en vaarwegen (hoofdstuk 11 en 12);
- Per modaliteit:
  - Werkingssfeer / toepassingsgebied;
  - Vervoersgegevens;
  - Scenario's;
  - Ongevingsfrequentie;
  - Vervolgkansen en gebeurtenissenbomen;
  - Bijzondere situaties.

## 9 Spoor

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd moeten worden bij het analyseren van de risico's verbonden aan het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor. Het hoofdstuk is ingedeeld in zes paragrafen, te weten:

§ 9.1 Werkingssfeer en toepassingsgebied;

§ 9.2 Vervoersgegevens;

§ 9.3 Scenario's;

§ 9.4 Ongevulsfrequentie;

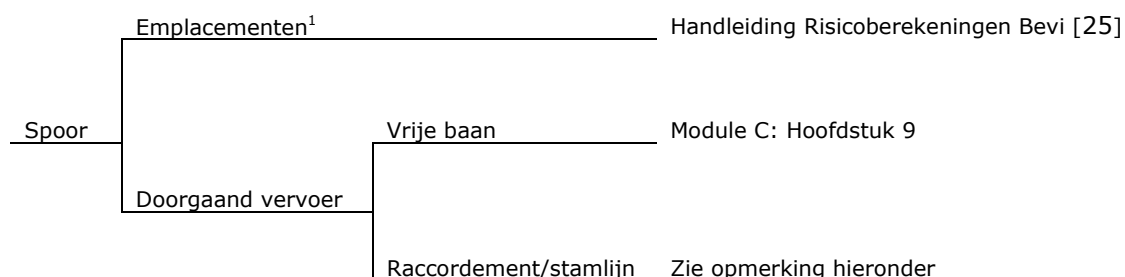
§ 9.5 Vervolgkansen;

§ 9.6 Bijzondere situaties.

### 9.1 Werkingssfeer en toepassingsgebied

Aan de hand van Figuur 9-1 kan eenvoudig bepaald worden welk deel van de handleiding van toepassing is voor een specifieke spoor situatie. Het uitgangspunt van Figuur 9-1 is dat in de onderscheiden spoor situaties er vervoer kan plaatsvinden met voor de externe veiligheid relevante stoffen.

*Figuur 9-1 Stroomschema voor de selectie van de verschillende spoorcategorieën.*



<sup>1)</sup>Inrichting wet milieubeheer aangewezen in bijlage 3 van de Revi

Dit hoofdstuk is toegespitst op de risico's die behoren bij het vervoer van gevaarlijke stoffen over de vrije baan.

- Raccordementen (ook wel stamlijnen genoemd) zijn "dedicated" spoorlijnen/verbindingen tussen industrieterreinen en de vrije baan of emplacementen. De raccordementen worden niet afzonderlijk behandeld in deze handleiding, daar hier nog geen vastgestelde rekenmethodiek voor beschikbaar is. Voor het uitvoeren van een risicoanalyse van spoortrajecten die in de regelgeving altijd als raccordement zijn beschouwd, moet contact worden opgenomen met de helpdesk RBM II (rbmii@rivm.nl) ~~of het RIVM/CEV~~ voor advisering.
- Spoorwegemplacementen waarvoor de risico's van activiteiten met gevaarlijke stoffen in het kader van omgevingsgunningen milieu dan wel ruimte moeten worden berekend zijn aangewezen in bijlage 3 van de Regeling externe veiligheid inrichtingen. De rekenmethodiek voor emplacementen is beschreven in [7] en wordt opgenomen in de Handleiding Risicoberekening Bevi [25].



## 9.2 Vervoersgegevens

### 9.2.1 Inleiding

Gevaarlijke stoffen worden op verschillende wijzen vervoerd. Voor de berekeningen worden onderscheiden:

- gasketelwagens voor het vervoer van tot vloeistof verdichte gassen of voor sterk gekoelde vloeibaar gemaakte gassen;
- vloeistofketelwagens voor het vervoer van vloeistoffen of gesmolten stoffen;
- containerdraagwagens voor het vervoer van o.a. tankcontainers.

In de QRA moet uitgegaan worden van het transport met ketelwagens. Tankcontainers worden in de risicoanalyse meegenomen als spoorketelwagens, omdat voor tankcontainers geen specifieke ongevalgegevens (faalfrequenties en scenario's) bekend zijn. Vervoerscijfers worden uitgedrukt in ketelwagenequivalenten (kwe). Eén gas- en/of vloeistofketelwagen is gelijk aan één kwe en 2 containers brandbare stof of 3 containers toxische stof zijn gelijk gesteld aan één ketelwagenequivalent.

Het aantal stoffen dat per spoor mag worden vervoerd is dermate groot dat een risicoberekening per stof zeer arbeidsintensief kan zijn. Uit praktische overwegingen is het daarom zinvol om de stoffen te categoriseren en een voorbeeldstof te hanteren in de berekening. Tabel 9-1 geeft de stofcategorieën uit Tabel 5-1 die bij spoor in de risicoberekening moeten worden meegenomen, de stofindeling en de voorbeeldstoffen [12].

Tabel 9-1 Stofindeling relevante gevaarlijke stoffen [12].

Stofcategorie		Voorbeeldstof	Toepasbaar bij GEVI-code
A	Brandbaar gas	Propaan	23, 263, 239
B2	Toxisch gas	Ammoniak	268, 26, 265
B3	Zeer toxisch gas	Chloor	265 (UN 1017)
C3	Zeer brandbare vloeistof	Pentaaan	33,33*,X33*, 336 (excl. UN 1093), X323
D3	Toxische vloeistof	Acrylnitril	UN nr. 1093
D4	Zeer toxische vloeistof	Acroleïne**	66, 663, 668, 886, (X88, X886)

\* duidt op een eventueel derde cijfer in de GEVI-code van de stof. Hiermee wordt aangegeven dat dit derde cijfer (indien aanwezig) er niet toe doet, omdat dit het minst bepalende gevaarsaspect betreft.

\*\* De oorspronkelijke referentie [12] geeft fluorwaterstof als voorbeeldstof voor stofcategorie D4. In [7] is echter voorgesteld deze voorbeeldstof te vervangen door acroleïne, behalve wanneer fluorwaterstof zelf wordt vervoerd.

Stofcategorie D4 (zeer toxische vloeistof) beperkt zich tot vloeistoffen met GEVI-codes 66, 663, 668, 886, X88 of X886 die in gas- of dampvorm bij bepaalde concentraties inhalatietoxisch zijn. Er bestaan echter ook stoffen met de genoemde GEVI-codes die geen of andere omgevingsrisico's opleveren. Deze stoffen worden niet tot de D4-categorie gerekend. Op de site van het RIVM kunt u nagaan om welke stoffen dit gaat.

Naast de in Tabel 9-1 genoemde gevaarlijke stoffen is sprake van vervoer van minder relevante gevaarlijke stoffen, bijvoorbeeld stoffen met GEVI-code 30 of 60, die

bij weg en water wel in de risicoanalyse meegenomen worden. Incidenteel kan sprake zijn van vervoershandelingen met stoffen uit UN-gevarenklasse 1 (ontploffbare stoffen) of UN-gevarenklasse 7 (radioactieve stoffen). Stoffen uit de UN-gevarenklassen 1 en 7 worden in de QRA niet meegenomen.

### 9.2.2 *Beoordeling Plaatsgebonden risico en Groepsrisico*

In de Wet basisnet en de bijbehorende regelgeving wordt voorgeschreven wanneer een berekening van het plaatsgebonden risico dan wel het groepsrisico uitgevoerd moet worden. In algemene zin is een berekening van het groepsrisico enkel in specifieke gevallen noodzakelijk (zie Tabel 9-2).

*Tabel 9-2 Gevallen waarin het berekenen van het groepsrisico noodzakelijk is (donker gekleurde vlakken).*

		Hoogte groepsrisico		
		< 0.1 maal ow	0.1-1.0 maal ow	>1 maal ow
Toename groepsrisico	< 10%		Zie noot 1	
	> 10%			

1. Wanneer de toename van het groepsrisico door het besluit kleiner is dan 10% kan een berekening achterwege blijven. De toename is kleiner dan 10% bij bijvoorbeeld een conserverend bestemmingsplan, waarin geen nieuwe ontwikkelingen mogelijk worden gemaakt.

Afhankelijk van de situatie wordt een bepaalde vervoersstroom gevaarlijke stoffen in de berekening gehanteerd. De situaties worden hieronder samengevat. Voor de exacte vereisten wordt verwezen naar de wetstekst.

#### 1. *Ruimtelijke ontwikkeling binnen 200 m van een hoofdspoorweg (Bevt art. 3.1, 8.1)*

PR: niet berekenen, afstand uit bijlage 2 Rbn toepassen.

GR: berekenen met aantallen per stofcategorie uit tabel 2 Rbn (Rbn art. 14)

N.B. alleen nodig in de gearceerde gevallen van Figuur 9-2.

N.B. voor overige hoofdspoorwegen (zie definitie, Rbn art.1) niet berekenen (Rbn art. 14.3).

#### 2. *Wijziging van een hoofdspoorweg (Beleidsregels EV par. 3.1)*

PR:

- Vermelden PR-plafonds uit bijlage 2 Rbn (Beleidsregels EV art. 25).
- Vermelden of een toename van het vervoer of wijziging van risicobepalende variabelen kan worden verwacht (Beleidsregels EV art. 26.1b en 26.1c).
- Vermelden, wat de gevolgen van de veranderingen zijn op de opvulling van de PR-plafonds (Beleidsregels EV art. 26.2).

GR:

- Vermelden GR-pafonds uit bijlage 2 Rbn (Beleidsregels EV art. 27).
- Vermelden of een toename van het vervoer of wijziging van risicobepalende variabelen kan worden verwacht (Beleidsregels EV, art. 27).
- Vermelden, wat de gevolgen van de veranderingen zijn op de opvulling van de GR-plafonds (Beleidsregels EV art. 27).

Als de wijziging betreft:

- a) een hoofdspoorwegverbreding aan één zijde, waarbij het midden van de door-  
gaande spoorbundel meer dan 6 m verschuift en de personendichtheid aan de zij-  
de van de uitbreiding hoger is dan aan de andere zijde of
- b) de plaatsing van één of meer wissels, uitgezonderd het geval waarbij de nieuwe  
wissels tussen twee bestaande wissels worden geplaatst die een onderlinge af-  
stand hebben van minder dan 1000 m of
- c) de baanvaknelheid op één of meer sporen te verhogen van minder dan 40  
km/uur tot meer dan 40 km/uur,
- d) berekenen in de gearceerde gevallen van Figuur 9-2 met de aantallen uit bijlage 2  
Rbn (Beleidsregels EV art. 28).

### 3. Aanleg van een hoofdspoorweg (Beleidsregels EV par. 3.2)

PR: Berekenen met aantallen per stofcategorie geschat op basis van aantallen voor  
de in het studiegebied gelegen spoorwegen uit bijlage 2 Rbn (Beleidsregels EV art.  
33).

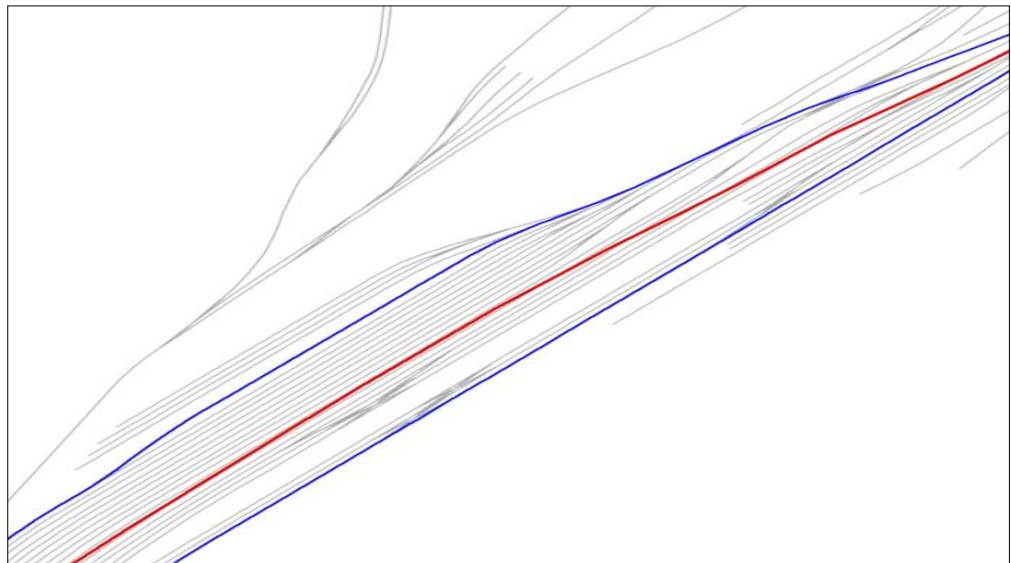
GR: Berekenen met aantallen per stofcategorie geschat op basis van aantallen voor  
de in het studiegebied gelegen spoorwegen uit bijlage 2 Rbn (Beleidsregels EV art.  
34).

#### 9.2.3

#### *Geografische ligging van een basisnet spoor route*

De coördinaten van het door te rekenen spoortraject zijn bepaald als het geografi-  
sche midden van de buitenste sporen van de spoorbundel die gebruikt worden voor  
doorgaand verkeer [5]. Zowel de begin- en eindpunten als de breedte van de basis-  
nettrajecten zijn opgenomen in de bijlage bij de Rbn [5]. De ligging van de sporen is  
beschikbaar als webservice ([www.pdok.nl](http://www.pdok.nl)).

*Figuur 9-2 Bepaling geografisch midden (rood) van de buitenste doorgaande sporen  
(blauw).*



#### 9.2.4 Gerelateerde parameters

Voor verdeling van de transporten over dag/nacht en week/weekend geldt de volgende standaardverhouding [7]:

dag : nacht = 1/3 : 2/3  
week : weekend = 5/7 : 2/7

Voor de dag/nachtverdeling wordt voor het spoorproces uitgegaan van de periodes 7:00-19:00 uur en 19:00-7:00 uur. Dit wijkt iets af van de definities voor de meteorologische dag en nacht (8:00-18:30 en 18:30-8:00 uur). Voor de meteorologische dag / nacht verhouding geldt dan een verhouding 0,29 / 0,71.

N.B. Voor de stofcategorie zeer toxisch gas (incidentele chloortreinen) geldt dat deze alleen 's nachts en niet in het weekend wordt vervoerd.

### 9.3 Scenario's

Bij het vervoer van gevaarlijke stoffen over de vrije baan kunnen verschillende soorten ongevallen optreden. De relevante uitstromingen worden gemodelleerd met twee standaard scenario's:

1. Instantaan vrijkomen (het in één keer vrijkomen van de gehele inhoud).
2. Continu vrijkomen van de inhoud van de tank door een gat in de tank.

*Bij de gelijktijdige aanwezigheid van een brandbare vloeistof en een brandbaar of toxisch gas in een trein (bonte trein) moet ook rekening gehouden worden met een warme BLEVE. Dit is het instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud bij verhoogde temperatuur en druk als gevolg van het aanstralen van een ketelwagen met brandbaar gas A of toxisch gas B2 door een plasbrand, waardoor de druk in deze wagen zo hoog oploopt dat deze bezwijkt (zie hoofdstuk 6.2 en 9.5.4). Voor toxische gassen in stofcategorie B3 (chloor) wordt de kans op een warme BLEVE vanwege de diverse preventieve maatregelen, zoals minimalisering van de hoeveelheden en het vervoer in bloktreinen, verwaarloosbaar geacht. Voor spoor zijn de in Tabel 9-3 vermelde standaard scenario's gedefinieerd [7].*

Tabel 9-3 Overzicht uitstroombesnoeiingen spoor

Type ketelwagen	Stofcat.	Scenario	Omschrijving uitstroming	Plas (m <sup>2</sup> ), straal (m)
Vloeistof	C3, D3, D4	Groot	Vrijkomen van de gehele tankinhoud.	600, 14
Vloeistof	C3, D3, D4	Klein	Vrijkomen van een deel van tankinhoud	300, 10
Gas	A, B2, B3	Groot	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud.	-
Gas	A, B2, B3	Klein	Continue vloeistofuitstroming uit gat met een effectieve gatdiameter van 75 mm en $C_d=0.62$	-
Gas	A, B2	warme BLEVE	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud bij verhoogde temperatuur en druk	-

Voor het transport, dat relevant is voor het risico, is vastgesteld met welke tankinhoud van een ketelwagen per stofcategorie gerekend moet worden. De standaardinhoud van een gasketelwagen is:

- brandbaar gas 50 ton
- zeer toxisch gas 55 ton
- toxisch gas 50 ton

De tankinhoud van een vloeistofketelwagen kan circa 80 m<sup>3</sup> bedragen, maar is bij het modelleren van de scenario's minder belangrijk daar er gerekend wordt met vaste plasoppervlakken, namelijk 600 m<sup>2</sup> voor een grote uitstroom<sup>16</sup> en 300 m<sup>2</sup> voor een kleine uitstroom, zie ook [27, 28].

De kans dat deze standaard scenario's optreden is opgenomen in hoofdstuk 9.4 en hoofdstuk 9.5.

## 9.4 Ongevalsequentie

Spoorgerelateerde faalfrequenties worden uitgedrukt per kilometer per wagen. In de tekst wordt consequent de term 'wagenkilometer' gehanteerd. De term baankilometer is bijvoorbeeld van toepassing op de toeslagen voor wissels, omdat deze gerelateerd zijn aan de infrastructuur en worden toegepast op de kilometer rondom de wissel.

Voor het berekenen van de faalfrequentie voor de vrije baan geldt de volgende formule [7, 20]:

<sup>16</sup> Een plasoppervlak van 600 m<sup>2</sup> bij instantane uitstroming komt redelijk goed overeen met het resultaat van uitstromingsproeven op de Betuweroute [28].

$$F_{\text{vrije baan}} = (F_{\text{basis}} \times C_{\text{snelheid}}) + C_{\text{wissel}}$$

$F_{\text{vrije baan}}$	faalfrequentie voor de vrije baan (per wagenkilometer)
$F_{\text{basis}}$	basisfaalfrequentie voor de vrije baan ( $2,2 \times 10^{-8}$ per wagenkilometer)
$C_{\text{snelheid}}$	correctiefactor voor de baanvaksnelheid = 0,62 (baanvaksnelheid < 40km/h) = 1,26 (baanvaksnelheid > 40km/h)
$C_{\text{wissel}}$	correctie voor de aanwezigheid van wissels: + $3,3 \cdot 10^{-8}$ per baankilometer

Een overwegtoeslag wordt niet meer meegenomen [29].

Het traject waarvoor de correctie voor wissels geldt, loopt van 500 meter voor de wissel tot 500 meter na de wissel. Deze correctie wordt voor een trajectdeel, ongeacht het aantal wissels, slechts één keer toegepast. De wissel is het punt waarop de wisselbenen samen komen. De bepaling van de faalfrequentie is gevisualiseerd in Figuur 9-3.

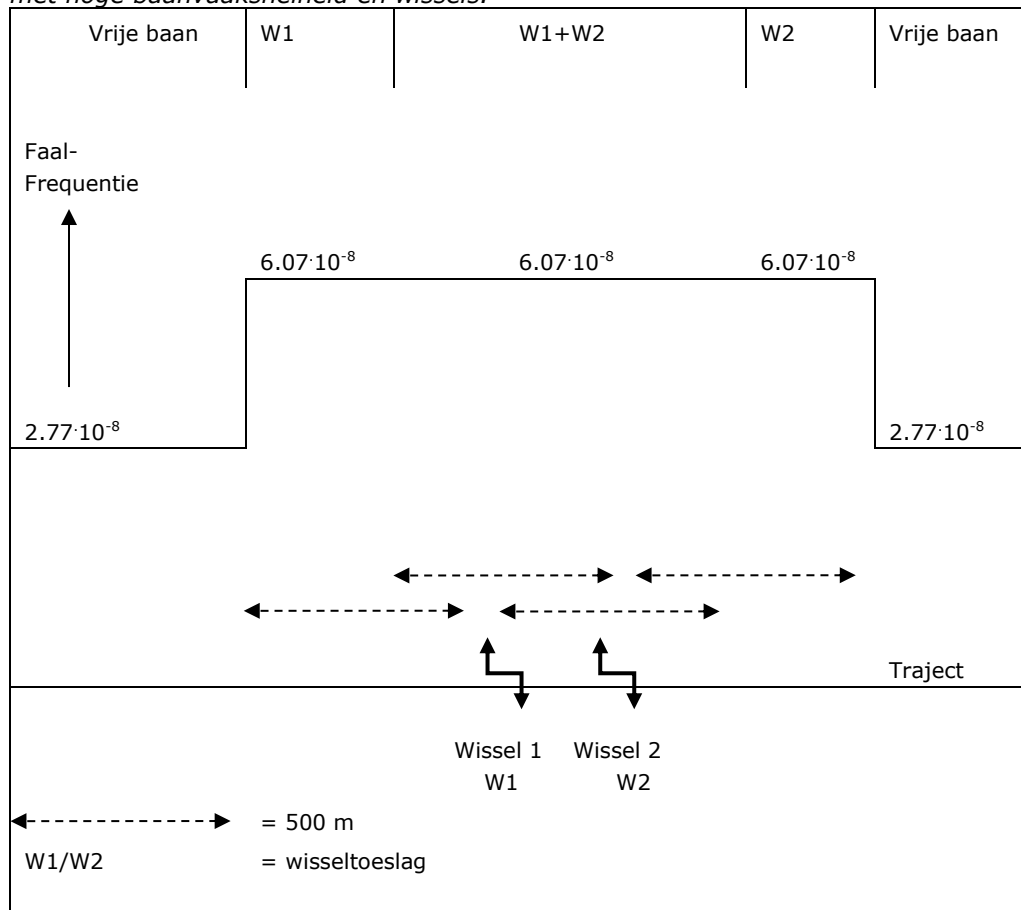
Voor chloortreinen geldt een 5 maal lagere ongevalskans. De reden hiervoor is gelegen in de extra veiligheidsmaatregelen die voor deze transporten zijn getroffen [20, 30].

#### Faalfrequenties Betuweroute, Havenspoorlijn

Voor de Betuweroute en Havenspoorlijn moeten i.v.m. de getroffen beveiligingen andere faalfrequenties worden gehanteerd, te weten [31]:

Havenspoorlijn	: $1,66 \times 10^{-8}$ per wagenkilometer (zonder wissels, > 40 km/uur)
Havenspoorlijn	: $3,64 \times 10^{-8}$ per wagenkilometer (met wissels, > 40 km/uur)
Betuwelijn	: $1,50 \times 10^{-8}$ per wagenkilometer (zonder wissels, >40 km/uur)
Betuwelijn	: $3,28 \times 10^{-8}$ per wagenkilometer (met wissels, > 40 km/uur)

*Figuur 9-3 Voorbeeld voor het verloop van de faalfrequentie over een bepaald traject met hoge baanvaaksnelheid en wissels.*



#### 9.4.1 Waardering veiligheidsmaatregelen

In de standaard faalfrequenties voor de vrije baan is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van aanvullende veiligheidsmaatregelen. Voor een aantal veiligheidsmaatregelen is na onderzoek een reductiefactor op de standaard faalfrequentie afgeleid. Dit betreft de volgende veiligheidsmaatregelen.

##### **ETCS (ERTMS)**

Het treinbeveiligingssysteem ETCS (European Train Control System), dat onderdeel is van het bredere ERTMS (European Rail Traffic Management System), wordt als veiliger gezien dan ATB-EG. Voor ETCS (level 1) wordt een risicoreductiefactor van 0,14 toegepast, dat wil zeggen een correctiefactor op de faalfrequentie voor de vrije baan van 0,86. Deze factor is afgeleid op basis van een inschatting van enkele experts naar welke ongevallen voorkomen hadden kunnen worden door ETCS [46]. Deze correctiefactor is niet van toepassing op de havenspoorlijn en de betuwelijn, omdat de correctiefactor al verdisconteerd is in de lagere faalfrequentie.

Deze correctiefactor is ook niet van toepassing op complexe situaties omdat aangenomen wordt dat de verhoogde ongevalfrequentie voor complexe situaties gecompenseerd wordt door de invoering van ETCS (zie ook paragraaf 9.4.2).

### **Hotbox detectie**

Hotbox detectiesystemen in de infrastructuur meten met een infrarood detector de temperatuur van een aslager en van een wielband. Hiermee worden defecten aan het rijdend materieel, hete aslagers en vastgelopen remmen voortijdig gesignaleerd en worden ontsporingen voorkomen. ProRail heeft afgeleid dat dit leidt tot een geschatte reductie van 11,6% op de ontsporingsfrequentie [47]. Uitgaande van een verhouding botsing: ontsporing van 65,4:34,6, leidt dit tot een reductie in faalfrequentie van 0,08 (afgerond). Hoewel op een aantal punten nog wel nadere onderbouwing nodig is, mag uitgegaan worden van een correctiefactor van 0,92 op de basisfaalfrequentie voor de vrije baan.

Deze correctiefactor is niet van toepassing op de havenspoorlijn, de betuwelijn en complexe situaties, omdat de correctiefactor al verdisconteerd is in de lagere faalfrequentie.

### **Crashbuffers en opklimbeveiliging**

Crashbuffers absorberen een deel van de botsingsenergie en opklimbeveiligingen voorkomen dat een wagen na een botsing omhoog schuift ('op klimt') waardoor de tankwand beschadigd raakt. In een expert judgement studie is deze maatregel gewaardeerd met een risicoreductiefactor van 0,08 [48]. Wanneer de wagons voorzien zijn van deze voorziening, wordt een correctiefactor van 0,92 toegepast op de faalfrequentie voor de vrije baan.

Deze correctiefactor is niet van toepassing op complexe situaties. De correctiefactor mag daarnaast alleen worden toegepast bij wagens die uitgerust zijn met deze voorzieningen, te weten wagens met toxische/brandbare gassen en toxische vloeistoffen.

#### **9.4.2** *Complexe situaties*

Complexe situaties<sup>17</sup> zijn gedefinieerd als de locaties waar de vrije baan wordt gecombineerd met een stationsomgeving met een sporenbundel groter dan 25 meter, gereduceerde snelheden en veel wissels en/of interactiemogelijkheden met het overige treinverkeer. Vaak is er ook sprake van doorgaande treinen, die soms enige tijd stilstaan. De ongevalskansen bij complexe situaties zullen vanwege de verhoogde kans op interacties (botsingen) hoger zijn dan voor de normale vrije baan.

Aan de ongevallen, treinbotsingen, op complexe situaties gaat veelal een passage van een stoptonend sein vooraf (STS passage). Om deze passages en het hieruit voortvloeiende risico te verminderen is als toevoeging op het treinbeïnvloedingsstelsel ATB-EG het zogenaamde ATBvv ingevoerd of een gelijkwaardige beveiliging, zoals flankbeveiliging. Dit is gedaan op alle gebruikelijke/ voor de hand liggende routes van goederentreinen. De werkgroep basisnet spoor heeft verondersteld dat de toeslagfactor op de ongevalsfrequentie voor complexe situaties gecompenseerd wordt door de reductiefactor als gevolg van de invoering van ATBvv.

In het kader van de ontwikkeling van basisnet spoor is op grond van het voorgaande besloten in de berekeningen niet van de in [32] of [33] afgeleide ongevalsfrequenties voor complexe situaties uit te gaan. In deze handreiking wordt hierbij aangesloten. Er zijn dus geen verschillen in faalfrequenties, voor doorgaand treinverkeer op de vrije baan of in complexe situaties.

<sup>17</sup> Complexe situaties worden ook wel knooppunten genoemd.



## 9.5 Vervolgkansen

### 9.5.1 Uitstroomkans

De vervolggkans op uitstroming bij lage snelheid is anders dan bij hoge snelheid. Er is daarom een opsplitsing tussen lage snelheid (< 40 km/uur) en hoge snelheid (> 40 km/uur).

In Tabel 9-4 staan de vervolggkansen op een uitstroming waarbij meer dan 100 kg uitstroomt, geldend voor een baanvaknelheid < 40 km/uur [7, 20]. Voor toxische en zeer toxische vloeistoffen geldt een factor 10 reductie en voor drukketelwagens een factor 100 ten opzichte van de vervolggkans voor brandbare vloeistoffen op basis van afspraken en expertinschattingen betreffende de sterkere constructies van wagens voor deze stoffen.

Tabel 9-4 Overzicht vervolggkansen op een uitstroming van meer dan 100 kg bij lage baanvaknelheden (< 40 km/h) [20].

Stofcategorie		Vervolggkans
C3	Brandbare vloeistoffen	0,079
D3	Toxische vloeistoffen	0,0079
D4	Zeer toxische vloeistoffen	0,0079
A	Brandbare gassen in ketelwagens	0,00079
B2 en B3	Toxische gassen in ketelwagens	0,00079

In Tabel 9-5 staan de vervolggkansen op een uitstroming met een uitstroom van meer dan 100 kg, geldend voor een baanvaknelheid > 40 km/uur [7, 20]. Voor toxische en zeer toxische vloeistoffen geldt ook hier een factor 10 reductie en voor drukketelwagens geldt een factor 200 reductie ten opzichte van de vervolggkans voor brandbare vloeistoffen.

Tabel 9-5 Overzicht vervolggkansen op een uitstroming van meer dan 100 kg bij hoge baanvaknelheden (> 40 km/h) [20].

Stofcategorie		Vervolggkans
C3	Brandbare vloeistoffen	0,56
D3	Toxische vloeistoffen	0,056
D4	Zeer toxische vloeistoffen	0,056
A	Brandbare gassen in ketelwagens	0,0028
B2 en B3	Toxische gassen in ketelwagens	0,0028

Voor de standaard scenario's geldt een vervolggkans van 0,6 op continue (kleine) uitstroming en 0,4 op instantane (grote) uitstroming [7, 20].

### 9.5.2 Ontwikkelingen en ontstekingskansen

Bij toxische stoffen betreft de vervolggebeurtenis dispersie en toxische belasting. Bij brandbare stoffen is een onderscheid te maken in directe en vertraagde ontsteking. De ontstekingskansen voor de stofcategorieën brandbaar gas en zeer brandbare vloeistof zijn weergegeven in Tabel 9-6 [7, 20].

Tabel 9-6 Overzicht ontstekingskansen [7, 20].

Stofcategorie		Uitstroming (ontsteking)	Ontstekingskans	Effect
A	Brandbaar gas	Instantaan (direct)	0,8	Koude BLEVE
		Instantaan (vertraagd)	0,2	Wolkbrand, gasexplosie
		Continu (direct)	0,5	Fakkel
		Continu (vertraagd)	0,5	Wolkbrand, gasexplosie
C3	Zeer brandbare vloeistof	Plas	0,25 <sup>18</sup>	Plasbrand
A of B2 en C3	Brandbaar of toxisch gas + zeer brandbare vloeistof		Zie § 9.5.4	Warme BLEVE

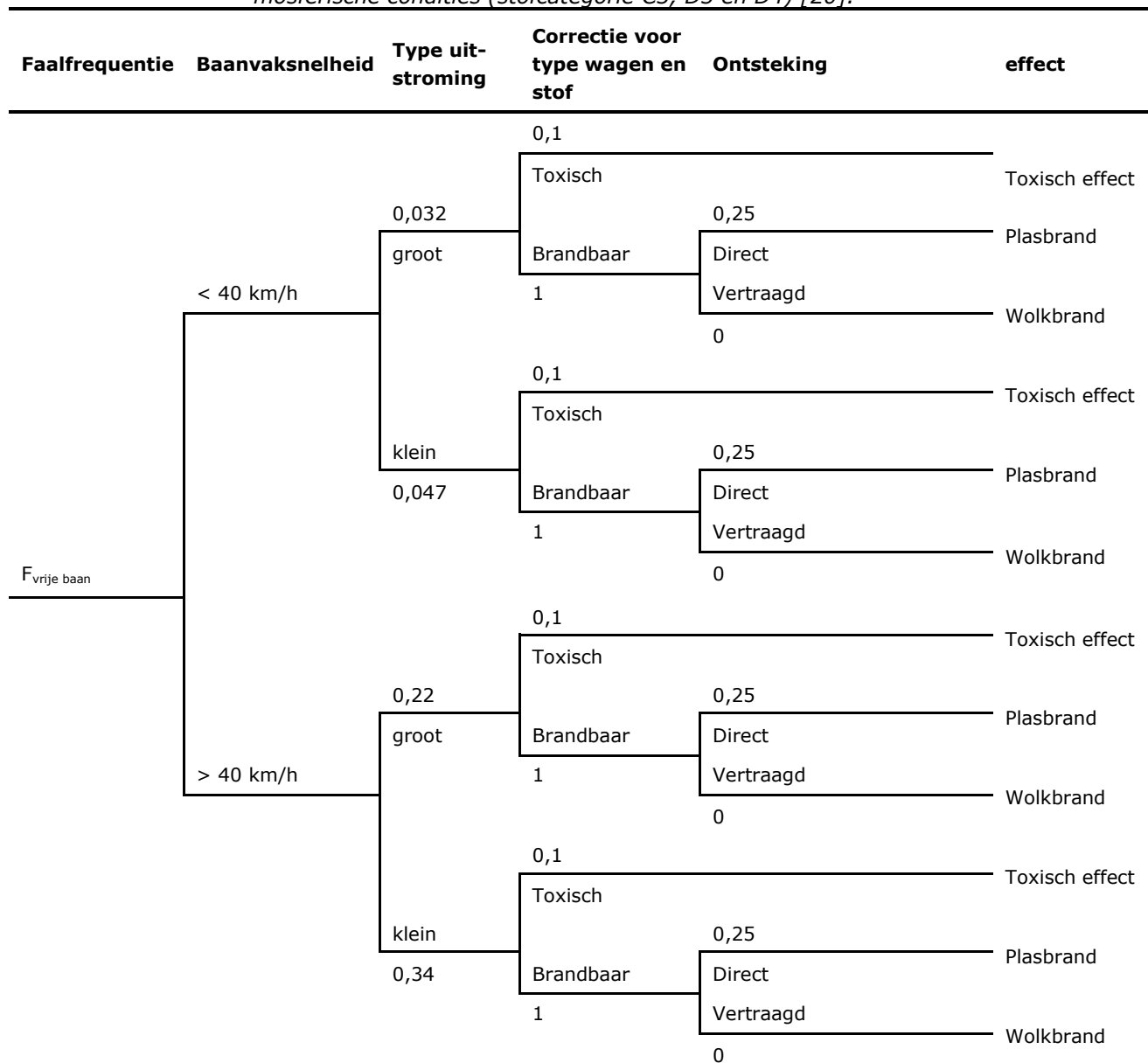
### 9.5.3 Gebeurtenissenbomen

Figuur 9-4 tot en met Figuur 9-6 geven de gebeurtenissenbomen en alle vervolggansen weer. De faalfrequentie  $F_{\text{vrije baan}}$  wordt bepaald op de in hoofdstuk 9.4 vermelde wijze. De kans op type uitstroming wordt verkregen door de vervolggansen uit Tabel 9-4 of Tabel 9-5 te vermenigvuldigen met de vervolggansen op een kleine (0.6) of grote (0.4) uitstroming.

Voor toxische en zeer toxische vloeistoffen geldt een factor 10 reductie ten opzichte van de vervolggansen voor brandbare vloeistoffen.

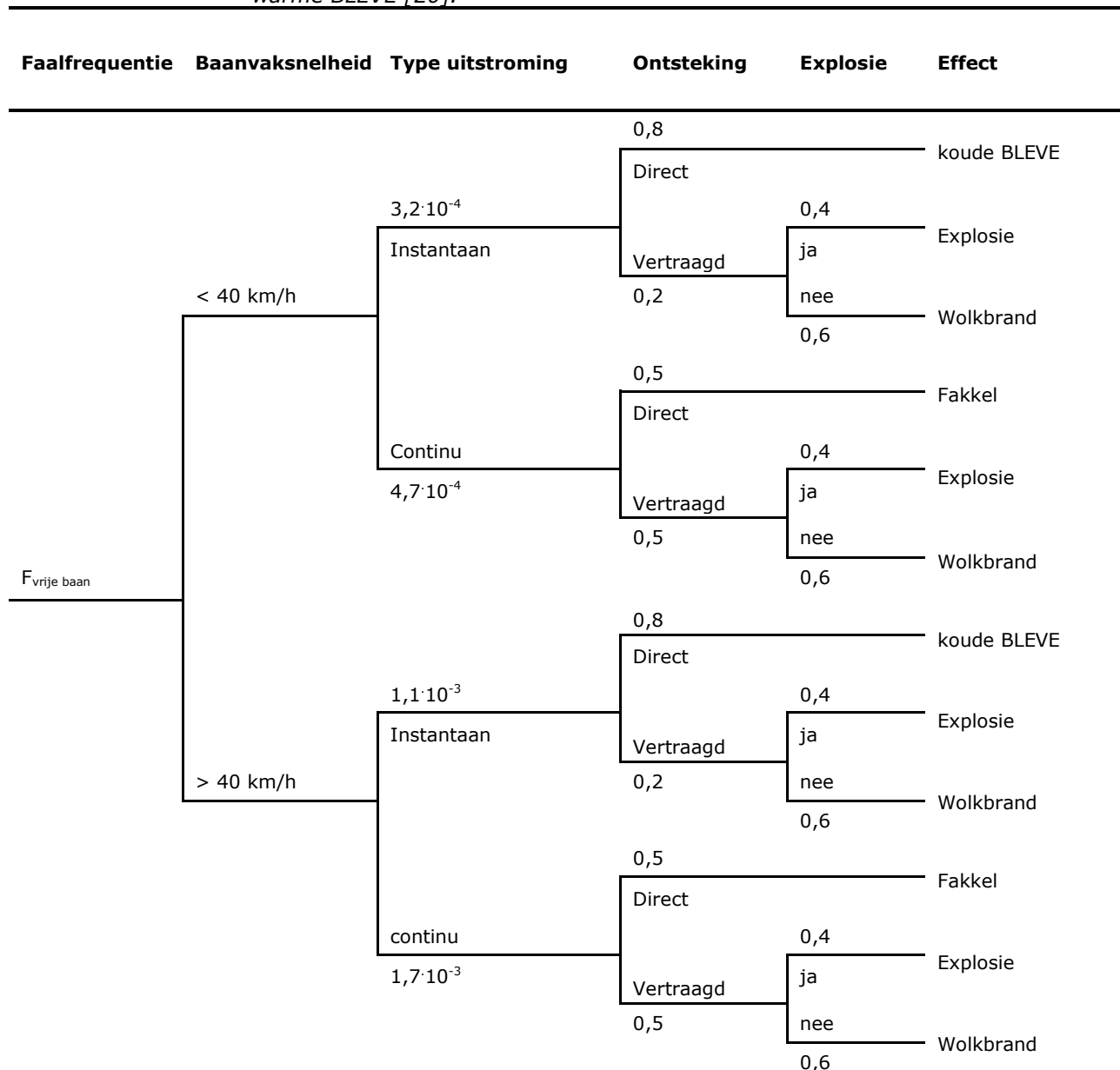
<sup>18</sup> In CPR 18/PGS3 [10] staan verschillende ontstekingskansen voor brandbare vloeistof. Op grond van de basisdocumenten [20] is vastgesteld dat de kans 0,25 moet zijn.

Figuur 9-4 Gebeurtenissenboom voor een brandbare of toxische vloeistof onder atmosferische condities (stofcategorie C3, D3 en D4) [20].



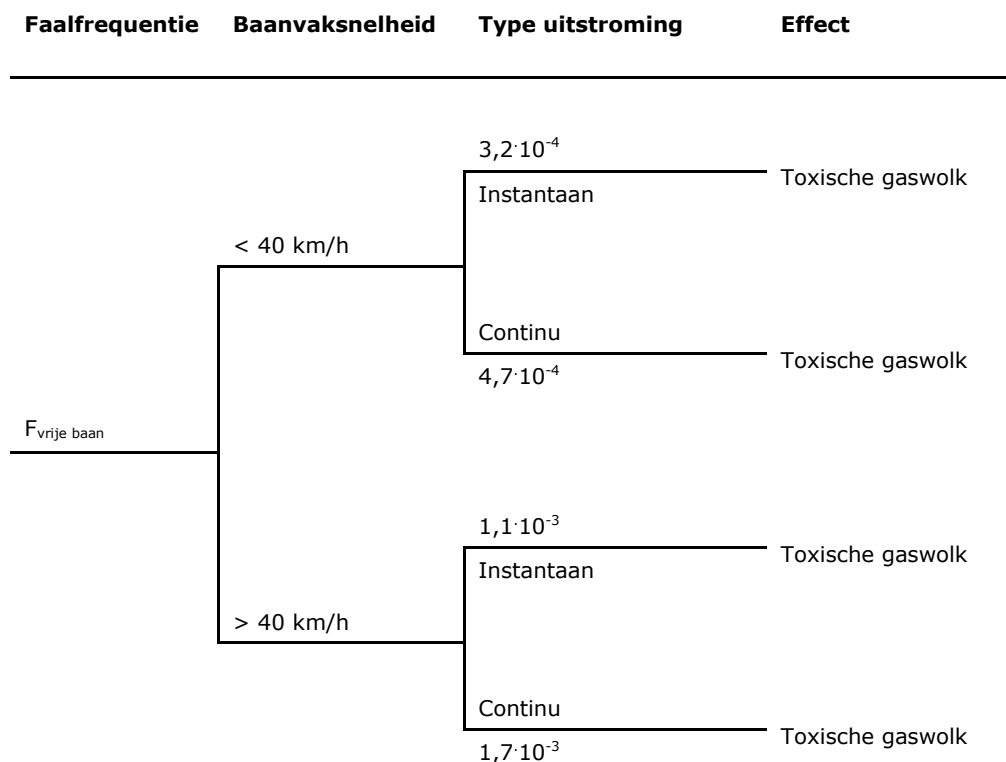
Zoals gemeld in hoofdstuk 6.2.1 leiden directe ontsteking (plasbrand) en vertraagde ontsteking (wolkbrand gevolgd door plasbrand) tot vergelijkbare effectafstanden. Deze afzonderlijke effecten worden derhalve gecombineerd en als een plasbrand berekend.

Figuur 9-5 Gebeurtenissenboom voor een brandbaar gas (stofcategorie A), exclusief warme BLEVE [20].



Na de vertraagde ontsteking van de gevormde gaswolk treden effecten op met de kenmerken van zowel een wolkbrand als een explosie. Er worden twee afzonderlijke gebeurtenissen gemodelleerd, namelijk een zuivere wolkbrand (vervolgkans 0,6) en een zuivere explosie (vervolgkans 0,4) [10].

*Figuur 9-6 Gebeurtenissenboom voor een toxisch gas (stofcategorie B2 en B3), exclusief warme BLEVE. Voor chloortreinen (B3) geldt een 5 maal lagere ongevalskans en geen warme BLEVE.*



#### 9.5.4 Vervolgkans warme BLEVE

De afkorting BLEVE staat voor een Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion. Dit houdt in dat een tot vloeistof verdicht brandbaar of toxisch gas bij instantaan falen onder druk explosief<sup>19</sup> expandeert tot een dampwolk. Als het instantaan falen van de ketelwagen plaatsvindt bij de opslagomstandigheden, bijvoorbeeld als gevolg van het mechanisch falen van de ketelwagen of door een externe impact, dan is er sprake van een zogenaamde 'koude' BLEVE. Als de opgeslagen stof brandbaar is en ontstoken wordt ontstaat er een vuurbal.

Een zogenaamde 'warme' BLEVE ontstaat als gevolg van domino-effecten. Hierbij moet met name gedacht worden aan het aanstralen van een ketelwagen met brandbaar of toxisch gas door een plasbrand, waardoor de tankwand verzwakt en de druk in deze wagen zo hoog oploopt dat deze na verloop van tijd bezwijkt. De ketelwagen bezwijkt bij een hogere druk en temperatuur dan bij een mechanisch falen of een externe impact. Er is dan sprake van een warme BLEVE. Als de opgeslagen stof brandbaar is wordt deze ontstoken en er ontstaat een hetere vuurbal dan bij een

<sup>19</sup> Voor explosief verdampen van de vloeistof moet de vloeistoftemperatuur hoger zijn dan de homogene nucleatie temperatuur (superheat limit) van de betreffende stof. Als dit het geval is wordt dit door verschillende auteurs een warme BLEVE (hot BLEVE) genoemd. Blasteffecten bij het bezwijken van de ketelwagen worden in HART niet beschouwd.

koude BLEVE. Bij toxische stoffen komt de gehele tankinhoud vrij bij verhoogde temperatuur en druk.

De kans op een warme BLEVE wordt bepaald uit de kans op een koude bleve en de warme/koude Bleve verhouding.

$$F_{\text{warme Bleve}} = F_{\text{koude bleve}} \times (F_{\text{warme bleve}}/F_{\text{koude bleve}})$$

De verhouding  $F_{\text{warme bleve}}/F_{\text{koude bleve}}$  is per spoortraject in het kader van het basisnet spoor vastgesteld en samen met vervoershoeveelheden in de bijlage bij de Rbn [5] opgenomen.

#### Toelichting

Aangenomen wordt dat een warme BLEVE alleen kan optreden als in dezelfde trein direct naast wagens beladen met brandbare of toxische gassen wagens met brandbare vloeistoffen zijn geplaatst (dus wanneer sprake is van een bonte trein)<sup>21</sup>. Het ontstaan van een 'warme' BLEVE door een fakkel van brandbaar gas (zgn. snijbrander-scenario) wordt qua kans zoveel minder waarschijnlijk geacht, dat dit scenario in risicoanalyses buiten beschouwing blijft. Hetzelfde geldt voor een warme BLEVE als gevolg van een brand van een brandbare stof, niet zijnde een gevaarlijke stof (bijv. een wagen met hout).

## **9.6 Bijzondere situaties**

De hiervoor beschreven rekenmethodieken zijn geschikt voor de standaard situatie, doorgaande spoorroutes op maaiveld-niveau. Er zijn echter bijzondere situaties die faalkansen en verspreiding van stoffen kunnen beïnvloeden. Het zijn:

- Verdiepte ligging;
- Verhoogde ligging;

Bij risicoberekeningen aan basisnetroutes wordt ervan uitgegaan dat de standaard berekening in deze situaties nog steeds representatief dan wel licht conservatief is. Alle hoofdspoorwegen zijn aangewezen als behorende tot het basisnet. Bij risicoberekeningen aan het bestaande basisnet wordt dan ook geen rekening gehouden met deze bijzondere situaties. Uiteraard zijn zij wel uiterst relevant bij beschouwing van de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp conform Bevt art. 7.

De aanpak van de risicoberekening ter hoogte van tunnels en overkappingen is geschetst in hoofdstuk 5.2.7.

## 10 Weg

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd moeten worden bij het analyseren van de risico's verbonden aan het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg.

Dit hoofdstuk is ingedeeld in zes paragrafen, te weten:

- § 10.1 Werkingssfeer en toepassingsgebied
- § 10.2 Vervoersgegevens
- § 10.3 Scenario's
- § 10.4 Ongevalsequentie
- § 10.5 Vervolgkansen en gebeurtenisbomen
- § 10.6 Bijzondere situaties

### 10.1 Werkingssfeer en toepassingsgebied

Binnen de modaliteit weg worden 3 typen wegen onderscheiden, te weten:

1. autosnelwegen;
2. wegen buiten de bebouwde kom;
3. wegen binnen de bebouwde kom.

Het type weg is van belang voor de ongevalsrequentie (hoofdstuk 10.4) en de breedte van de weg. Binnen de bebouwde kom heeft betrekking op wegen met een maximumsnelheid van 50 km/uur. Bij wegen buiten de bebouwde kom gaat het meestal om wegen met een maximumsnelheid van maximaal 80 km/uur, waar géén fysieke scheiding is aangebracht tussen de rijrichtingen (en dus kop-kop botsingen kunnen optreden). Auto(snel)wegen zijn wegen met meestal een maximumsnelheid van 100 km/uur of meer én een fysieke scheiding tussen de rijrichtingen [21].

### 10.2 Vervoersgegevens

#### 10.2.1 Inleiding

In de risicoberekening worden uitsluitend de transporten in bulk (tankwagens, ketelwagens, containers, scheepstanks, etc.) van brandbare en/of toxische tot vloeistof verdichte gassen en brandbare en/of toxische vloeistoffen beschouwd. Het transport van stukgoed wordt als niet relevant voor externe veiligheid beschouwd. Tankcontainers op een vrachtwagen zijn ook voorzien van oranje borden en worden dus tijdens de tellingen geregistreerd en vormen daarmee een onderdeel van de vervoerscijfers van het bulkvervoer. Vervoer van ontplofbare stoffen en radioactieve stoffen wordt niet meegenomen.

In Tabel 10-1 is de categorie- en stofindeling van het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg weergegeven [12, 13].

*Tabel 10-1 Stofcategorieën en voorbeeldstoffen [12, 13]*

<b>Categorie</b>	<b>Naam</b>	<b>Voorbeeldstof</b>
GF1	Brandbaar gas	Ethyleenoxide
GF2	Brandbaar gas	n-Butaan
GF3	Brandbaar gas	Propaan
GT2	Toxisch gas	Methylmercaptaan
GT3	Toxisch gas	Ammoniak
GT4	Toxisch gas	Chloor
GT5	Toxisch gas	Chloor
LF1	Brandbare vloeistof	Heptaan (diesel)
LF2	Brandbare vloeistof	Pentaaan (benzine)
LT1	Toxische vloeistof	Acrylnitril
LT2	Toxische vloeistof	Propylamine
LT3	Toxische vloeistof	Acroleïne
LT4	Toxische vloeistof	Methylisocyanaat

Per hoofdcategorie zijn de volgende karakteristieke tankhoeveelheden vastgelegd waarmee in de QRA moet worden gerekend [21].

*Tabel 10-2 Karakteristieke tankhoeveelheden [21]*

<b>Hoofdcategorie</b>	<b>Inhoud</b>	<b>Eenheid</b>
Brandbare gassen ( GF1 t/m GF3)	50	m <sup>3</sup>
Toxische gassen (GT2 t/m GT5)	16	ton
Brandbare vloeistoffen (LF1, LF2)	23	ton
Toxische vloeistoffen (LT1 t/m LT4)	23	ton

### 10.2.2 *Beoordeling Plaatsgebonden risico en Groepsrisico*

In de Wet basisnet en de bijbehorende regelgeving wordt voorgeschreven wanneer een berekening van het plaatsgebonden risico dan wel het groepsrisico uitgevoerd moet worden. In algemene zin is een berekening van het groepsrisico alleen in specifieke gevallen noodzakelijk (zie Tabel 10-3).

*Tabel 10-3 Gevallen waarin het berekenen van het groepsrisico noodzakelijk is (donker gekleurde vlakken).*



		<b>Hoogte groepsrisico</b>		
		< 0.1 maal ow	0.1-1.0 maal ow	>1 maal ow
<b>Toename groepsrisico</b>	< 10%		Zie noot 1	
	> 10%			

1. Wanneer de toename van het groepsrisico door het besluit kleiner is dan 10% kan een berekening achterwege blijven. De toename is kleiner dan 10% in elk geval bij
- een conserverend bestemmingsplan, waarin geen nieuwe ontwikkelingen mogelijk worden gemaakt of
  - een verbreding van de weg waarbij het geografische midden van de weg op dezelfde locatie blijft, het vervoer onder de referentiewaarden van de tabel van bijlage 1 Rbn blijft en de breedte van de weg in dezelfde klasse blijft (b.v. minder dan 25 meter, van 25 tot 50 meter, etc.; zie hoofdstuk 5.2.5)

Afhankelijk van de situatie wordt een bepaalde vervoersstroom gevaarlijke stoffen in de berekening gehanteerd. De situaties worden hieronder samengevat. Voor de exacte vereisten wordt verwezen naar de wetstekst.

- Ruimtelijke ontwikkeling binnen 200 m van een basisnetroute (Bevt art. 3.1, 8.1)*

PR: niet berekenen, afstand uit bijlage 1 Rbn toepassen.

GR: berekenen met aantallen GF3 vervoer uit tabel 1 Rbn; op verbindingbogen de helft van de GF3 aantallen op weg waarvan de boog aftakt (Rbn art. 14)

N.B. alleen nodig in de gearceerde gevallen van Tabel 10-3.

2. *Ruimtelijke ontwikkeling binnen 200 m van een niet-basisnetroute (Bevt art. 4.1, 8.1)*

PR: berekenen met aantallen per stofcategorie volgens de meest recente inzichten (Art 15 Rbn).

GR: berekenen met aantallen per stofcategorie volgens de meest recente inzichten (Art 15 Rbn).

N.B. alleen nodig in de gearceerde gevallen van Tabel 10-3.

3. *Wijziging van wegen die deel uit maken van het basisnet (Beleidsregels EV par. 2.1)*

4.

PR:

- a) Vermelden PR-plafonds uit bijlage 1 Rbn voor alle in de studiegebied gelegen wegen (Beleidsregels EV art. 5.1a).
- b) Vermelden of een toename van het vervoer of ongevalfrequentie kan worden verwacht (Beleidsregels EV art. 5.1b).
- c) Vermelden, wat de gevolgen van de toename zijn op de opvulling van de PR-plafonds (Beleidsregels EV art. 5.2 en toelichting).

GR:

- a) Vermelden GR plafond uit bijlage 1 Rbn voor alle in de studiegebied gelegen wegen (Beleidsregels EV art. 6), indien aanwezig.
- b) Vermelden of een toename van het vervoer of ongevalfrequentie kan worden verwacht (Beleidsregels EV art. 5.1b).
- c) Vermelden, wat de gevolgen van de toename zijn op de opvulling van de GR-plafonds.

Als de wijziging betreft:

- a) een wegverbreding met twee of meer rijstroken aan één zijde of
- b) een wegverbreding met twee of meer rijstroken aan beide zijden of
- c) een aanpassing waarbij bestaande of geprojecteerde (beperkt) kwetsbare objecten binnen 50 m vanaf het nieuwe referentiepunt liggen,
- d) berekenen in de gearceerde gevallen van Figuur 10-1 met de aantallen GF3 uit bijlage 1 Rbn (Beleidsregels EV art. 7).

5. *Aanleg of wijziging van wegen die geen deel uitmaken van het basisnet (Beleidsregels EV par. 2.2)*

6.

PR:

- a) Als het gaat om de aanleg van een nieuwe weg berekenen met aantallen ingeschat op basis van de aantallen uit bijlage 1 Rbn en bijlage bij Beleidsregels EV voor de aansluitende wegen in het studiegebied (Beleidsregels EV art. 12.2b).
- b) Als het gaat om een wijziging van een weg, berekenen met aantallen per stofcategorie volgens de meest recente beschikbare gegevens (Beleidsregels EV art. 12.3).

GR:

- a) Als het gaat om de aanleg van een nieuwe weg, berekenen met aantallen ingeschat op basis van de aantallen uit bijlage 1 Rbn en bijlage bij Beleidsregels EV voor de aansluitende wegen in het studiegebied (Beleidsregels EV art. 13.2).
- b) Als het gaat om een wijziging van een weg, berekenen met aantallen per stofcategorie volgens de meest recente beschikbare gegevens (Beleidsregels EV art. 13.2).

N.B. alleen nodig in de gearceerde gevallen van Tabel 10-3.

*7. Omrijden over wegen die deel uit maken van het basisnet  
(Beleidsregels EV par. 2.3)*

PR:

- a) Vermelden PR-plafonds voor de omrijroutes uit bijlage 1 Rbn (Beleidsregels EV art. 16.1a).
- b) Inzicht geven in de omvang van vervoer op de weg die wordt afgesloten op basis van de meest recente beschikbare gegevens (Beleidsregels EV art. 16.1b).
- c) Inzicht geven in de verwachte toename van het vervoer op de omrijroutes (Beleidsregels EV art. 16.1c).
- d) Vermelden, wat de gevolgen zijn op de opvulling van het PR-plafonds voor de omrijroutes (Beleidsregels EV art. 16.2 en toelichting).

GR:

- a) Vermelden GR-plafonds voor de omrijroutes uit bijlage 1 Rbn (Beleidsregels EV art. 16.1a).
- b) Inzicht geven in de omvang van vervoer op de weg die wordt afgesloten op basis van de meest recente beschikbare gegevens (Beleidsregels EV art. 16.1b).
- c) Inzicht geven in de verwachte toename van het vervoer op de omrijroutes (Beleidsregels EV art. 16.1c).
- d) Vermelden, wat de gevolgen zijn op de opvulling van het GR-plafonds voor de omrijroutes (Beleidsregels EV art. 16.2 en toelichting).

Alleen nodig als de beperking van het verkeer op de bestaande route langer duurt dan vier maanden (Besluit administratieve bepalingen betreffende het wegverkeer, art. 37).

*8. Omrijden over wegen die geen deel uit maken van het basisnet  
(Beleidsregels EV par. 2.4)*

PR: Berekenen met aantallen per stofcategorie per jaar volgens de meest recente cijfers over de weg waarover wordt omgereden PLUS voor het af te sluiten wegdeel de aantallen per stofcategorie per jaar volgens de meest recente cijfers. Als de afsluitingsperiode korter is dan een jaar worden de aantallen vermenigvuldigd met de fractie van het jaar die de afsluiting duurt (Beleidsregels EV art. 20 en toelichting).

GR: Berekenen met aantallen per stofcategorie per jaar volgens de meest recente cijfers over de weg waarover wordt omgereden PLUS

voor het af te sluiten wegdeel de aantallen per stofcategorie per jaar volgens de meest recente cijfers. Als de afsluitingsperiode korter is dan een jaar worden de aantallen vermenigvuldigd met de fractie van het jaar die de afsluiting duurt (Beleidsregels EV art. 21).

N.B. alleen nodig in de gearceerde gevallen van Tabel 10-3.

Alleen nodig als de beperking van het verkeer op de bestaande route langer duurt dan vier maanden (Besluit administratieve bepalingen betreffende het wegverkeer, art. 37).

Algemeen geldt:

Wanneer een groepsrisicoberekening noodzakelijk is moet ook rekening gehouden worden met de overige stoffen naast de stofcategorie GF3 die over de weg vervoerd worden, daar deze stoffen ook van invloed zijn op de grootte van het invloedsgebied en de bij de groepsrisicoverantwoording te overwegen maatregelen.

Waar nodig moet de jaarintensiteit opgehoogd worden naar het jaartal van de te onderzoeken situaties. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van de bestaande prognoses.

### 10.2.3 *Gerelateerde parameters*

Voor berekeningen aan het wegtransport geldt een standaard dag-nachtverdeling van 70% van de transporten overdag en 30% in de nachtperiode. Voor de meteorologische dag/nacht verdeling geldt dan 61%/39%. Het transport vindt standaard gedurende de werkweek plaats, dus van maandag t/m vrijdag [34]. Op grond van detailgegevens over vervoer en bevolking kan de verdeling over de week eventueel worden verfijnd [35].

## 10.3 **Scenario's**

Bij het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg kunnen verschillende soorten ongevallen optreden. De kans dat deze ongevallen zich voordoen en de daarbij horende effecten kunnen sterk van elkaar variëren. Alle mogelijke uitstromingen worden met een beperkt aantal ongevalsscenario's gemodelleerd, die gepresenteerd worden in een zogenaamde gebeurtenissenboom.

De scenario's, ontleend aan [21] zijn gedefinieerd in Tabel 10-4. Bij vloeistoffen leidt een uitstroming tot plasvorming. De vermelde plasmogotten moeten worden aangehouden. Bij het vrijkomen van kleinere hoeveelheden (circa 0,5 m<sup>3</sup> uit een atmosferische transporteenheid) zal een kleine plas ontstaan. Dit scenario genoemd in [21] wordt niet meer meegenomen, omdat de effecten van een dergelijke plas naast de weg te verwaarlozen zijn.

Tabel 10-4 Scenario's wegtransport [21].

Scenario	Omschrijving	Straal plas (m)	
		brandbaar	toxisch
<i>Atmosferische tankwagens</i>			
Groot	Instantaan vrijkomen van de gehele Tankinhoud	23	23
Klein	Kleine uitstroming	10	10
<i>Gastankwagens</i>			
Groot	Instantaan vrijkomen van de gehele Tankinhoud	-	
Klein	Vloeistofuitstroming uit een gat met een effectieve diameter van 50 mm	-	

#### 10.4 Ongevalsefrequentie

In [21] zijn standaard waarden voor de generieke uitstromingsfrequentie van druk- en atmosferische tankwagens voor de drie wegtypen bepaald, dit zijn de per wegtype gemiddeld voor Nederland geldende uitstromingsfrequenties. Deze worden getoond in Tabel 10-5.

In de studie Actualisatie uitstromingsfrequenties wegtransport [37] is op basis van een analyse van recentere ongevalsgegevens geconcludeerd dat een aanpassing van deze uitstromingsfrequenties niet nodig is. Verder is geconcludeerd dat de in [21] beschreven methode om met lokale correctiefactoren op basis van letselongevallen de uitstroomfrequenties voor een wegtype te verbijzonderen niet voldoende robuust en betrouwbaar is.

Tabel 10-5 Uitstroomfrequenties per wegtype

Wegtype	Uitstroomfrequentie (/vtg/km)	
	Druk tankwagens	Atmosferische tankwagens
Autosnelweg	$4,3 \cdot 10^{-9}$	$8,4 \cdot 10^{-9}$
Weg buiten de bebouwde kom	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-8}$
Weg binnen de bebouwde kom	$3,8 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$

De uitstromingsfrequentie is gelijk aan het product van een initiële ongevalsfrequentie en de vervolgcans op een uitstroming van meer dan 100 kg. Deze vervolgcansen op een uitstroming van meer dan 100 kg worden behandeld in hoofdstuk 10.5 in Tabel 10-7. De initiële ongevalsfrequentie wordt de motorvoertuigletselongevalfrequentie genoemd en is gedefinieerd als de kans per afgelegde kilometer waarmee een motorvoertuig betrokken raakt bij een letselongeval zonder langzaam verkeer. De motorvoertuigletselongevalfrequentie per wegtype is gegeven in Tabel 10-6 en moet in combinatie met de vervolgcans op een uitstroming, Tabel 10-7, gebruikt worden als de ongevalsfrequentie in de risicoanalyse.

Tabel 10-6 Motorvoertuigletselongevalfrequentie (zonder ongevallen met langzaam verkeer) [21].

Wegtype	Motorvoertuigletselongevalfrequentie (/vtgkm)
Autosnelweg	$8,3 \cdot 10^{-8}$
Weg buiten de bebouwde kom	$3,6 \cdot 10^{-7}$
Weg binnen de bebouwde kom	$5,9 \cdot 10^{-7}$

## 10.5 Vervolgkansen en gebeurtenisbomen

### 10.5.1 Uitstroomkansen

De vaste uitstroomfrequenties uit Tabel 10-5 zijn op te vatten als het product van de motorvoertuigletselongevalfrequenties Tabel 10-6 en bijbehorende vervolgkansen op een uitstroming van meer dan 100 kg, zoals opgenomen in Tabel 10-7 [21, 37].

Tabel 10-7 De vervolgkansen op uitstroming van meer dan 100 kg

Wegtype	Kans op uitstroming > 100 kg	
	Druk tankwagens	Atmosferische tankwagens
Autosnelweg	0,052	0,101
Weg buiten de bebouwde kom	0,034	0,077
Weg binnen de bebouwde kom	0,006	0,021

### 10.5.2 Vervolgkansen per scenario

Niet alle uitstromingen van meer 100 kg zijn relevant voor het externe risico [21]. Daarnaast wordt een verdeling over de onderscheiden standaard scenario's, groot en klein, aangehouden. Dit is weergegeven in Tabel 10-8.

Tabel 10-8 Vervolgkansen van de scenario's [21]

Stofcategorie	Fractie relevante uitstroming	Fractie scenario	
		groot	klein
Brandbaar gas (GF)	0,3	0,35	0,65
Toxisch gas (GT)	0,3	0,35	0,65
Brandbare vloeistof (LF)	0,75	0,2	0,80
Toxische vloeistof (LT)	0,75	0,2	0,80

### 10.5.3 Ontstekingskansen

De volgende ontstekingskansen gelden voor brandbare stoffen:

Tabel 10-9 Ontstekingskansen [24, 36]

Stofcategorie	Ontstekingskansen	
	Direct	Vertraagd
Brandbare vloeistof LF 1	0,01	-
Brandbare vloeistof LF 2	0,065	0,065
Brandbare gassen (GF1 t/m GF3)	0,8	0,2

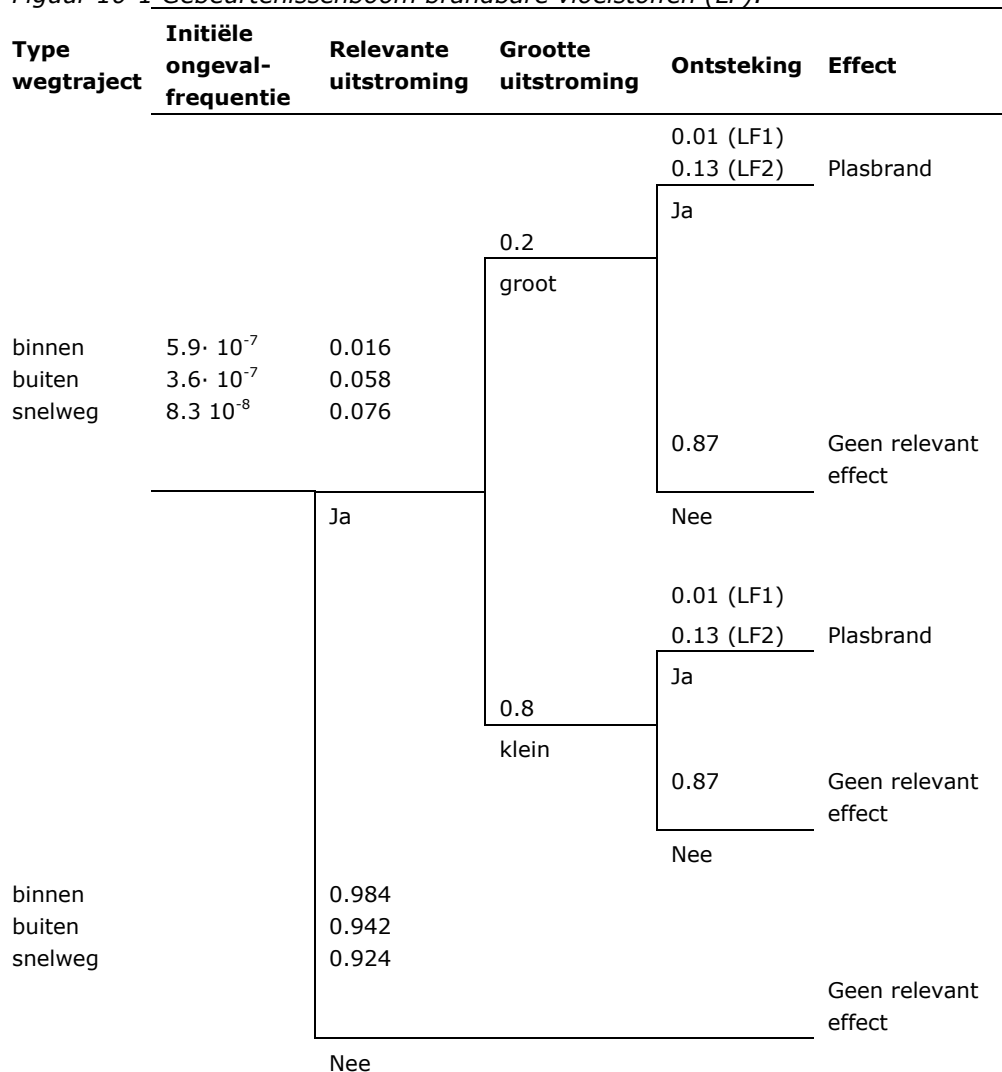
Bij vertraagde ontsteking van de brandbare vloeistof zal een wolkbrand ontstaan die de verdampende, brandbare plas ontsteekt. Daar de effectafstand van de wolkbrand vergelijkbaar is met die van de plasbrand zelf mag in de modellering de vervolgcans op een plasbrand gelijk gesteld worden aan de som van de directe en indirecte ontstekingskansen [36]. De kans op directe ontsteking bij LF1 (diesel) bedraagt 0.01. De kansen op ontsteking brandbaar gas worden sinds 1995 gehanteerd [24].

Na de vertraagde ontsteking van een gaswolk van uitgestroomde brandbare gassen treedt een effect op met de kenmerken van zowel een wolkbrand als een explosie. Dit wordt gemodelleerd als twee afzonderlijke gebeurtenissen, namelijk als een zuivere wolkbrand en een zuivere explosie. De fractie die gemodelleerd wordt als een explosie respectievelijk wolkbrand is gelijk aan 0,4 respectievelijk 0,6 [10].

#### 10.5.4 Gebeurtenissenbomen

In Figuur 10-1 wordt de gebeurtenissenboom voor brandbare vloeistoffen weergegeven. Figuur 10-2 geeft de gebeurtenissenboom voor brandbare gassen. In deze figuren staat "binnen" voor "binnen de bebouwde kom" en "buiten" voor "buiten de bebouwde kom"; de vervolgcansen op relevante uitstroming zijn het product van de vervolgcansen op uitstroming van meer dan 100 kg in Tabel 10-7 en de fractie relevante uitstroming in Tabel 10-8.

Figuur 10-1 Gebeurtenissenboom brandbare vloeistoffen (LF).



De gebeurtenissenboom voor toxische vloeistoffen (LT) is tot en met de ontwikkeling "grootte uitstroming" gelijk die van de brandbare vloeistoffen en resulteert bij zowel het kleine als grote scenario in het effect "toxische gaswolk".





Hier komt alleen de aanpak aan de orde bij wegen met een uitzonderlijk brede middenberm. Tevens wordt de modellering van splitsingen, kruisingen en knooppunten toegelicht.

### 10.6.1 *Brede middenberm tussen beide rijrichtingen*

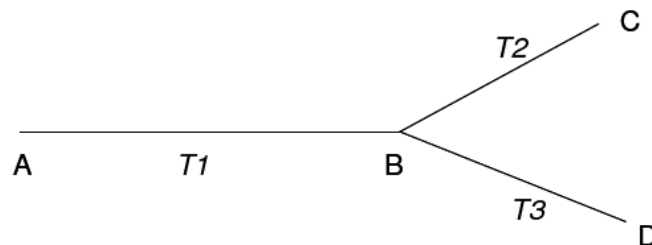
Wanneer de beide rijbanen van een weg méér dan 25 meter uit elkaar liggen moeten de beide rijbanen als aparte trajecten gemodelleerd worden om te voorkomen dat uitstromingspunten rekenkundig in de middenberm gesitueerd worden.

Allereerst kan het plaatsgebonden risico, het groepsrisico van de totale route en de ligging van de kilometer met het hoogste groepsrisico bepaald worden door de risico's van de beide trajecten te berekenen. Vervolgens worden alléén de trajectdelen waarop de kilometer met het hoogste groepsrisico ligt gemodelleerd en wordt het groepsrisico nogmaals berekend. Het totale groepsrisico dat nu berekend wordt is gelijk aan het groepsrisico van de kilometer met het hoogste groepsrisico [14].

### 10.6.2 *Splitsingen en kruisingen*

Om inzicht te krijgen in het groepsrisico van de verschillende trajecten op een splitsing moet men alle mogelijke combinaties van de wegen één voor één door te rekenen (minimaal 1 kilometer weg per combinatie), waarbij vervolgens het hoogste groepsrisico van toepassing wordt verklaard voor de splitsing of kruising. In Figuur 10-3 en Figuur 10-4 zijn schematische weergaven van respectievelijk een splitsing en een kruispunt opgenomen. In de tekst eronder is uitgelegd voor welke combinaties van wegen het groepsrisico berekend moet worden.

*Figuur 10-3 Schematische weergave van een splitsing.*

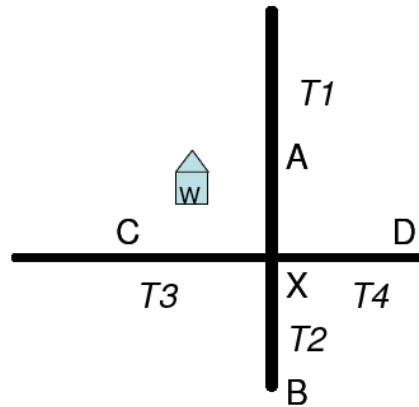


Om het groepsrisico van een splitsing (Figuur 10-3) te berekenen, moeten de volgende trajecten worden doorgerekend:

- Traject A-B-C met transportaantallen T1 (wegdeel A-B) en T2 (wegdeel B-C)
- Traject A-B-D met transportaantallen T1 (wegdeel A-B) en T3 (wegdeel B-D)
- Traject C-B-D met transportaantallen T2 (wegdeel B-C) en T3 (wegdeel B-D)

Met behulp van deze drie berekeningen moet worden nagegaan welke combinatie het hoogste groepsrisico heeft.

*Figuur 10-4 Schematische weergave van een kruising.*



Om het groepsrisico van een kruising (Figuur 10-4) te berekenen moeten de volgende trajecten worden doorgerekend:

- Traject A-x-B, met transportaantallen T1 (wegdeel A-X) en T2 (wegdeel B-X)
- Traject A-x-C, met transportaantallen T1 (wegdeel A-X) en T3 (wegdeel C-X)
- Traject A-x-D, met transportaantallen T1 (wegdeel A-X) en T4 (wegdeel D-X)
- Traject C-x-D, met transportaantallen T3 (wegdeel C-X) en T4 (wegdeel D-X)
- Traject B-x-D, met transportaantallen T2 (wegdeel B-X) en T4 (wegdeel D-X)
- Traject B-x-C, met transportaantallen T2 (wegdeel B-X) en T3 (wegdeel C-X)

Met behulp van deze berekeningen kan worden nagegaan welk deeltraject het hoogste groepsrisico heeft.

In het geval dat men vooral geïnteresseerd is in de invloed van bebouwing op het groepsrisico van een splitsing of kruispunt kan men aan de hand van beschikbare gegevens ten aanzien van de vervoersintensiteiten, de bebouwingsdichtheden en de afstand tot de routes het door te rekenen combinaties op voorhand reduceren door met name in te gaan op die routes waar het groepsrisico wordt beïnvloed door die bebouwing.

### 10.6.3 Knooppunten (klaverbladen)

Bij omgevingsbesluiten in de nabijheid van een knooppunt hoeft alleen het groepsrisico berekend worden. Voor het aantal transporten op de verbindingbogen moet uitgegaan worden van de helft van de in de bijlage bij de Rbn genoemde vervoersintensiteiten GF3 voor het wegvak waar de boog van aftakt [5].

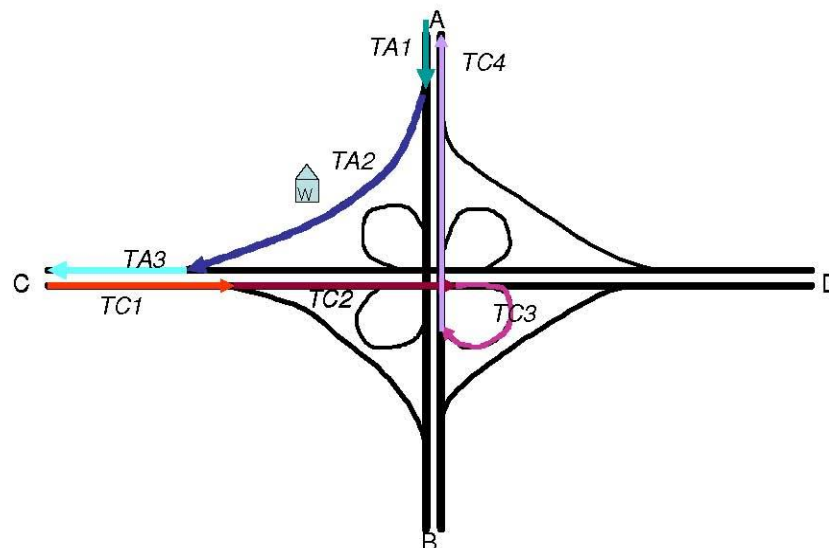
Bij de risicoanalyse van de infrabesluiten worden de wegen als een normale doorgaande weg tot aan (of als doorgaande weg ter plekke van) het knooppunt gemodelleerd en worden hiervan het plaatsgebonden risico en het groepsrisico berekend uitgaande van vervoersintensiteiten voor de huidige situatie, autonome ontwikkeling en toekomstige situatie.

Daarnaast moet het knooppunt zelf inclusief de verbindingbogen gemodelleerd worden. In ieder geval moet het plaatsgebonden risico van het knooppunt inclusief de verbindingbogen berekend worden. Een groepsrisicoberekening van het knooppunt inclusief de verbindingbogen is alleen noodzakelijk wanneer:

- een relatief hoog of grote toename van het plaatsgebonden risico (zowel in de berekening van de doorgaande route als die van het knooppunt inclusief verbindingsoogen) berekend is én
- het groepsrisico in de berekening van de doorgaande route ter plaatse van het knooppunt relatief hoog is of toeneemt én
- de verbindingsoog ten gevolge van de wegaanpassing dichter tegen de bebouwing aan komt te liggen en de populatiedichtheid van deze bebouwing zodanig hoog is dat een toename van het groepsrisico ten gevolge van de wegaanpassing verwacht kan worden

Wanneer het groepsrisico van het knooppunt volgens de hierboven beschreven condities berekend moet worden, moet deze berekening voor de 'doorgaande' routes via de verbindingsoogen over het knooppunt die deel uitmaken van de wegaanpassingen worden uitgevoerd. Als géén groepsrisicoberekening nodig is, moet in het rapport wel worden vermeld waarom de berekening niet noodzakelijk is.

*Figuur 10-5 Schematische weergave van een klaverblad inclusief verbindingsoogen (met vervoer AC er uit gelicht).*



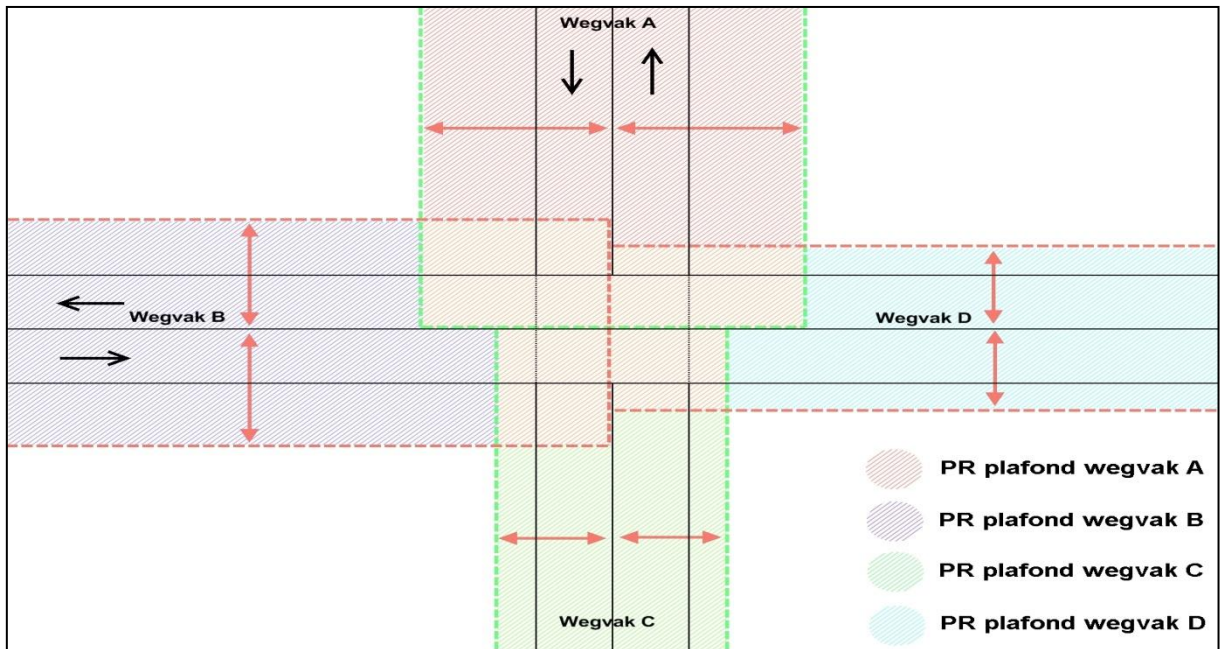
Om het aantal berekeningen niet onnodig groot te laten zijn wordt bij een groepsrisicoberekening van het knooppunt inclusief de verbindingsoogen voor de volgende aanpak gekozen: voer alleen voor de routes over de verbindingsoogen die onderdeel van de wegaanpassing uitmaken of waarlangs nieuwe bebouwing gepland is een berekening uit.

In het geval we vooral geïnteresseerd zijn in de route A-C, zie Figuur 10-5, dan moeten de wegdelen van A naar C en van C naar A in de risicoanalyse als aparte trajecten gemodelleerd worden. Voor het verkeer dat van A naar C rijdt gaat het dan om de wegdelen waar de hoeveelheden TA1, TA2 en TA3 vervoerd worden en voor de route van C naar A gaat het om de wegdelen waar de hoeveelheden TC1, TC2, TC3 en TC4 vervoerd worden. Bereken het groepsrisico van deze beide trajecten voor één kilometer trajectlengte; het groepsrisico van de totale route is dan gelijk aan het groepsrisico van de beide rijrichtingen.

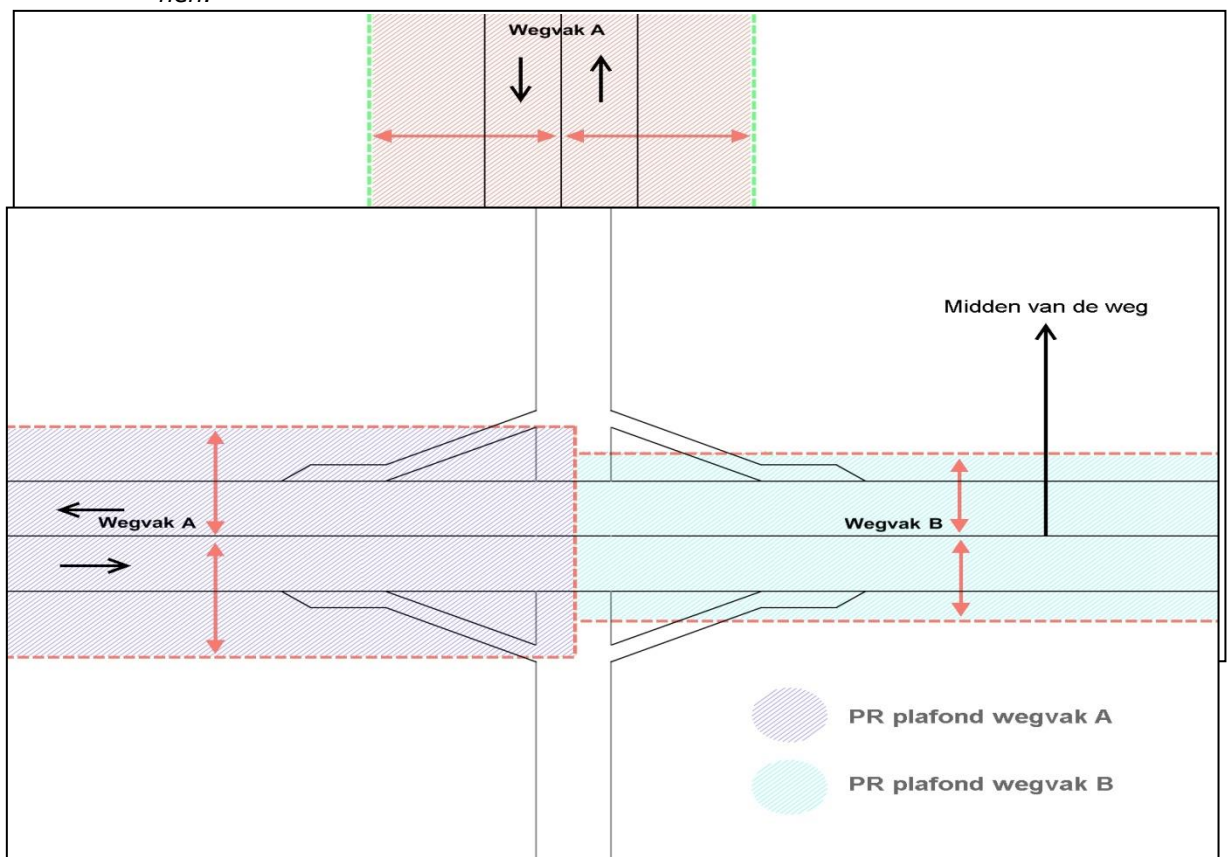
Daar waar dat nodig is kunnen meerdere routes op het knooppunt op deze wijze doorgerekend worden.

De volgende figuren geven voorbeelden van de bepaling van het begin en einde van een wegvak voor de berekening ter plaatse van een kruising of knooppunt [5].

*Figuur 10-6* Begin en einde van een wegvak bij een knooppunt met kruisende rijbanen.



*Figuur 10-7* Begin en einde van een wegvak bij een knooppunt met splitsende rijbanen.



## 11 Vaarwegen met minder dan 10% zeevaart (binnenvaartroutes)

Dit hoofdstuk is ingedeeld in zes paragrafen, te weten:

§ 11.1 Werkingssfeer en toepassingsgebied

§ 11.2 Vervoersgegevens

§ 11.3 Scenario's

§ 11.4 Ongevalsequentie

§ 11.5 Vervolgkansen

§ 11.6 Bijzondere situaties

### 11.1 Werkingssfeer en toepassingsgebied

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd moeten worden bij het analyseren van de risico's verbonden aan het vervoer van gevaarlijke stoffen over de vaarwegen met minder dan 10% zeevaart.

Het betreft alleen vervoer gevaarlijke stoffen met binnenvaartschepen. De vaarwegen met minder dan 10% zeevaart (binnenvaartroutes), net als de vaarwegen met meer dan 10% zeevaart (zeevaartroutes) zijn opgesomd in de bijlage 3 Regeling basisnet.

### 11.2 Vervoersgegevens

#### 11.2.1 Inleiding

Bij een risicoanalyse die betrekking heeft op het vervoer van gevaarlijke stoffen over water wordt alleen vervoer in tankschepen betrokken. Transport in (tank)containers wordt niet meegenomen, aangezien de kans op het raken en het lek raken van een container zo klein is dat deze niet substantieel bijdraagt aan het externe veiligheidsrisico [40, 41].

In Tabel 11-1 is de categorie- en stofindeling van het vervoer van gevaarlijke stoffen over de binnenwateren weergegeven.

Tabel 11-1 Stofcategorie indeling binnenwater [12, 13]

Categorie		Voorbeeldstof	Scheepstype
GF1	Brandbaar gas	nvt <sup>1</sup>	-
GF2	Brandbaar gas	n-Butaan	Gastanker
GF3	Brandbaar gas	Propaan	Gastanker
GT2	Toxisch gas	nvt <sup>2</sup>	-
GT3	Toxisch gas	Ammoniak	Gastanker/semi-gekoeld <sup>3</sup>
GT4	Toxisch gas	nvt <sup>2</sup>	-
GT5	Toxisch gas	nvt <sup>2</sup>	-
LF1	Brandbare vloeistof	Heptaan(diesel) <sup>4</sup>	enkel/dubbelwandig <sup>5</sup>
LF2	Brandbare vloeistof	Pentaaan(benzine)	enkel/dubbelwandig <sup>5</sup>
LT1	Toxische vloeistof	Acrylnitril	Dubbelwandig
LT2	Toxische vloeistof	Propylamine	Dubbelwandig
LT3	Toxische vloeistof	nvt <sup>2</sup>	-
LT4	Toxische vloeistof	nvt <sup>2</sup>	-

1. Ethyleenoxide is brandbaar en toxisch. Deze voorbeeldstoftoekenning betreft alleen de brandbare eigenschappen. De stofcategorie GF1 valt qua aantallen en effecten weg ten opzichte van GF2 en GF3. In het RBM II programma is GF1 dan ook niet als categorie opgenomen.
2. Deze stofcategorieën worden momenteel niet in tankschepen getransporteerd op de vaarweg.
3. De stofcategorie GT3 wordt zowel semi-gekoeld (5 °C) als onder druk (omgevingstemperatuur) vervoerd.
4. LF1 transporten worden gemodelleerd als 1/13e LF2 transport (dus het aantal LF1 transporten gedeeld door 13 optellen bij het aantal LF2 transporten); dit omdat de effecten van de plasbrand van de stofcategorie LF1 en LF2 vrijwel gelijk zijn en alleen de kans op ontsteking van LF1 stoffen 13 maal lager is dan van LF2 stoffen.
5. Het ADN [42] schrijft in hoofdstuk 3.2.3 tabel C voor welke stoffen in tankschepen mogen worden vervoerd. Tot 2018 gelden overgangsbepalingen voor bestaande schepen (par. 1.6.7.4.2). Na 2018 is voor een zeer beperkt aantal stoffen het vervoer in enkelwandige tankers nog toegestaan. Het ligt in de verwachting dat het niet rendabel is om een enkelwandig schip voor dit beperkte stoffenpalet in de vaart te houden. Het aandeel gevaarlijke stoffen dat in dubbelwandige schepen vervoerd wordt zal derhalve in de periode tot 2020 gaan toenemen tot 100%. Voor de situatie 2011 is 60% van het vervoer van gevaarlijke stoffen in de categorie LF2 in enkelwandige binnenvaartschepen het uitgangspunt.

### 11.2.2 Beoordeling Plaatsgebonden risico en Groepsrisico

In de wet basisnet en de bijbehorende regelgeving wordt voorgeschreven wanneer een berekening van het plaatsgebonden risico dan wel het groepsrisico uitgevoerd moet worden. In algemene zin is een berekening van het groepsrisico alleen in specifieke gevallen noodzakelijk (zie Tabel 11-2).

Tabel 11-2 Gevallen waarin het berekenen van het groepsrisico noodzakelijk is (donker gekleurde vlakken).

		Hoogte groepsrisico		
		< 0.1 maal ow	0.1-1.0 maal ow	>1 maal ow
Toename groepsrisico	< 10%		Zie noot 1	
	> 10%			

1. Wanneer de toename van het groepsrisico door het besluit kleiner is dan 10% kan een berekening achterwege blijven. De toename is kleiner dan 10% bij bijvoorbeeld een conserverend bestemmingsplan, waarin geen nieuwe ontwikkelingen mogelijk worden gemaakt.

Afhankelijk van de situatie wordt een bepaalde vervoersstroom gevaarlijke stoffen in de berekening gehanteerd. De situaties worden hieronder samengevat. Voor de exacte vereisten wordt verwezen naar de wetstekst. In geval dat er meerdere vaargeulen zijn, moet in de berekeningen elk vaargeul afzonderlijk worden gemodelleerd. Daarbij moet rekening worden gehouden met de verdeling van het vervoer over de verschillende vaargeulen. De gemaakte aannames moeten worden onderbouwd in de rapportage.

PR-risicoplafonds bij vaarwegen zijn anders vastgelegd dan bij wegen en spoorwegen. Deze liggen in principe op de begrenzingslijnen van de vaarweg zoals opgenomen in de legger, bedoeld in artikel 5.1 van de Waterwet<sup>20</sup>. Deze lijnen sluiten doorgaans aan bij de scheiding tussen water en land. Bij brede wateren, zoals de Oosterschelde en het IJsselmeer, ligt deze begrenzingslijn niet op de oever. De lijn ligt dan ergens op het water, afhankelijk van de ligging van de vaargeulen. De begrenzingslijnen zijn te raadplegen via de website van Rijkswaterstaat (zoek op legger Rijkswaterstaatwerken).

1. *Ruimtelijke ontwikkeling binnen 200 m van het Amsterdam-Rijnkanaal of Lekkanaal (Bevt art. 3.1, 8.1)*

PR: Valt samen met begrenzingslijn vaarweg.

GR: Berekenen met aantallen per stofcategorie uit bijlage 3 Rbn.  
N.B. alleen nodig in de gearceerde gevallen van Tabel 11-2.

2. *Ruimtelijke ontwikkeling binnen 200 m van de overige binnenvaartroutes die opgenomen zijn in het basisnet (Bevt art. 3.5, Rbn art. 13)*

PR: Geen toetsing op PR-plafond nodig. Er zijn wel extra bouweisen.

GR: Berekenen met aantallen per stofcategorie uit bijlage 3 Rbn.  
N.B. alleen nodig in de gearceerde gevallen van Tabel 11-2.

3. *Ruimtelijke ontwikkeling binnen 200 m van de binnenvaartroutes die niet opgenomen zijn in het basisnet*

<sup>20</sup> In afwijking daarop zijn de referentiepunten gelegen op:

- a. de Westerschelde met haar mondingen op de begrenzingen van de vaargeulen;
- b. het Hartelkanaal en het Beerkanaal op de begrenzingslijnen zoals weergegeven op de kaart in bijlage III bij de Waterregeling.



PR: Geen toetsing op PR nodig.

GR: Geen toetsing op GR nodig.

*4. Wijziging van vaarwegen die deel uit maken van het basisnet (Beleidsregels EV par. 4.1)*

PR:

- a) Vermelden PR-plafonds voor in de studiegebied gelegen vaarwegen (Beleidsregels EV art. 37.1a).
- b) Vermelden of er wijziging van de ligging van de referentiepunten en de toename van het vervoer kan worden verwacht (Beleidsregels EV art. 37.1b en 37.1c).
- c) Vermelden, wat de gevolgen ervan zijn op de opvulling van de PR-plafonds (Beleidsregels EV art. 37.2).

GR: Berekenen in de gearceerde gevallen van Tabel 11-2 met de aantallen per stofcategorie uit bijlage 3 Rbn (Beleidsregels EV art. 38).

*5. Aanleg of wijziging van vaarwegen die geen deel uit maken van het basisnet (Beleidsregels EV par. 42)*

PR:

- a) Als het gaat om de aanleg van een nieuwe vaarweg, berekenen met aantallen per stofcategorie ingeschat op basis van de aantallen voor in de studiegebied gelegen vaarwegen uit bijlage 3 Rbn (Beleidsregels EV art. 42).
- b) Als het gaat om een wijziging van een vaarweg, berekenen met aantallen per stofcategorie volgens de meest recente beschikbare gegevens (Beleidsregels EV art. 42).

GR

- a) Als het gaat om de aanleg van een nieuwe vaarweg, berekenen met aantallen per stofcategorie ingeschat op basis van de aantallen voor in de studiegebied gelegen vaarwegen uit bijlage 3 Rbn (Beleidsregels EV art. 43).
- b) Als het gaat om een wijziging van een vaarweg, berekenen met aantallen per stofcategorie volgens de meest recente beschikbare gegevens (Beleidsregels EV art. 43).

N.B. alleen nodig in de gearceerde gevallen van Tabel 11-2.

### 11.2.3 Gerelateerde parameters

Voor berekeningen aan het vaarwegtransport geldt standaard een uniforme verdeling van het transport over het etmaal, wat leidt tot een meteorologische dag/nacht verhouding van 0,44/0,56. Het transport vindt voor 71,4% gedurende de werkweek plaats (maandag t/m vrijdag) en 28,6% in het weekend.

## 11.3 Scenario's

Bij vervoer van gevaarlijke stoffen over binnenwater kunnen verschillende soorten ongevallen optreden. De kans dat deze ongevallen zich voordoen en de daarbij horende effecten kunnen sterk variëren. In dit verband wordt wel gesproken van ongevalsscenario's, die gepresenteerd worden in een zogenaamde gebeurtenissenboom (zie tevens module B, hoofdstuk 6.2).

De representatieve systeemgroottes zijn gegeven in Tabel 11-3; de uitstroombesnoeiingen in Tabel 11-4.

Tabel 11-3 Karakteristieke tankinhouden [43]

Stofcategorie	Inhoud	Eenheid
Enkelwandig	150	m <sup>3</sup>
Dubbelwandig of gekoeld	150	m <sup>3</sup>
Gastanker	180	m <sup>3</sup>

Tabel 11-4 Uitstroombesnoeiingen [43]

Scheepstype (stofcategorie)	Scenario	Gatgrootte (mm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Uitstroomtijd (s)
Enkelwandig (LF)	Groot		75	1.800
	Klein		30	1.800
Dubbelwandig (LF, LT)	Groot		75	1.800
	Klein		20	1.800
Gastanker (GT, GF)	Groot	150 <sup>1</sup>		Max 1.800
	Klein	75 <sup>1</sup>		Max 1.800

- De uitstroming wordt gemodelleerd als tweefasen uitstroming. Bij binnenvaartschepen treedt dus géén instantane uitstroming op, alleen een grote en kleine continue uitstroming, zie ook hoofdstuk 6.1. Het scenario is breuk van een met de tank verbonden leiding [23]. Toxische gassen (ammoniak) kunnen onder druk bij omgevingstemperatuur worden vervoerd dan wel gekoeld. De vervoerstemperatuur wordt in het laatste geval via het uitstromingsmodel verwerkt in de bronsterkteberekening. In RBM II is dit gevat onder het vervoermiddel "semi gekoeld schip".

## 11.4 Ongevalsequentie

### 11.4.1 Locatiespecifieke faalfrequentie

Voor een risicoberekening van een vaarweg moet gebruik worden gemaakt van de locatiespecifieke scheepsschadefrequentie. De scheepsschadefrequentie is opgenomen in de Risicoatlas Hoofdvaarwegen Nederland [44] en weergegeven in bijlage 5. Wanneer de vaarweg niet in de risicoatlas is opgenomen, moet advies worden gevraagd aan Rijkswaterstaat via het steunpunt externe veiligheid (servicedesk-data@rws.nl). Bij nautisch bijzondere situaties (o.a. sluizen, stuwen en havens, zie par. 11.6) kan een meer gedetailleerde indeling van de vaarweg nodig zijn. De methode om locatiespecifieke faalfrequenties te berekenen is opgenomen in bijlage 6.

### 11.4.2 Default scheepsschadefrequentie

Wanneer de locatiespecifieke ongevalfrequentie onbekend is, moet deze bij voorkeur worden afgeleid op basis van de incident- en intensiteitregistratie (alle scheepvaart behalve recreatievaart). De methode hiervoor is beschreven in bijlage 6.

Is dat niet mogelijk dan is het toegestaan om de generieke ongevalsekans van de bevaarbaarheidsklasse (CEMT-klasse) te hanteren.

De bevaarbaarheidsklasse is gebaseerd op het voor de vaarweg maatgevende schip (type, lengte, breedte, geladen diepgang en doorvaarthoogte). Transport van gevaarlijke stoffen vindt alleen op vaarwegen met een bevaarbaarheidsklasse IV, V en VI plaats in zulke hoeveelheden dat er mogelijk externe risico's kunnen optreden [39].

De generieke ongevalfrequentie voor scheepsschades met zeer zware schade (minimaal een gat in de romp) per bevaarbaarheidsklasse zijn gegeven in Tabel 11-5[45].

Tabel 11-5 Default scheepsschadefrequentie per vaarwegtype [45]

Vaarwegtype (CEMT) <sup>21</sup>	Default scheepsschadefrequentie (/vtgkm)
Bevaarbaarheidsklasse 4	$8,67 \cdot 10^{-8}$
Bevaarbaarheidsklasse 5	$1,32 \cdot 10^{-7}$
Bevaarbaarheidsklasse 6	$4,14 \cdot 10^{-7}$

## 11.5 Vervolgkansen

### 11.5.1 Uitstroomkans

De vervolgkansen (conditionele kansen) op de uitstroomscenario's uit Tabel 11-4 na een scheepsschade met zeer zware schade (minimaal een gat in de romp) zijn opgenomen in Tabel 11-6 [45].

<sup>21</sup> Binnenvaart in Europa is opgedeeld in CEMT-klassen. Hiermee worden de afmetingen van vaarwegen in West-Europa op elkaar af gestemd. Per klasse zijn de maximale afmetingen van het schip vastgelegd. De indeling loopt van 0 t/m VII. Zie Default scheepsschadefrequentie RBM II voor meer informatie.

Tabel 11-6 Vervolgkansen op uitstroming per scheepstype [45]

Stofcategorie	Scenario	
	Groot	Klein
LF of LT in een enkelwandige tanker	0,22	0,44
LF of LT in een dubbelwandige tanker	0,005	0,02
GF of GT in een gastanker	0,00006	0,0125

*Bevaarbaarheidsklasse gecorrigeerde uitstroomkansen*

Op de kleinere, smallere vaarwegen (bevaarbaarheidsklassen 4 en 5) zijn de vaarsnelheden lager en mogelijke aanvaarhoeken kleiner dan op vaarwegen met bevaarbaarheidsklasse 6. Daarom worden de uitstroomkansen voor de bevaarbaarheidsklassen 4 en 5 gecorrigeerd met de factor uit Tabel 11-7. Deze correctiefactor geldt alleen voor dubbelwandige tankers en gastankers. Voor enkelwandige tankers staat een gat in de romp immers gelijk aan een gat in de ladingzone.

Tabel 11-7 Correctiefactoren op de uitstroomkans voor dubbelwandige tankschepen en gastankers [45]

Vaarwegtype (CEMT)	Correctiefactor
Bevaarbaarheidsklasse 4	0,44
Bevaarbaarheidsklasse 5	0,59

### 11.5.2 Ontstekingskansen

De ontstekingskansen die gelden voor brandbare stoffen zijn opgenomen in Tabel 11-8[13].

Tabel 11-8 Ontstekingskansen per brandbare stofcategorie [22]

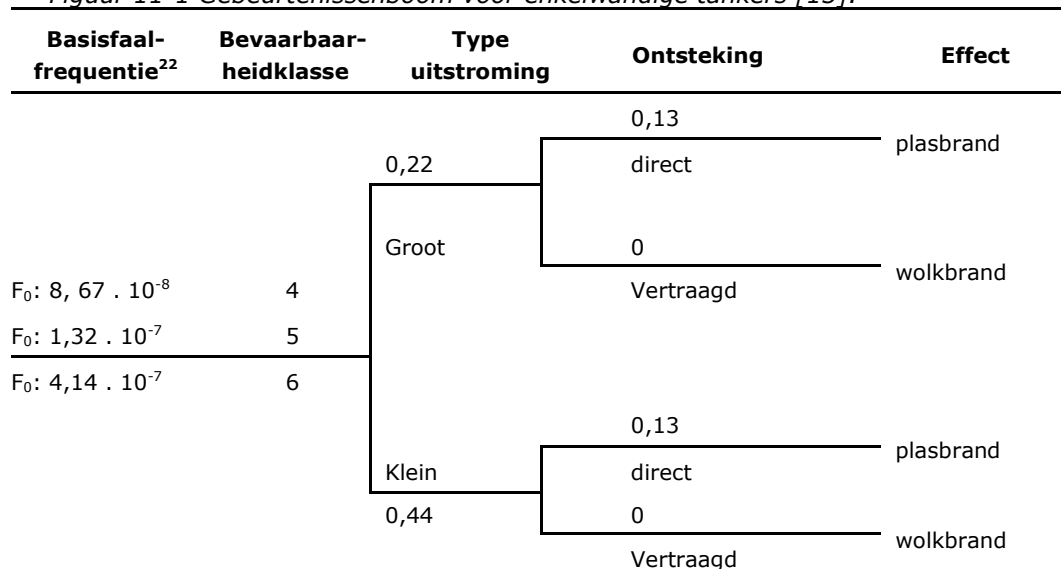
Stofcategorie	Scenario	Kans directe ontsteking	Kans vertraagde ontsteking
Brandbare vloeistof LF 1	Alle	0,01	0
Brandbare vloeistof LF 2	Alle	0,13	Nvt <sup>1</sup>
Brandbare gassen (GF1 t/m GF3)	groot	0,7	0.3
Brandbare gassen (GF1 t/m GF3)	klein	0,5	0.5

1. Bij vertraagde ontsteking van de brandbare vloeistof zal een volkbrand ontstaan die de brandbare plas ontsteekt. De kans op een plasbrand is daarom gelijk aan de kans op de directe ontsteking (0,065) plus de kans op vertraagde ontsteking (0,065), welke hier als kans op directe ontsteking is opgenomen.

### 11.5.3 Gebeurtenissenbomen

In Figuur 11-1 wordt de gebeurtenissenboom voor enkelwandige tankers met brandbare vloeistoffen weergegeven. Figuur 11-2 geeft de gebeurtenissenboom voor dubbelwandige tankers met vloeistoffen. Figuur 11-3 geeft de gebeurtenissenboom voor gastankers onder druk [25, 45].

*Figuur 11-1 Gebeurtenissenboom voor enkelwandige tankers [13].*



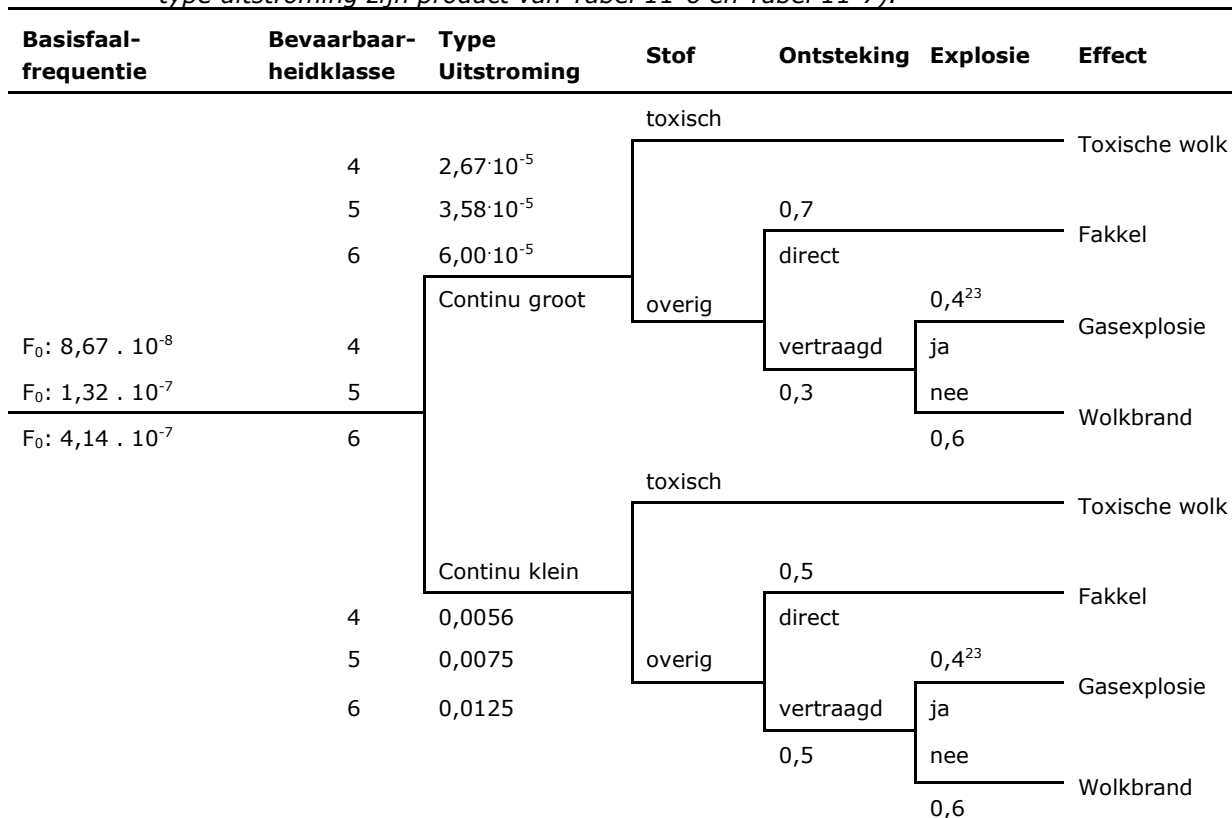
Bij het vervoer van stofcategorie LF1 is de ontstekingskans 0,01 in plaats van 0,13. Enkelwandige tankers worden alleen gebruikt voor het vervoer van brandbare vloeistoffen. Bovendien worden enkelwandige binnenvaartschepen voor gevaarlijke stoffen langzaam uitgefaseerd, zie noot 4 bij Tabel 11-1.

<sup>22</sup> De aanbevolen methode is om géén gebruik te maken van de weergegeven default faalfrequentie maar van de locatiespecifieke frequentie.

*Figuur 11-2 Gebeurtenissenboom voor dubbelwandige tankers (LF en LT) [25], [45] (vervolgkansen op type uitstroming zijn product van Tabel 11-6 en Tabel 11-7).*

Basisfaalfrequentie	Bevaarbaarheidsklasse	Type uitstroming	Stof	Ontsteking	Effect	
$F_0: 8,67 \cdot 10^{-8}$ $F_0: 1,32 \cdot 10^{-7}$ $F_0: 4,14 \cdot 10^{-7}$	4	0,0022	Toxisch		Toxisch effect	
	5	0,0030	Brandbaar		Toxisch effect	
	6	0,005		0,13	Plasbrand	
	4	Groot		direct	0	wolkbrand
	5			Vertraagd	wolkbrand	
	6		Toxisch		Toxisch effect	
	4		Klein	overig	0,13	Plasbrand
	5	0,0089	direct		0	wolkbrand
	6	0,012	Vertraagd		wolkbrand	
	6	0,02				

Figuur 11-3 Gebeurtenissenboom gastankers (GF en GT) [13] (vervolgkansen op type uitstroming zijn product van Tabel 11-6 en Tabel 11-7).



## 11.6 Bijzondere situaties

De hiervoor beschreven rekenmethodieken zijn geschikt voor de standaard situatie, vaarwegen op maaiveld-niveau. Er zijn echter bijzondere situaties die faalkansen of verspreiding van stoffen kunnen beïnvloeden. Het zijn:

- Sluizen, stuwen en havens;
- Verhoogde en verdiepte ligging;
- Knooppunten en kruispunten;
- Viaducten, bruggen e.d.;
- Ongelijke verdeling transporten over de breedte.

Bij risicoberekeningen aan basisnet routes wordt ervan uitgegaan dat de standaard berekening in deze situaties nog steeds representatief dan wel licht conservatief is. Wanneer deze situaties invloed hebben op de kans op een zware scheepsschade komt dit terug in de locatiespecifieke ongevalfrequentie, zie hoofdstuk 10.4.

Bij risicoberekeningen aan basisnet-vaarwegen wordt dan ook niet separaat rekening gehouden met deze bijzondere situaties. Uiteraard zijn zij wel uiterst relevant bij beschouwing van de mogelijkheden tot voorbereiding van bestrijding en beperking van de omvang van een ramp conform Bevt art. 7.

<sup>23</sup> De 40% kans op een explosieve verbranding is ontleend aan [25], [13]

## 12 Vaarwegen met meer dan 10% zeevaart (zeevaartroutes)

De risico's van het transport van gevaarlijke stoffen in zeeschepen kunnen op dit moment nog niet met RBM II berekend worden. Zolang de hiervoor benodigde modellen nog niet in RBM II zijn opgenomen, moet er voor de vaarwegen waar het aandeel zeeschepen groter is dan 10% van het totale aantal schepen, een kwalitatieve inschatting van de risico's worden opgesteld om inzichtelijk te maken dat de risico's niet onacceptabel hoog zijn. Daarbij moet worden ingegaan op de volgende aspecten:

- eerdere externe veiligheid risicoanalyses;
- expert judgement;
- (wijzigingen in) de totale zee- en binnenvaart intensiteit;
- (wijzigingen in) de massa's en snelheden van de zeevaart;
- (wijzigingen in) de aantallen schepen die voor de externe veiligheid relevante stofcategorieën per zee- of binnenvaart in bulk vervoeren;
- (wijzigingen in) de in de omgeving van de vaarweg aanwezige personen;
- het effect van de op/aan de vaarweg te wijzigen aspecten/onderdelen op alle hierbovenstaande punten.



## 13 Begrippenlijst

Begrip	Beschrijving
1%-letaliteitsafstand	De maximale effectafstand vanaf de bron waarop 1 uit 100 blootgestelden dodelijk getroffen wordt als gevolg van een uitstroming van een gevaarlijke stof.
ADN	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voie de navigation intérieure
ATB-EG	Automatische Trein Beïnvloeding - Eerste Generatie.
ATBVv	Automatische Trein Beïnvloeding – Verbeterde versie.
Baanvaknelheid	De maximale snelheid die geldt op het betreffende baanvak
Basisnet (Spoor, Weg en Vaarweg)	Het basisnet is een routenetwerk voor het transport van gevaarlijke stoffen over spoorwegen, vaarwegen en (rijks)wegen, waarin een duidelijke keuze tussen het spanningsveld van transport, economie en ruimtelijke ordening is aangebracht. Aan elke route/elk traject is daartoe een risicoplafond voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico toegekend met het daarbij behorende vervoersplafond.
Basisnetafstand	Afstand tussen referentiepunt en PR-plafond
Beperkt kwetsbaar object	Object als bedoeld in art. 1.1 onder b. van het Besluit externe veiligheid inrichtingen <ol style="list-style-type: none"> <li>a. 1e. verspreid liggende woningen, woonschepen en woonwagens van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen, woonschepen of woonwagens per hectare, en</li> <li>2e. dienst- en bedrijfswoningen van derden;</li> <li>b. kantoorgebouwen, voorzover zij niet als kwetsbaar worden aangeduid;</li> <li>c. hotels en restaurants, voorzover zij niet als kwetsbaar worden aangeduid;</li> <li>d. winkels, voorzover zij niet als kwetsbaar worden aangeduid;</li> <li>e. sporthallen, sportterreinen, zwembaden en speeltuinen;</li> <li>f. kampeerterreinen en andere terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, voorzover zij niet als kwetsbaar worden aangeduid;</li> <li>g. bedrijfsgebouwen, voorzover zij niet als kwetsbaar worden aangeduid;</li> </ol>

Begrip	Beschrijving
Bevaarbaarheidklasse	<p>h. objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voorzover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en</p> <p>i. objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale of een gebouw met vluchtleidingsapparatuur, voorzover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval;</p>
Bevi	Internationale vaarwegindeling. De bevaarbaarheid is onderverdeeld in zes klassen die, aan de hand van het laadvermogen en de afmetingen van de vaartuigen, informatie geven over de capaciteit van de vaarweg (zie CEMT klasse).
Bevt	Besluit externe veiligheid inrichtingen Stb. 2004, 250.
Bevoegd gezag	Besluit externe veiligheid transportroutes Stb. 2013, 465
BLEVE	Lichaam dat een bestemmingsplan vaststelt, een omgevingsvergunning verleent of een tracé- of wegaanpassingsbesluit vaststelt.
Bloktrein	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
Bonte trein	Trein met wagens met daarin uitsluitend stoffen uit één stofcategorie.
CEMT-klasse	Trein met wagens met daarin meerdere soorten/categorieën gevaarlijke stof.
Conditionele kans	Indeling vaarwegen in bevaarbaarheidsklassen van de Conférence Européen de ministres de transport (CEMT) 1992. De CEMT-klasse legt de maximale afmetingen vast van een schip dat is toegelaten op een bepaalde vaarweg.
	Voorwaardelijke kans op Y gegeven X. Wanneer we al voorkennis hebben dat een gebeurtenis X heeft plaatsgevonden, wordt de kans op Y hierdoor beïnvloed. Bijvoorbeeld de kans op uitstroming is bij de subset letselongevallen met snelverkeer, groter dan wanneer van alle ongevallen inclusief langzaam verkeer de vervolgekans op uitstroming wordt bepaald.

<b>Begrip</b>	<b>Beschrijving</b>
Dispersie	Het vermengen en verspreiden van stoffen in de lucht
Domino-effect	Het effect dat een uitstroming uit één installatie of transportmiddel leidt tot een uitstroming uit een andere installatie of transportmiddel
Dosis	Een maat voor de integrale blootstelling; functie van concentratie en blootstellingsduur of van warmtestraling en blootstellingsduur.
Druktankwagen	Wagen met een opslagtank onder druk waarin de maximaal toegestane druk groter is dan 0,5 bar overdruk.
Effectafstand	De afstand tot waar een calamiteit een bepaald effect (overlijden, verwonding) heeft op een persoon die zich daar onbeschermd bevindt, gegeven het scenario en de weerklasse.
Explosie	Plotseling vrijkomen van energie waardoor een drukgolf wordt veroorzaakt
Externe veiligheid (EV)	De risico's voor de in de omgeving aanwezige personen veroorzaakt door bijvoorbeeld het transport van gevaarlijke stoffen over water, weg en spoor.
Fakkel	Verbranding van materiaal dat met grote impuls uit een opening stroomt.
Flash	Deel van een oververhitte vloeistof dat snel verdampt vanwege een relatief snelle drukvermindering van de druk in de tank naar de omgevingsdruk, waarbij het ontstane damp/vloeistofmengsel afkoelt tot beneden het kookpunt.
Flash fire	Wolkbrand. De ontbranding van een brandbaar mengsel van damp en lucht, waarbij de vlam zich door het mengsel beweegt met een snelheid die lager is dan geluidssnelheid, zodat een te verwaarlozen schadelijke overdruk ontstaat.
Flashverdamping	Zie Flash.
Fn-curve	De dubbel logaritmische grafiek van het groepsrisico: de x-as geeft het aantal sterfgevallen en de y-as de cumulatieve frequentie van ongevallen, waarbij het aantal sterfgevallen gelijk is aan of groter is dan N.
Frequentie	Het aantal malen dat in een bepaalde periode een bepaalde uitkomst wordt verwacht (zie ook kans).
Gaswolkexplosie	Een explosie die het gevolg is van de ontbranding van een wolk van ontbrandbare damp, gas of spray gemengd met lucht, waarin de vlamsnelheid dusdanig hoog wordt dat er een significante

Begrip	Beschrijving
Gebeurtenissenboom	overdruk ontstaat. Een diagram waarin combinaties van succes en falen worden gebruikt om reeksen gebeurtenissen te identificeren die leiden tot alle mogelijke consequenties van een bepaalde begin-gebeurtenis.
Gevaarlijke stof	Onder 'gevaarlijke stoffen' worden, met uitzondering van het vervoer door buisleidingen, die stoffen verstaan die in het kader van artikel 1, eerste lid, onderdeel b, sub 1 tot en met 9, van de Wet vervoer gevaarlijke stoffen als gevaarlijk moeten worden beschouwd. Meer in het bijzonder zijn dit de stoffen, preparaten en voorwerpen die krachtens artikel 3 van de WVGS zijn aangewezen. Deze stoffen zijn te vinden in de bijlagen bij de verdragen die zijn gesloten voor de verschillende vervoermodaliteiten, te weten het ADR (wegvervoer), het ADN (binnenvaart) en het RID (spoorvervoer). Deze bijlagen zijn tevens opgenomen als bijlage I bij de verschillende Nederlandse regelingen, te weten de Regeling vervoer over land van gevaarlijke stoffen (VLG), de Regeling vervoer over de binnenwateren van gevaarlijke stoffen (VBG) en de Regeling vervoer over de spoorweg van gevaarlijke stoffen (VSG).
GEVI	Gevaarsidentificatie nummer. Deze code wordt vermeld op het oranje bord dat transporten van gevaarlijke stoffen verplicht zijn te voeren.
GR	Groepsrisico (zie groepsrisico).
GR-plafond	Plaats waar het plaatsgebonden risico maximaal $10^{-7}$ of $10^{-8}$ bedraagt.
Groepsrisico	De frequentie (per jaar) dat een groep personen van minstens 10 personen het dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval met gevaarlijke stoffen. Het groepsrisico wordt over het algemeen weergegeven met een Fn-curve.
HART	Handleiding Risicoanalyse Transport
Hoofdwegennet	Wegen die onderdeel uitmaken van de nationale hoofdinfrastructuur zoals gedefinieerd in het SW-II (Structuurschema Verkeer en Vervoer (Tweede Kamer 1990-1991 20922 nr. 114).
HRB	Handleiding Risicoberekeningen Bevi
Instantaan vrijkomen	Het in korte tijd in één keer vrijkomen van de gehele inhoud van een transporteenheid.
Invloedsgebied	Gebied aan weerszijden van een weg, spoorweg of binnenwater, waar ten hoogste 1% van de in dat

<b>Begrip</b>	<b>Beschrijving</b>
IVS-90	gebied aanwezige personen kan overlijden als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval met een over die route vervoerde gevaarlijke stof. De grootte van het gebied wordt bepaald door de 1% letaliteitsafstand van verst reikende vervoerde stof en de lengte van de transportroute onder studie.
Kans	Informatie- en Volgstelsel voor de Scheepvaart. Maat voor de waarschijnlijkheid dat een gebeurtenis plaatsvindt, uitgedrukt in een dimensieloos getal tussen 0 en 1.
Kwantitatieve risicoanalyse	Systematisch onderzoek naar de kansen op en gevolgen van ongevallen bij activiteiten met gevaarlijke stoffen. Kans en gevolg worden gecombineerd tot het begrip risico.
Kwe	Ketelwagen equivalent
Kwetsbaar object	Object als bedoeld in art. 1.1 onder I. van het Besluit externe veiligheid inrichtingen <ul style="list-style-type: none"><li>a. woningen, woonschepen en woonwagens, niet zijnde woningen, woonschepen of woonwagens die als beperkt kwetsbaar worden aangeduid</li><li>b. gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:<ul style="list-style-type: none"><li>1e. ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;</li><li>2e. scholen, of</li><li>3e. gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen;</li></ul></li><li>c. gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, waartoe in ieder geval behoren:<ul style="list-style-type: none"><li>1e. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m<sup>2</sup> per object, of</li><li>2e. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m<sup>2</sup> bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m<sup>2</sup> per winkel, voorzover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd, en</li></ul></li><li>d. kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten</li></ul>

Begrip	Beschrijving
Loss of Containment (LOC)	dagen; Gebeurtenis die leidt tot vrijkomen van materiaal in de atmosfeer.
Maximale effectafstand	Zie 1%-letaliteitsafstand.
NWB-vaarwegen	Nationaal wegenbestand vaarwegen
Ontploffbare stoffen	Onder ontploffbare stoffen worden verstaan: a. 1°. stoffen en preparaten die ontploffingsgevaar opleveren door schok, wrijving, vuur of andere ontstekingsoorzaken (waarschuwingzin R2); 2°. pyrotechnische stoffen. Onder een pyrotechnische stof wordt verstaan een stof of een mengsel van stoffen die of dat tot doel heeft warmte, licht, geluid, gas of rook of een combinatie van dergelijke verschijnselen te produceren door middel van niet-ontploffende, zichzelf onderhoudende exotherme chemische reacties; 3°. ontploffbare of pyrotechnische stoffen en preparaten die in voorwerpen zijn vervat; b. stoffen en preparaten die ernstig ontploffingsgevaar opleveren door schok, wrijving, vuur of andere ontstekingsoorzaken (waarschuwingzin R3).
Ontstekingsbron	Iets wat een brandbare wolk kan ontsteken, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van vonken, hete oppervlakken of open vuur.
Oriëntatiewaarde	Dit begrip wordt gebruikt in de normstelling externe veiligheid voor het groepsrisico. De oriëntatiewaarde voor het groepsrisico is per km-route of tracé bepaald op $10^2/N^2$ , dat wil zeggen een frequentie van $10^{-4}/\text{jr}$ voor 10 slachtoffers, $10^6/\text{jr}$ voor 100 slachtoffers, etc.
Pasquill-klasse	Klassificatie voor de stabiliteit van de atmosfeer, aangeduid met de letters A t/m F, waarbij A voor zeer instabiel staat en F voor stabiel.
PGS	Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen.
Plaatsgebonden risico	Risico op een plaats langs, op of boven een transportroute, uitgedrukt in een waarde voor de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval op die transportroute waarbij een gevaarlijke stof betrokken is
Plaatsgebonden risicocontour	Grafische weergave van het plaatsgebonden risico, waarbij punten met hetzelfde plaatsgebonden risico met elkaar verbonden zijn.
Plasbrand	De ontbranding van materiaal dat verdampt uit een

<b>Begrip</b>	<b>Beschrijving</b>
	laagje vloeistof (plas).
PR	Plaatsgebonden Risico (zie Plaatsgebonden risico)
PR-plafond	Plaats waar het plaatsgebonden risico maximaal $10^{-6}$ is
Probit	Getal dat rechtstreeks aan de kans is gerelateerd door numerieke omzetting.
Probitrelatie	Een probitrelatie geeft het verband weer tussen de dosis (als functie van de concentratie van de stof/warmtestraling en de blootstellingstijd) en de respons (de fractie van de blootgestelde populatie die een bepaald effect vertoont). Op deze manier kan met een probitrelatie voor een stof voor iedere willekeurige concentratie/warmtestraling en blootstellingstijd het percentage sterfte worden bepaald.
ProRail	ProRail is verantwoordelijk voor het spoorwegnet van Nederland: aanleg, onderhoud, beheer en veiligheid.
QRA	Zie Kwantitatieve Risicoanalyse.
Raccordementslijnen	Dit zijn spoorlijnen die veelal de verbinding vormen tussen een bedrijfsterrein en de vrije baan of een goederenemplacement.
RBM II	RisicoBerekeningsMethodiek II. Softwarepakket voor het bepalen van de risico's van het transport van gevaarlijke stoffen, ontwikkeld en onderhouden in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Milieu.
Rbn	Regeling basisnet, Stcrt. 2014, 8242
Referentiepunt	Punt op de basisnet transportroute van waar af de basisnetafstand wordt gemeten, als gedefinieerd in de Rbn art. 3 t/m 6
RID	Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses.
Risico	Risico wordt gedefinieerd als de kans dat binnen een vaststaande periode, meestal één jaar, een ongewenst effect optreedt. Dientengevolge wordt het risico uitgedrukt als een dimensieloos getal. Vaak wordt het risico echter uitgedrukt als een frequentie-eenheid ' per jaar '. In deze Handleiding wordt de frequentie gebruikt om het risico op het (acuut) overlijden ten gevolge van een ongeval met gevaarlijke stoffen aan te duiden.
Risicoanalyse	Zie kwantitatieve risicoanalyse.
Risicocontour	zie Plaatsgebonden risicocontour.

<b>Begrip</b>	<b>Beschrijving</b>
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
RO	Ruimtelijke Ordening
RVA	Redelijkerwijs te verwachten aanwezigheid
Ruwheidslengte	Kunstmatige lengteschaal die wordt gebruikt in formules waarmee de stroomsnelheid over een bepaald oppervlak wordt beschreven en die de ruwheid van het oppervlak weergeeft. De ruwheidslengte van de omgeving bepaalt de windsnelheid op grondniveau.
Scenario	Veronderstelde loop van gebeurtenissen. Beschrijving van het vrijkomen van gevaarlijke stof aan de hand van hoeveelheid en uitstroomduur.
Schadeklasse	Mate van schade.
SOS-database	Rijkswaterstaat beheert een centrale Scheepsongevallendatabase (SOS-database). Hierin staan gegevens over scheepsongevallen en andere voorvallen te water die hebben plaatsgevonden binnen het nautische en economische beheergebied van Nederland.
Stofcategorie(-indeling)	Specifieke indeling van stoffen in een beperkt aantal categorieën welke een voor de externe veiligheid vergelijkbaar risico opleveren en per stofcategorie met één voorbeeldstof gemodelleerd kunnen worden. Uitgangspunt voor deze indeling zijn de voor externe risico's relevante stoffeigenschappen, zoals vluchtigheid, brandbaarheid en toxiciteit.
Tot vloeistof verdicht gas	Gas dat is samengeperst tot een druk die gelijk is aan de verzadigingsdampdruk bij opslagtemperatuur, zodanig dat het merendeel van het gas is gecondenseerd tot de vloeibare fase.
Studiegebied	rond de aan te leggen of te wijzigen hoofdweg, hoofdspoorweg of hoofdvaarweg gelegen gebied, waarin hoofdwegen, hoofdspoorwegen respectievelijk hoofdvaarwegen, of delen daarvan, zijn gelegen, ten aanzien waarvan naar het oordeel van Onze Minister redelijkerwijs kan worden verwacht dat de stromen van het vervoer van gevaarlijke stoffen als gevolg van de betrokken aanleg of wijziging zullen wijzigen
Transportroute	De te evalueren weg, spoorweg, of vaarweg. De transportroute wordt met één of meerdere trajecten gemodelleerd.
Uitstromingfrequentie	De kans per voertuigkilometer (of per jaar) dat door een ongeval een uitstroming van meer dan



<b>Begrip</b>	<b>Beschrijving</b>
	100 kg optreedt.
Uitstroompunt	Punt op de transportroute waar de uitstroming van gevaarlijke stoffen wordt gemodelleerd.
ViN	Vaarwegkenmerken in Nederland, Bestand onder beheer bij Rijkswaterstaat
VN-nummer	Internationaal stofidentificatienummer. Hiermee wordt een specifieke stof of stofgroep aangeduid. Dit nummer wordt op het oranje bord vermeld dat transporten van gevaarlijke stoffen verplicht zijn te voeren.
Vuurbal	Een brand die zo snel brandt dat de brandende massa in de lucht kan opstijgen als een wolk of een bal.
Weerklasse	Combinatie van Pasquill klasse en windsnelheid. De weerklasse D5 betekent Pasquill-klasse D en windsnelheid 5 m/s.
Wolkbrand	Snelle verbranding van een brandbare gaswolk na vertraagde ontsteking, zonder drukopbouw.
Zeer zware schade	Grote schade, bijv. deuken groter dan 40 cm diep, gaten of scheuren van meer dan 100 cm <sup>2</sup> , breken van de romp, uitbranden van het schip.
Zware schade	Aanzienlijke schade, bijv. deuken van 25 tot 40 cm, gaten of scheuren van 15 tot 100 cm <sup>2</sup> oppervlakte, aanzienlijke brand- en explosieschade.

## 14 Bibliografie

- 1 L. Gooijer, *Het verbeteren van het QRA-instrumentarium aan de hand van toetsingscriteria: een eerste verkenning*, RIVM, kenmerk DORA 08-011, versie 2.0, Bilthoven, 20 november 2009
- 2 *Protocol aanpassing rekenmethodiek(en) kwantitatieve risicoanalyses Externe Veiligheid*, Dora 10-04, februari 2011
- 3 Ministerie I & M, *Besluit houdende milieukwaliteitseisen voor externe veiligheid in verband met het vervoer van gevaarlijke stoffen over transportroutes (Besluit externe veiligheid transportroutes)*, Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 2013, nummer 465
- 4 Ministeries VROM en BZK, *Handreiking Verantwoordingsplicht Groepsrisico*, Den Haag, november 2007
- 5 Staatsecretaris van Infrastructuur en Milieu, *Regeling Basisnet*, Regeling van 28 maart 2014, Stcrt. 2014 8242
- 6 Besluit van de Minister van Infrastructuur en Milieu tot vaststelling van beleid ten aanzien van de beoordeling van externe veiligheid bij de vaststelling van tracébesluiten voor de aanleg of wijziging van landelijke infrastructuur (Beleidsregels EV-beoordeling infrabesluiten)
- 7 SAVE, *Rekenprotocol Vervoer Gevaarlijke Stoffen per Spoor*, concept Rapport 060333-Q53, april 2006
- 8 Oranjewoud, *Groepsrisico en het inventariseren van personen aantallen*, oktober 2013
- 9 KNMI (Royal Dutch Meteorological Institute), *Climatological data of Netherlands stations. No. 8 Frequency tables of atmospheric stability*, De Bilt, 1972
- 10 Ministeries VROM, BZK, SZW en V&W, 2005 PGS 3, *Guidelines for Quantitative Risk Assessment (Purple Book)*, december 2005 (voorheen CPR18E).
- 11 Ministeries VROM, BZK, SZW en V&W, *Methoden voor het bepalen van mogelijke schade: Aan mensen en goederen door het vrijkomen van gevaarlijke stoffen (Groene Boek)*, Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 1 (PGS1), Den Haag, december 2003
- 12 Adviesgroep AVIV BV, *Systematiek voor indeling van stoffen ten behoeve van risicoberekeningen bij het vervoer van gevaarlijke stoffen*, 2e editie, Enschede, 1999
- 13 Adviesgroep AVIV BV, *Achtergronddocument RBM II*, Versie 2.0, Enschede, november 2011
- 14 R. Mante, P. Peeters, M.M. Kruiskamp, B. Wolting, H. Bos, *Inventarisatie toepassingsmogelijkheden RBM II voor berekeningen ten behoeve van het 'Basisnet'*, Bouwdienst, Afdeling Veiligheid, rapport VH-2007-0007, Utrecht, 1 november 2007
- 15 H.G. Bos, R. Mante, *Onderzoek RBM II, in het kader van de inventarisatie van de toepassingsmogelijkheden bij de vaststelling van het Basisnet*, AVIV rapport 061069, 8 september 2008
- 16 M.M. Kruiskamp, *Telmethodiek voor het vervoer van gevaarlijke stoffen op de weg*, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, 23 augustus 2005
- 17 J.E.A. Reinders. M. Molag, J. Weerheim, M. Luppi, A.C. van den Berg, *Rekenmethodiek Externe Veiligheid Tunnels*, TNO-060-UT-2011-01555, Utrecht, 2011

- 18 G.W.M.Tiemessen, H.Bos, *Consequentieanalyse methodiek EV tunnels*, AVIV, 9 oktober 2012
- 19 Ministerie VROM, BZK, SZW en V&W, *Methods for the calculation of physical effects: Due to releases of hazardous materials (liquids and gases) (Yellow Book)*, Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 2 (PGS 2), third edition, Den Haag, 2005
- 20 Ingenieurs/adviesbureau SAVE, *Basisfaalfrequenties voor het transport van gevaarlijke stof over de vrije baan*, rapport 95675-556, Apeldoorn, mei 1995
- 21 Adviesgroep AVIV BV, *Fundamenteel onderzoek naar kanscijfers voor risicoberekeningen bij wegtransport gevaarlijke stoffen: hoofdrapport*, Enschede, 1994
- 22 VROM, LPG Integraal, *Rapport 1225, Schadebepaling transport van LPG over de binnenwateren*, Apeldoorn mei 1983
- 23 Ingenieurs/adviesbureau SAVE, *Risico's van het bulkvervoer van brandbare en giftige stoffen over het water*, Apeldoorn, november 1988
- 24 Adviesgroep AVIV BV, *Handleiding IPO-Risicoberekeningsmethodiek*, Enschede, September 1995
- 25 RIVM, *Handleiding Risicoberekeningen Bevi (HRB)*, versie 3.3, 1 juli 2015
- 26 M.M. Kruiskamp, *Aanvulling op het programma van eisen water van juli 2009*, Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft, 9 maart 2011
- 27 Ingenieurs/adviesbureau SAVE, *Plasgrootte bij uitstroming op spoorwegemplacements*, rapport 89314-903AI, Apeldoorn, juli 1989
- 28 Nibra, *Praktijkproeven Betuweroute: Instantane uitstroming en Koeling*, 25 augustus 2005
- 29 Adviesbureau AVIV BV, *Uitgangspunten Risicoberekeningen Basisnet Spoor per 1 juni 2008*, kenmerk 081313\_7 versie 10, Enschede, 17 juni 2008
- 30 *Wijziging Regeling vervoer over de spoorweg van gevaarlijke stoffen*, Staatscourant nr 42, 2 maart 2004
- 31 F. van Heijst, *Memo Basisnet Spoor; bepaling risicoruimte op de Betuweroute*, Ministerie V&W, DGMo, Den Haag, 15 maart 2011
- 32 ProRail, *Interactiepunten in rijwegen*, kenmerk 0640256, Utrecht, september 2006
- 33 A.G. Wolting, G.W.M. Tiemessen, *Protocol voor 'complexe situaties spoor' met vervoer van gevaarlijke stoffen*, RIVM en AVIV, Bijlage bij RIVM brief nr. 140/08 CEV Wol/Sij-1814, 30 mei 2008.
- 34 G. Tiemessen, R. Stekelenburg, *Risico's wegtransport gevaarlijke stoffen*, Adviesgroep AVIV BV, project 9632, Enschede, december 1997
- 35 Rijkswaterstaat, *Analyse telresultaten vervoer gevaarlijke stoffen over de weg*, Den Haag 2008
- 36 TNO, *LPG-Integraal*, rapport 1112 Effectmodellen LPG, 1983
- 37 G.A.M. Golbach, D.H. van Amelsfort, L.M. Bus, *Actualisatie uitstroomfrequenties transport*, Adviesgroep AVIV BV & Goudappel Coffeng, project 05860, Enschede, 16 december 2005
- 38 Provincie Zuid-Holland, Dienst Water en Milieu, *Risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen*, Bijlagerapport Weg en Rail, Den Haag, 1988
- 39 Rijkswaterstaat, *Scheepvaartinformatie hoofdvaarwegen*, 2008
- 40 Leenhouts P.J., Wijers G.P., *Risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen per container op de vaarweg Rotterdam-Duitsland*, Koninklijk Instituut voor de Marine, Vakgroep Nautische wetenschappen, Den Helder 1990
- 41 M.M. Kruiskamp, *Programma van eisen voor een nieuwe externe veiligheid risicoanalyse op binnenvaarwegen*, Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft, 10 juli 2009

- 42 Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par voies de Navigation Intérieures (ADN)
- 43 S.M. Geervliet, *Handleiding risicobepalingsmethodiek en doorrekenen maatregelen*, AEA Technology Netherlands BV, Den Haag, 1995
- 44 J. Heitink, L. Mentink, *Risicoatlas Hoofdvaarwegen Nederland*, AVIV, Enschede, 2003
- 45 H.G. Bos, *Default sloopsschadefrequenties RBM II*, Adviesgroep AVIV BV, kenmerk RBM II-010706, Enschede, 19 juli 2006.
- 46 Arcadis, *Invloed ERTMS op risico's spoorvervoer van gevaarlijke stoffen*, kenmerk RIVM nr 3910079285, d.d. 31 oktober 2016.
- 47 ProRail, *Kwantitatieve waardering Hotbox detectie / Quo Vadis – Effect maatregel op rekenmethodiek Externe Veiligheid*, versie 2.0, d.d. 31 mei 2013.
- 48 Antea, *Paired comparison of 7 rail safety measures*, Project number 0400349.00, final revision 2.0 van 21 oktober 2015.