



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

Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid

Module I - Basisvoorschriften
Versie mei 2024

Colofon

© RIVM 2024

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

Helpdesk Omgevingsveiligheid
omgevingsveiligheid@rivm.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Leeswijzer	5
2	Modelparameters	6
2.1	Algemene uitgangspunten	6
2.2	Parameters	9
3	Faalfrequenties	26
3.1	Veiligheidsbeheersystemen	27
3.2	Afwijkingen van de standaard faalfrequenties	27
3.3	Additionele faaloorzaken	27
3.4	Opslagtank onder druk, bovengronds	29
3.5	Opslagtanks onder druk, ondergronds/ingeterpt	31
3.6	Atmosferische opslagen	33
3.7	Gashouders	38
3.8	Leidingen	39
3.9	Reactorvat en procesvat	41
3.10	Destillatiekolom	43
3.11	Pompen en compressoren	44
3.12	Warmtewisselaars en condensors	45
3.13	Drukveiligheid	48
3.14	Transportmiddelen	48
3.15	Verlading	52
3.16	Repressieve systemen	53
3.17	Systeemreacties	60
4	Referenties	61

1 Inleiding

Deze module bevat basisrekenvoorschriften voor het uitvoeren van risico- en effectberekeningen voor milieubelastende activiteiten, onderdelen A, B en E (lid 2 t/m 13) uit Bijlage VII van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl).

De voorschriften leggen de minimale eisen vast voor de berekeningen van het plaatsgebonden risico en aandachtsgebieden (voorheen groepsrisico), die aansluiten bij de reële en (in het omgevingsplan of de vergunning) geborgde situatie. De invoer en de berekeningen zijn waar mogelijk gestandaardiseerd, en dienen naast de motivaties en uitvoer beschikbaar te zijn voor de afweging in het participatieproces.

Het uitgangspunt is dat een activiteit altijd conform de actuele beste beschikbare technieken wordt verricht. Eventuele afwijkingen hiervan dienen gerapporteerd te worden. In de rapportage moet inzichtelijk worden gemaakt in hoeverre de afwijkingen invloed hebben op de resultaten van de berekeningen.

In alle gevallen adviseert het RIVM om gebruik te maken van de meest actuele inzichten, zoals de meest recente interventiewaarden, probitrelaties en rekenmodellen.

Voor de berekeningen wordt het rekenpakket Safeti-NL gebruikt.

1.1 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden modelparameters beschreven. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van installatieonderdelen, en de bijbehorende faalscenario's en faalfrequenties.

In de toelichting op het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid is aanvullende informatie te vinden.

2 Modelparameters

2.1 Algemene uitgangspunten

2.1.1 Modelling van de scenario's

Voor de berekening moet gebruik worden gemaakt van de standaard scenario's in Safeti-NL zoals gegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Scenario's in Safeti-NL

Scenario	Safeti-NL
Instantaan falen	Catastrophic rupture
Leidingbreuk (korte leiding)	Short pipe (optie: line rupture)
Leidingbreuk (lange leiding)	Long pipeline (relative branch aperture 1)
Gat in reservoir	Leak
Gat in leiding (korte leiding)	Leak
Gat in leiding (lange leiding)	Long pipeline (actual size hole diameter)
10 minuten uitstroming (reservoir)	Fixed duration release
30 minuten uitstroming (schip)	Fixed duration release
Drukveiligheid	Short pipe (optie: relief valve)
Vuurbal (transportmiddel)	Catastrophic rupture Fireball (standalone model)
Plasbrand	Catastrophic rupture Pool fire (standalone model)
PGS 15 brand	Warehouse (Fire scenario's)

Opmerkingen:

1. Safeti-NL biedt naast de standaard scenario's van Tabel 2.1 ook de optie een '*user defined source*' in te voeren. Deze optie is alleen bedoeld voor uitzonderlijke gevallen waarin de standaard scenario's aantoonbaar onjuist zijn. In de rapportage dient dan expliciet vermeld te worden waarom de modellering met standaard scenario's niet correct is. Ook dient aangegeven te worden waar de '*user defined source*' gegevens op gebaseerd zijn.
2. Voor leidingen biedt Safeti-NL de keuze tussen '*short pipe*' en '*long pipeline*'. Standaard wordt voor breuk gerekend met het scenario '*short pipe*' optie: '*line rupture*'. Alleen voor lange transportleidingen tussen twee units of aan- en afvoerleidingen kan gerekend worden met de '*long pipeline*'. Met de '*long pipeline*' wordt de uitstroming berekend op basis van de inhoud van de leiding en een pompdebiet. Dit betekent dat de uitstroming uit een eventueel verbonden reservoir niet meegenomen wordt. De '*long pipeline*' kan daarom alleen gebruikt worden wanneer het

pompdebiet en de inhoud van de transportleiding bepalend zijn voor de uitstroming. Hierbij dient ook voldaan te worden aan de voorwaarde dat $L/D > 1000$, met L de (totale) leidinglengte en D de leidingdiameter.

Het 'long pipeline' model biedt de mogelijkheid de gevaren uit te rekenen voor een deel van een lange transportleiding. Hiermee kan de gebruiker de gevaren berekenen van het gedeelte van lange aan- en afvoerleidingen, dat onderdeel van de locatie is.

- Het 'long pipeline' model is alleen geschikt voor gassen en tot vloeistof verdichte gassen. Het kan niet gebruikt worden voor vloeistoffen. Voor lange leidingen met vloeistoffen kan het beste gerekend worden met een 'short pipe' model.
- Het 'long pipeline' model kan ook niet gebruikt worden voor mengsels. Voor mengsels moet de opsteller van de rapportage op basis van de samenstelling een passende oplossing vinden en toelichten in de rapportage.

3. Een vuurbal of plasbrand kan gemodelleerd worden als een stand-alone model of als een *catastrophic rupture* scenario met een directe ontstekingskans van één. Wanneer het stand-alone vuurbal model wordt gebruikt, dient het volgende te worden ingevuld:

- *Released mass*: de inhoud van de tank.
- *Vapour mass fraction*: wordt bepaald door het *catastrophic rupture* scenario door te rekenen. Uit de rapportage volgt de *liquid mass fraction* (waarbij $\text{vapour mass fraction} = 1 - \text{liquid mass fraction}$).

2.1.1.1 Modelling van de uitstroming

Bij het berekenen van de uitstroming gelden volgende uitgangspunten:

1. Bij het falen van een onderdeel, zoals een vat, kan nalevering plaatsvinden van andere systeemonderdelen die verbonden zijn met het vat. Wanneer de nageleverde hoeveelheid significant¹ is, dient in het scenario hiermee rekening te worden gehouden. Er zijn twee situaties te onderscheiden:
 - a. Wanneer de inhoud van het vat groter is dan de nageleverde hoeveelheid, wordt het scenario gemodelleerd door de inhoud van het vat te verhogen met de nageleverde hoeveelheid.
 - b. Wanneer de nageleverde hoeveelheid groter is dan de inhoud van het vat, wordt uitgegaan van de gecombineerde uitstroming, waarbij de bronterm van de nalevering wordt verhoogd om de initiële piek in rekening te brengen.

N.B. Bij breuk van een leiding aan een vat ('line rupture') wordt de inhoud van de leiding automatisch berekend en opgeteld bij de inhoud van het vat. De totale uitstroomhoeveelheid is de inhoud van het vat plus de inhoud van de leiding.

¹ Significant is hierbij meer dan 10% van de hoeveelheid die uit het falende onderdeel vrijkomt.

2. Wanneer bij het falen van een slang of leiding uitgegaan moet worden van een pompdebiet, wordt dit gemodelleerd door het toepassen van 'flow control' met een 'fixed flow rate' of 'pump head'.
4. Bij leidingbreuk vindt uitstroming plaats van beide kanten van de breuk. Hierbij zijn verschillende mogelijkheden:
 - a. Wanneer de uitstroming voornamelijk vanuit één zijde plaatsvindt, kan het scenario gemodelleerd worden als breuk van één leiding ('line rupture').
 - b. Wanneer de breuk optreedt in een lange transportleiding, worden automatisch de verschillende bijdragen van beide kanten van de breuk meegenomen in de berekening van de uitstroming.
 - c. Wanneer de bijdragen van beide zijden van de leidingbreuk aan de uitstroming relevant² zijn, moet gerekend worden met een uitstroomdebiet dat overeenkomt met het uitstroomdebiet van beide zijden opgeteld. Dit kan door gebruik te maken van een grotere, effectieve leidingdiameter of een 'fixed flow rate' scenario.
3. De effecten van installatieonderdelen op de uitstroming, zoals het sluiten van kleppen, kunnen in rekening worden gebracht. Het sluiten van een klep na 120 s kan in rekening worden gebracht door voor dit scenario de inhoud van een vat te verlagen zodat de uitstroming na 120 seconden stopt. Zie paragraaf 3.16 voor meer informatie over repressieve systemen.
4. Bij milieubelastende activiteiten kan er een aanzienlijk verschil zijn tussen de vergunde hoeveelheid gevaarlijke stof en de hoeveelheid gevaarlijke stof die doorgaans aanwezig is. Ook is het mogelijk dat verschillende stoffen op verschillende tijdstippen worden opgeslagen. In de risico- en effectberekening wordt uitgegaan van de vergunde hoeveelheid stof. Wanneer grote hoeveelheden van verschillende stoffen worden opgeslagen, wordt gebruik gemaakt van voorbeeldstoffen in de berekening. Gerekend wordt dan met de vergunde stof dan wel de voorbeeldstof van de gevaarlijkste vergunde categorie.

2.1.2 Selectie van scenario's om mee te nemen in de rapportage

Alle scenario's die significant bijdragen aan het plaatsgebonden risico en relevant zijn voor het bepalen van brand-, explosie of gifwolkaandachtsgebieden en het bieden van bescherming moeten worden meegenomen in de rapportage. De opsteller van de rapportage bepaalt voorafgaand aan het berekenen in afstemming met het bevoegd gezag of er standaard of aanvullende scenario's (zie hoofdstuk 3) zijn die niet significant of relevant zijn en neemt dit, inclusief inhoudelijke onderbouwing, op in de rapportage. Scenario's zijn altijd significant en relevant als ze voldoen aan de volgende twee voorwaarden:

- de frequentie van het scenario is groter dan of gelijk aan 1×10^{-9} per jaar;

² Relevant is meer dan 10% van het uitstroomdebiet en uitstroomhoeveelheid van één zijde.

- LBW concentratie binnenshuis, warmtestraling (10 kW/m²), of overdruk (0,1 bar) kunnen buiten de locatie van de milieubelastende activiteit(en) optreden.

2.2 Parameters

In risico- en effectberekeningen met het rekenpakket Safeti-NL moeten een aantal keuzes worden gemaakt en een groot aantal parameterwaarden worden ingevoerd. Dit hoofdstuk beschrijft een aantal keuzes in de modellering en de parameters die van belang zijn in de berekeningen. In de beschrijving wordt onderscheid gemaakt in twee typen parameters, namelijk:

Categorie 1 Parameters die de gebruiker kan wijzigen om de berekening in overeenstemming te brengen met de bedrijfsspecifieke en locatiespecifieke omstandigheden. Dit zijn de rapportagespecifieke parameters en deze zijn beschreven in paragraaf 2.2.1.

Categorie 2 Parameters die stofspecifiek zijn. De gebruiker kan deze parameters niet wijzigen voor de standaard stoffen in Safeti-NL. Voor stoffen die nog niet zijn opgenomen in Safeti-NL dienen deze parameters bepaald te worden. De stofspecifieke parameters zijn beschreven in paragraaf 2.2.2.

Daarnaast zijn er nog parameters die de gebruiker niet kan wijzigen, maar die horen bij het rekenmodel, en parameters die niet van invloed zijn op de rekenresultaten, maar alleen de presentatie van (tussen-)resultaten bepalen. Deze parameters zijn beschreven in de documentatie van het rekenpakket.

2.2.1 *Rapportagespecifieke parameters*

De parameters in deze categorie kunnen gewijzigd worden om de berekening in overeenstemming te brengen met de specifieke omstandigheden van het bedrijf en de omgeving. Een overzicht van de rapportagespecifieke parameters is gegeven in Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Overzicht van rapportagespecifieke parameters

Parameter	Paragraaf
Meteorologisch weerstation	2.2.1.1
Ruwheidslengte van de omgeving	2.2.1.2
Positie van de uitstroming	2.2.1.3
Richting van de uitstroming	2.2.1.4
Invloed van de krater	2.2.1.5
Ruwheidslengte van de leiding	2.2.1.6
Drukverlies ten gevolge van kleppen en bochten	2.2.1.7
Tijdsafhankelijke uitstroming	2.2.1.8
Uitstroom in een gebouw	2.2.1.9
Faaldruk van een BLEVE	2.2.1.10
Ontstekingsparameters	2.2.1.11

2.2.1.1 Meteorologisch weerstation

Het meteorologisch weerstation dat qua ligging representatief is voor de locatie van de milieubelastende activiteit moet worden gekozen. De gebruiker heeft de keuze uit de weerstations zoals gegeven in Tabel 2.3. Figuur 2.1 laat een kaart van Nederland met de weerstations uit Tabel 2.3 zien.

Tabel 2.3 Meteorologische weerstations

Naam					
Beek	Eelde	Hoek van Holland	Rotterdam	Twente	Volkel
Deelen	Eindhoven	IJmuiden	Schiphol	Valkenburg	Woensdrecht
Den Helder	Gilze-Rijen	Leeuwarden	Soesterberg	Vlissingen	Ypenburg
Nederland ³					

Opmerking:

1. Voor een risico- en effectberekening op de BES-eilanden moet uitgegaan worden van de meteorologische gegevens ter plaatse. Daarnaast moet rekening gehouden worden met de invloed van de omgeving, zoals hoogteverschillen.

³ Het weerstation 'Nederland' geeft de gemiddelde statistiek weer van de 18 weerstations; dit weerstation kan niet gebruikt worden voor berekeningen.



Figuur 2.1 Meteostations in Nederland

2.2.1.2 Ruwheidslengte van de omgeving

De ruwheidslengte is een (kunstmatige) lengtemaat die de invloed van de omgeving op de windsnelheid aangeeft. Hier moet een waarde worden ingevoerd die karakteristiek is voor de omgeving van de locatie waarvoor de berekening wordt uitgevoerd. Een aantal karakteristieke ruwheidslengtes zijn gegeven in Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ruwheidslengte voor verschillende omgevingen

Korte beschrijving	Ruwheidslengte
Open water, ten minste 5 km	0,0002 m
Moddervlakten, sneeuw; geen begroeiing, geen obstakels	0,005 m
Open, vlak terrein; gras, enkele geïsoleerde objecten	0,03 m
Lage gewassen; hier en daar grote obstakels, $x/h > 20$	0,10 m
Hoge gewassen; verspreide grote obstakels, $15 < x/h < 20$	0,25 m
Park, struiken; vele obstakels, $x/h < 15$	0,5 m
Bezaaid met grote obstakels (voorstad, bos)	1,0 m
Stadscentrum met hoog- en laagbouw	3,0 m

Opmerkingen:

1. x is een typische afstand tussen obstakels bovenwinds en h de typische hoogte van de obstakels.
2. Ruwheidslengtes van één meter en hoger zijn ruwe schattingen; de aerodynamische ruwheidslengte houdt geen rekening met de verspreiding rond grote obstakels.
3. Een typische ruwheidslengte voor een industrieterrein is één meter.

2.2.1.3 Positie van de uitstroming

Aan elk scenario is een positie van de uitstroming gekoppeld. De positie wordt bepaald door de locatie (x, y) en de hoogte (z) ten opzichte van de omgeving. Voor het uitstroomdebiet is ook de plaats van het gat in het vat van belang. Wanneer de inhoud van een reservoir niet homogeen is, zoals in een destillatiekolom, dienen meerdere uitstroomposities te worden gemodelleerd.

2.2.1.3.1 Locatie van de uitstroming

De locatie (x, y) van de uitstroming wordt bepaald door de locatie van een reservoir of de leiding. De locatie wordt gelijkgesteld aan het midden van het reservoir.

2.2.1.3.2 Hoogte van de uitstroming ten opzichte van de omgeving

De hoogte van de uitstroming (z) ten opzichte van de omgeving wordt bepaald door de locatie van het vat of de leiding. Hiervoor gelden de volgende regels:

- Voor continue uitstromingen van bovengrondse leidingen en vaten wordt de hoogte van de uitstroming gelijkgesteld aan de locatie van het midden van de leiding dan wel de onderkant van het vat. Er wordt een minimum van één meter gehanteerd: als de hoogte kleiner is dan één meter, wordt de hoogte gelijkgesteld aan één meter.
- Voor continue uitstromingen van ondergrondse leidingen en vaten wordt uitgegaan van een hoogte van 0,01 meter.
- Voor instantane uitstromingen van bovengrondse vaten wordt de hoogte van de uitstroming gelijkgesteld aan het midden van de vloeistofkolom; als er geen vloeistofkolom aanwezig is wordt de hoogte van de uitstroming gelijkgesteld aan het midden van het vat.
- Voor instantane uitstromingen van ondergrondse vaten wordt de hoogte van de uitstroming gelijkgesteld aan 0 meter.

2.2.1.3.3 Fase van de uitstroming en hoogte van de vloeistofkolom ('*tank head*')

Voor continue uitstromingen wordt de uitstroming gemodelleerd vanuit de vloeibare fase, indien aanwezig.

De hoogte van de vloeistofkolom ('*tank head*') wordt gebruikt voor scenario's voor vaten en voor leidingen verbonden met een vat.

- Voor het instantaan falen van een vat en continue uitstroming uit een vat wordt voor de '*tank head*' de maximale hoogte van de vloeistofkolom ten opzichte van de onderkant van het vat gebruikt.
- Voor uitstroming vanuit een leiding verbonden met een vat, wordt voor de vloeistofkolom de maximale hoogte van de vloeistofkolom ten opzichte van de onderkant van de leiding gebruikt. Bij aanwezigheid van een pomp kan de invloed van de vloeistofkolom eventueel verdisconteerd worden in de pompdruk ('*pump head*') of het vaste uitstroomdebiet ('*fixed flowrate*').

2.2.1.3.4 Uitstroming uit reservoirs met een niet homogene inhoud

In proces- en reactorvaten kunnen verschillende stoffen aanwezig zijn in verschillende fases. Zo kan een destillatiekolom een giftige stof in de gasfase bevatten, terwijl een al dan niet gevaarlijk oplosmiddel in de vloeibare fase aanwezig kan zijn. In een dergelijk geval worden de scenario's op de volgende standaard wijze gedefinieerd:

- instantane uitstroming
De volledige inhoud van het reservoir komt instantaan vrij. Het scenario wordt gemodelleerd als hetzij het vrijkomen van de totale inhoud aan giftig gas, hetzij het vrijkomen van de totale inhoud aan oplosmiddel. Hierbij moet gekozen worden voor de uitstroming die leidt tot de grootste 1% letaliteitsafstand voor weerklassen D5.
- 10 minuten uitstroming
De volledige inhoud van het reservoir komt in 10 minuten vrij. Het scenario wordt gemodelleerd als hetzij het vrijkomen van de totale inhoud aan giftig gas in 10 minuten, hetzij het vrijkomen van de totale inhoud aan oplosmiddel in 10 minuten. Hierbij moet gekozen worden voor de uitstroming die leidt tot de grootste 1% letaliteitsafstand voor weerklassen D5.
- 10 mm gat
Twee verschillende locaties worden gemodelleerd, namelijk de top van het reservoir en de bodem. De faalfrequentie wordt verdeeld over deze uitstroompunten.

In sommige gevallen is het realistischer te rekenen met een mengsel met gemiddelde eigenschappen in plaats van de afzonderlijke stoffen. Dit moet van geval tot geval beoordeeld worden.

Vaten met een homogeen mengsel (gas/gas of vloeistof/vloeistof) dienen doorgerekend te worden als een mengsel met gemiddelde eigenschappen.

2.2.1.4 Richting van de uitstroming

De richting van de uitstroming is standaard horizontaal⁴ met uitzondering van ondergrondse transportleidingen en ondergrondse reservoirs: hiervoor is de richting van de uitstroming standaard verticaal.

In voorkomende gevallen kan afgeweken worden van de standaard uitstroomrichting. In het bijzonder wordt met verticale uitstroming gerekend in het geval van bovengrondse leidingen die verticaal lopen.

2.2.1.5 Invloed van de krater

Voor ondergrondse leidingen wordt aanbevolen de invloed van de krater mee te nemen als er minimaal 40 cm gronddekking is (gemeten vanaf de bovenkant van de leiding).

2.2.1.6 Ruwheidslengte van de leiding

De ruwheidslengte van de leiding is een maat voor de interne ruwheid van de leiding en bepaalt de weerstand in de leiding. De default waarde voor de ruwheidslengte is gelijk aan 45 μm .

2.2.1.7 Drukverlies ten gevolge van kleppen en bochten

In de berekening wordt standaard geen rekening gehouden met drukverlies in een leiding ten gevolge van de aanwezigheid van kleppen, verbindingen en bochten.

2.2.1.8 Tijdsafhankelijke uitstroming

2.2.1.8.1 Lek in een vat of korte leiding

Safeti-NL biedt voor lekkages in vaten en korte leidingen de keuze om te rekenen met het uitstroomdebiet bij aanvang van de uitstroming ($t = 0$ s) of met een tijdsafhankelijk uitstroomdebiet. Standaard wordt uitgegaan van het uitstroomdebiet bij aanvang van de uitstroming. De daarmee samenhangende modellen in Safeti-NL zijn '*leak*' en '*short pipe*'.

In uitzonderlijke gevallen mag afgeweken worden van bovenstaande benadering. Dit betreft met name situaties waarbij de uitstroomduur groter is dan 50 s en het uitstroomdebiet in de periode van 0 s tot 1800 s aanzienlijk vermindert. In een dergelijke situatie kan gerekend worden met een tijdsafhankelijke uitstroming, waarbij ten minste vijf segmenten worden gedefinieerd. Daarvoor worden de modellen '*time varying leak*' en '*time varying short pipe release*' gebruikt.

⁴ In het rekenpakket Safeti-NL is een horizontale uitstroming altijd met de wind mee

Opmerking:

1. In de standaard berekening stroomt de gehele inhoud van het reservoir uit. Bij de 'time varying release' [RvdH1][LP2] berekent het model welk gedeelte van de inhoud achterblijft in het reservoir, afhankelijk van de locatie van het gat ten opzichte van de onderkant van het reservoir. Dit kan ertoe leiden dat de uitgestroomde hoeveelheid aanzienlijk lager is voor een 'time varying release' in vergelijking met een standaard berekening, met name bij grote opslagen van gassen onder (bijna) atmosferische druk.

2.2.1.8.2 Uitstroming uit een lange pijpleiding

Voor lange pijpleidingen berekent Safeti-NL de uitstroming als functie van tijd. Standaard wordt het gemiddelde uitstroomdebiet over de eerste 20 s van de release gebruikt voor de effectberekeningen.

In uitzonderlijke gevallen mag met een andere instelling gerekend worden. Dit betreft met name situaties waarbij de uitstroomduur groter is dan 50 s en het uitstroomdebiet in de periode van 0 s tot 1800 s aanzienlijk vermindert. In een dergelijke situatie kan gerekend worden met een tijdsafhankelijke uitstroming, waarbij tien segmenten worden gedefinieerd ('expected number of average rates' gelijk aan tien).

2.2.1.9 Uitstroom in een gebouw

Bij uitstroming in [RvdH3][LP4] een gebouw dient gerekend te worden met de wijze waarop de stof via de ventilatie naar buiten komt ('in building release') en met de invloed van het gebouw op de verspreiding ('building wake effect'). Wanneer het ventilatiedebiet kleiner is dan het (dampvormig) uitstroomdebiet, moet aangenomen worden dat het gebouw niet intact blijft en moet het scenario worden gemodelleerd alsof de volledige uitstroming buiten plaatsvindt zonder gebouwinvloeden.

Opmerking:

1. Een gebouw wordt in Safeti-NL gemodelleerd als een vierkant om het middelpunt van het scenario ongeacht het ingetekende grondoppervlak van het gebouw.

2.2.1.10 Faaldruk van een BLEVE

Aangenomen wordt dat een BLEVE van een stationaire tank ontstaat ten gevolge van opwarming van de inhoud van de tank. De condities waarbij de BLEVE optreedt, zijn in dat geval anders dan de opslagcondities. Daarom biedt het rekenpakket de mogelijkheid de faaldruk en -temperatuur van de BLEVE apart voor een scenario in te voeren⁵.

Voor stationaire tanks is de faaldruk voor de BLEVE gelijk aan $1,21 \times$ de openingsdruk (absoluut) van de veiligheidsklep. Indien geen veiligheidsklep aanwezig is, moet uitgegaan worden van falen bij de testdruk van de tank.

Voor LPG ketelwagens wordt uitgegaan van een faaldruk van 20,5 bar absoluut als default. Voor LPG tankauto's wordt uitgegaan van een faaldruk van 24,5 bar absoluut als default.

2.2.1.11 Ontstekingsparameters

Bij het vrijkomen van ontvlambare gassen en vloeistoffen zijn er verschillende vervolgeffecten mogelijk, namelijk een BLEVE en/of vuurbal, fakkels, plasbrand, gaswolkexplosie en wolkbrand (flash fire). Het optreden van deze fenomenen hangt af van de stof, de condities en het scenario. Gebeurtenissenbomen voor de scenario's zijn opgenomen in Safeti-NL. Voor mijnbouwwerken en gastransportinstallaties geldt een afwijkende modellering. Deze wordt beschreven in module II.

Een ontvlambare stof kan ontsteken direct na het vrijkomen (paragraaf 2.2.1.11.1) of elders op de locatie wanneer ontstekingsbronnen aanwezig zijn (paragraaf 2.2.1.11.2). Voor de berekening van het plaatsgebonden risico en aandachtsgebieden zijn alleen ontstekingsbronnen op de locatie relevant.

Opmerking:

1. In de berekening van explosie-aandachtsgebieden wordt ontsteking verondersteld op het moment dat de ontvlambare wolk buiten de locatie van de milieubelastende activiteit(en) komt. Vanaf Safeti-NL versie 8.3 wordt dit automatisch berekend[RvdH5][LP6].

2.2.1.11.1 Kans op directe ontsteking, $P_{\text{directe ontsteking}}$

De kans op directe ontsteking is afhankelijk van het type installatie (stationaire installatie of transportmiddel), de stofcategorie en de uitstroomhoeveelheid. In Safeti-NL kan bij 'immediate ignition probabilities' (in het tabblad 'Risk') worden gekozen voor:

- *Stationary – use material reactivity*: voor stationaire installaties, waarbij de waarden uit Tabel 2.5 worden gebruikt.

⁵ In te voeren met de tick box *Use vessel burst pressure*

- *Transport – road tanker*: voor tankauto's waarbij de waarden uit Tabel 2.6 worden gebruikt.
- *Transport – tank wagon*: voor ketelwagens waarbij de waarden uit Tabel 2.6 worden gebruikt.
- *Specify directly*: handmatige invoer op basis van Tabel 2.5 of Tabel 2.6, wanneer de kans op directe ontsteking niet door een van bovenstaande opties kan worden beschreven.

Bij het invoeren van de kans op directe ontsteking moet rekening worden gehouden met het volgende:

- Voor de scenario's van de verlading worden de ontstekingskansen voor stationaire installaties (Tabel 2.5) aangehouden.
- Indien de procestemperatuur van klasse 2, klasse 3 en klasse 4 stoffen hoger is dan het vlampunt dient gerekend te worden met de directe ontstekingskans voor klasse 1 stoffen. De definitie van de stofcategorie is gegeven in Tabel 2.7.

Tabel 2.5 Kans op directe ontsteking voor stationaire installaties

Stofcategorie	Bronterm Continu	Bronterm Instantaan	Kans op directe ontsteking
Klasse 0 gemiddelde/ hoge reactiviteit	< 10 kg/s	< 1000 kg	0,2
	10 – 100 kg/s	1000 – 10.000 kg	0,5
	> 100 kg/s	> 10.000 kg	0,7
Klasse 0 lage reactiviteit	< 10 kg/s	< 1000 kg	0,02
	10 – 100 kg/s	1000 – 10.000 kg	0,04
	> 100 kg/s	> 10.000 kg	0,09
Klasse 1	Alle debieten	Alle hoeveelheden	0,065
Klasse 2	Alle debieten	Alle hoeveelheden	0,01
Klasse 3, 4	Alle debieten	Alle hoeveelheden	0

Tabel 2.6 Kans op directe ontsteking voor transportmiddelen op de locatie van een milieubelastende activiteit

Stof-categorie	Transportmiddel	Scenario	Kans op directe ontsteking
Klasse 0	Tankauto	Continu	0,1
	Tankauto	Instantaan	0,4
	Ketelwagen	Continu	0,1
	Ketelwagen	Instantaan	0,8
	Schepen – gastankers	Continu, 180 m3	0,7
	Schepen – gastankers	Continu, 90 m3	0,5
	Schepen – semi gastankers	Continu	0,7
Klasse 1	Tankauto, ketelwagen Schepen	Continu, instantaan	0,065
Klasse 2	Tankauto, ketelwagen schepen	Continu, instantaan	0,01
Klasse 3, 4	Tankauto, ketelwagen schepen	Continu, instantaan	0

Tabel 2.7 Classificatie ontvlambare stoffen

Klasse	Grenzen
Klasse 0	Stoffen met een vlampunt lager dan 0 °C en een beginkookpunt gelijk aan of lager dan 35 °C.
Klasse 1	Vloeistoffen met een vlampunt lager dan 23 °C, en een beginkookpunt hoger dan 35 °C
Klasse 2	Vloeistoffen met een vlampunt hoger dan 23 °C en ten hoogste 55 °C.
Klasse 3	Vloeistoffen met een vlampunt hoger dan 55 °C en ten hoogste 100 °C.
Klasse 4	Vloeistoffen met een vlampunt hoger dan 100 °C.

Opmerkingen:

1. Onder de reactiviteit van een stof wordt verstaan de gevoeligheid voor vlamversnelling [1]. Deze wordt bepaald op basis van gegevens zoals de grootte van het explosiegebied, minimum ontstekingsenergie, zelfontbrandingstemperatuur, experimentele gegevens en ervaringen in praktijksituaties. Standaard moet gerekend worden met de ontstekingskans voor gemiddelde/hoge reactiviteit. Alleen wanneer aangetoond is dat de reactiviteit van de stof laag is, wordt gerekend met de ontstekingskansen voor lage reactiviteit. De klasse 0 stoffen met een lage reactiviteit zijn gegeven in Tabel 2.8. Giftige, ontvlambare stoffen met een lage reactiviteit, zoals ammoniak, worden doorgerekend als puur giftig (zie paragraaf 2.2.2.6).

Tabel 2.8 Klasse 0 stoffen met een lage reactiviteit. De stoffen aangegeven met een * zijn ook giftig en dienen als alleen giftig doorgerekend te worden.

Stof	CAS nr.
Methaan	74-82-8
methylchloride	74-87-3
Ethylchloride	75-00-3
Ammoniak*	7664-41-7
Koolmonoxide*	630-08-0

2.2.1.11.2 Ontstekingsbronnen

Ontstekingsbronnen binnen de begrenzing van (een) milieubelastende activiteit(en) zijn van belang voor de berekening van het plaatsgebonden risico (en de aandachtsgebieden). Het weglaten van ontstekingsbronnen op de locatie van de milieubelastende activiteit leidt tot een overschatting van de gevaren. Tabel 2.9 geeft de kans van ontsteking bij een tijdsinterval van één minuut voor enkele ontstekingsbronnen.

Om aan te geven of een ingevoerde ontstekingsbron tot de locatie van de milieubelastende activiteit(en) behoort en/of een wolk hier buiten komt, moet de 'plant boundary' zijn ingevoerd. Hiervoor gelden de volgende richtlijnen:

- Alle scenario's moeten binnen de 'plant boundary' liggen. Dit geldt in het bijzonder ook voor verladingsscenario's aan de rand van de locatie.
- Wanneer milieubelastende activiteiten worden verricht op meerdere, van elkaar gescheiden locaties, dient voor elke locatie aparte rijen te worden aangemaakt met de scenario's die gelegen zijn op die locatie.

Tabel 2.9 Kans van ontsteking van een ontvlambare wolk in een tijdsinterval van één minuut voor een aantal bronnen

Ontstekingsbron	Kans van ontsteking
Fakkel	1,0
Oven (buiten)	0,9
Oven (binnen)	0,45
Boiler (buiten)	0,45
Boiler (binnen)	0,23
Kantoren (per persoon)	0,01

Opmerkingen:

1. Binnen de begrenzing van de milieubelastende activiteit(en) worden de ontstekingsbronnen ingevoerd als puntbronnen, lijnbronnen dan wel als oppervlaktebronnen.
2. De hoogte van de ontstekingsbron is een invoerparameter. Ontsteking vindt alleen plaats als er een ontvlambare wolk aanwezig is op of boven de ingevoerde hoogte van de ontstekingsbron.

2.2.2 *Stofspecifieke parameters*

Een overzicht van de stofspecifieke parameters is gegeven in Tabel 2.10.

Tabel 2.10: Overzicht van stofspecifieke parameters

Parameter	Paragraaf
Classificatie van stoffen	2.2.2.1
Probitrelaties giftige stoffen	2.2.2.2
Inerte stoffen	2.2.2.3
Zuurstof	2.2.2.4
Stoffen die zowel giftig als ontvlambaar zijn	2.2.2.6
Mengsels en onzuiverheden:	2.2.2.7
Vloeibare aardolieproducten klasse 1 / klasse 2	2.2.2.7.1
Mengsels van giftige en inerte stoffen	2.2.2.7.2
Overige mengsels	2.2.2.7.3

2.2.2.1 Classificatie van stoffen

In Tabel 2.11 staat een overzicht van de CLP classificaties van stoffen die relevant zijn voor de berekeningen. Dit overzicht is niet limitatief. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat stoffen niet geclassificeerd zijn als dodelijk of zeer giftig bij inademing (H330 of H331), maar toch relevant zijn voor de externe veiligheid. Dit betreft bijvoorbeeld stoffen die niet geclassificeerd zijn voor inhalatie. Voor dergelijke stoffen dient op een ad hoc basis bepaald te worden of de stof meegenomen moet worden in de berekeningen en zo ja, met welke probitrelatie.

Tabel 2.11 Classificaties van stoffen die relevant zijn voor de risico- en effectberekening

Classificatie	H-zin	Nadere gevarenaanduiding
Ontvlambare gassen, gevarencategorie 1	H220	Zeer licht ontvlambaar gas
Ontvlambare gassen, gevarencategorie 2	H221	Ontvlambaar gas
Ontvlambare vloeistoffen, gevarencategorie 1	H224	Zeer licht ontvlambare vloeistof en damp
Ontvlambare vloeistoffen, gevarencategorie 2	H225	Licht ontvlambare vloeistof en damp
Ontvlambare vloeistoffen, gevarencategorie 3	H226	Ontvlambare vloeistof en damp
Acute toxiciteit bij inademing, gevarencategorie 1	H330	Dodelijk bij inademing
Acute toxiciteit bij inademing, gevarencategorie 2	H330	Dodelijk bij inademing
Acute toxiciteit bij inademing, gevarencategorie 3	H331	Giftig bij inademing

Hierbij geldt dat:

1. Een stof met een H220/H221/H224/H225/H226 alsook een H330/H331 classificatie wordt standaard meegenomen als giftig én ontvlambaar; alleen giftige en ontvlambare stoffen met een lage reactiviteit worden meegenomen als alleen giftig.
2. Ook stoffen met een vlampunt boven de 60°C, die worden opgeslagen boven het vlampunt, zijn relevant voor de rapportage.

2.2.2.2 Probitrelaties giftige stoffen

Voor een aantal giftige stoffen heeft de toetsgroep probitrelaties afgeleid. Deze probitrelaties zijn de beste probitrelaties volgens de actuele wetenschappelijke inzichten. Deze probitrelaties zijn, met de stofbestanden voor Safeti-NL, beschikbaar op de website van het RIVM.

Voor een aantal stoffen heeft het ministerie een probitrelatie voorgeschreven in het wettelijk aangewezen rekenvoorschrift. Deze probitrelaties zijn opgenomen in de voorgeschreven versie van Safeti-NL.

Als er voor een stof geen probitrelatie beschikbaar is, moet een probitrelatie afgeleid worden in overleg met bevoegd gezag. Deze probitrelatie kan met stofdocument voorgelegd worden aan de toetsgroep ter beoordeling.

2.2.2.3 Inerte stoffen

Het vrijkomen van grote hoeveelheden inerte stoffen als stikstof kan leiden tot verstikking. Inerte stoffen kunnen in Safeti-NL doorgerekend worden als 'Nitrogen (asphyxiating)'.

Opmerking:

1. Kooldioxide is een stof die giftige effecten heeft en niet alleen werkt op basis van zuurstofverdringing.

2.2.2.4 Zuurstof

Zuurstof is een brandbevorderende stof en hoge concentraties leiden tot een verhoogde kans op brand in de omgeving. Voor zuurstof is geen goede probitrelatie af te leiden. Aan de hand van de volgende effectniveau's dient bepaald te worden of een opslag van zuurstof relevant is voor de externe veiligheid.

$P_{\text{metaal}} = 0,1$	bij zuurstofconcentraties in lucht groter dan 40 vol%
$P_{\text{metaal}} = 0,01$	bij zuurstofconcentraties in lucht tussen 30 en 40 vol%
$P_{\text{metaal}} = 0$	bij zuurstofconcentraties in lucht tussen 20 en 30 vol%

Een zuurstofconcentratie van 40 vol% in lucht komt overeen met een extra hoeveelheid zuurstof van 24,1 vol% uit de dispersieberekening, 30 vol% zuurstof in lucht komt overeen met 11,4 vol% uit de dispersieberekening.

2.2.2.5 Kooldioxide

Vanaf Safeti-NL 8.8 kan bij de modellering van een ondergrondse buisleiding met dense phase kooldioxide⁶ een aangepast model worden gebruikt. Dit model bestaat uit twee onderdelen die enkel tegelijkertijd gebruikt moeten worden, namelijk het 'defined area model' voor de krater en het 'gas blanket model' voor de dispersie. Het RIVM adviseert de modellen toe te passen bij risicoanalyses met scenario's vergelijkbaar met de COSHER experimenten. In risicoanalyses waarbij de scenario's sterk afwijken van de COSHER experimenten, zoals een lagere druk, moet door de opsteller van de risicoanalyse een onderbouwde keuze worden gemaakt.

2.2.2.6 Stoffen die zowel giftig als ontvlambaar zijn

Er zijn stoffen geclassificeerd als zowel giftig als ontvlambaar. Stoffen met een lage reactiviteit worden gemodelleerd als een zuiver giftige stof. Naast de al genoemde stoffen in Tabel 2.8 betreft dit onder andere allylchloride (CAS nr

⁶ Kooldioxide (CO₂) kan door buisleidingen getransporteerd worden in de gasfase, de vloeistoffase (tot vloeistof verdicht gas) of de superkritische fase. De vloeistof- en superkritische fasen worden samen aangeduid als 'dense phase'.

107-05-1) en epichloorhydrine (CAS nr 106-89-8). Stoffen met een gemiddelde of hoge reactiviteit worden gemodelleerd met twee onafhankelijke gebeurtenissen, namelijk een zuiver ontvlambare en een zuiver giftige (bij '*Type of risk effects to model*' wordt gekozen voor '*Toxic and flammable*').

Opmerking:

1. Giftige effecten na ontsteking van de ontvlambare wolk worden niet meegenomen. Aangenomen wordt dat de pluim in dat geval zal opstijgen en op leefniveau geen letale giftige effecten meer veroorzaakt.

2.2.2.7 Mengsels en onzuiverheden

Voor mengsels en onzuiverheden van stoffen dient de opsteller van de rapportage na te gaan of eventuele giftige, ontvlambare en ontplofbare eigenschappen van het mengsel en/of van onzuiverheden relevant zijn voor de berekeningen.

2.2.2.7.1 Vloeibare aardolieproducten klasse 1 / klasse 2

Een ontvlambaar mengsel van aardolieproducten dat geclassificeerd is als klasse 1 wordt gemodelleerd met de voorbeeldstof n-hexaan. Een ontvlambaar mengsel van aardolieproducten dat geclassificeerd is als klasse 2, wordt gemodelleerd met de voorbeeldstof n-nonaan.

Voor verwarmde aardolieproducten moet de invoerwaarde voor de temperatuur zodanig zijn dat de dampspanning van de voorbeeldstof overeenkomt met de dampspanning van het mengsel bij de hoogst voorkomende temperatuur.

2.2.2.7.2 Mengsels van giftige en inerte stoffen

Het vrijkomen van een mengsel van een giftige stof en een inerte stof, wordt standaard gemodelleerd met de bronterm van alleen de gevaarlijke stof. Dit kan dichtbij de bron tot een overschatting van het gevaar leiden. In bijzondere gevallen kan daarom een verbeterde modellering worden toegepast door een mengsel te definiëren.

2.2.2.7.3 Overige mengsels

Voor overige mengsels dient de opsteller van de rapportage na te gaan wat een geschikte modelleerwijze is. Daarbij zijn drie opties beschikbaar:

1. Het invoeren van een mengsel in Safeti-NL. Deze optie is alleen geschikt als het mengsel als geheel zich gedraagt als het gemiddelde van de afzonderlijke componenten. Anders gezegd, de componenten van het mengsel moeten onderling gelijkend zijn en geen fysische/chemische interacties aangaan die de afzonderlijke componenten zelfstandig niet vertonen.
2. Gebruik maken van een representatieve voorbeeldstof. Voor mengsels waarvan de samenstelling varieert of de eigenschappen van de afzonderlijke componenten sterk verschillen, kan het gebruik van een voorbeeldstof worden overwogen.

3. Het invoeren van een specifieke bronterm voor afzonderlijke componenten. Voor mengsels zoals waterige oplossingen moet de bronterm voor de verspreiding van giftige en/of ontvlambare componenten met een externe berekening worden bepaald en op basis van maatwerk worden ingevoerd. Hiervoor kan de volgende benadering worden gevolgd:

- a. Bepaal het oppervlak van de plas op basis van bijvoorbeeld een tankput.
- b. Bereken de bronterm (q_v) ten gevolge van plasverdamping onder verwaarlozing van warmteoverdracht via de ondergrond, instraling en convectie op basis van de formules 3.141, 3.13, 3.24 en 3.25 uit het Gele Boek [1]:

$$q_v = q''_v \times A \quad (\text{kg/s})$$

$$q''_v = k_m \times P_v \times \mu / (R \times T_{ps}) \quad (\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ s}))$$

$$k_m = C_{m\&m} \times u_{w,10}^{0.78} \times (2 \times r)^{-0.11} \times Sc^{-0.67} \quad (\text{m/s})$$

$$Sc = \nu_v / D_a \approx 0.8 \quad (-)$$

met

q_v	bronterm	(kg/s)
A	oppervlak vloeistofplas	(m ²)
$C_{m\&m}$	0.004786	(m ^{0.33} /s ^{0.22})
k_m	Massa transfer coefficient	(m/s)
P_v	Partiële dampspanning gevaarlijke stof	(N/m ²)
r	Straal vloeistofplas	(m)
R	Gasconstante	(J/(mol K))
Sc	Schmidt getal	(-)
T_{ps}	temperatuur vloeistofplas	(K)
$u_{w,10}$	windsnelheid op 10 meter hoogte	(m/s)
μ	molecuulgewicht	(kg/mol)
ν_v	viscositeit damp ⁷	(m ² /s)
D_a	Diffusie coëfficiënt damp in lucht ⁷	(m ² /s)

Ga hierbij uit van:

- een gemiddelde windsnelheid (5 m/s) op 10 meter hoogte
 - een cirkelvormige plas
 - een temperatuur van de vloeistofplas gelijk aan de opslagtemperatuur, met 282 K als minimum.
- c. Definieer een user-defined source (scenario "pool source (radius)") in Safeti-NL met de berekende bronterm en een temperatuur van 282 K.

In alle gevallen dient de keuze voor de modelleerwijze duidelijk te worden toegelicht en verantwoord.

⁷ Waarden voor ν_v en D_a zijn niet nodig wanneer uitgegaan wordt van $Sc = 0,8$

Opmerking:

1. Een mengsel in Safeti-NL erft de indeling van de onderliggende stoffen. Als één of meer van de componenten ontvlambaar is, en ook één of meer van de componenten giftig, dan wordt het mengsel ingedeeld als ontvlambaar en giftig. Ook als één of meer van de componenten zowel ontvlambaar als giftig is, dan krijgt het mengsel de indeling ontvlambaar en giftig. Safeti-NL houdt daarbij beperkt rekening met de concentratie van de relevante componenten⁸. De opsteller van de rapportage dient daarom zelf na te gaan of het mengsel voor een goed beeld van de risico's en effecten als giftig, ontvlambaar of beide moet worden doorgerekend.

⁸ Voor mengsels met één of meer ontvlambare stoffen wordt het mengsel ook als ontvlambaar ingedeeld als er een onderste explosiegrens berekend wordt.

3 Faalfrequenties

In dit hoofdstuk worden scenario's en faalfrequenties voor verschillende installatieonderdelen gegeven.

Uitgangspunt voor de toepassing van de standaard faalfrequenties bij de (standaard) scenario's uit de diverse rekenvoorschriften is dat het bedrijf voldoet aan de standaarden voor een goede bedrijfsvoering. Dit betekent onder andere dat het veiligheidsbeheersysteem (VBS, zie paragraaf 3.1) voldoet aan de geldende eisen en er voldoende voorzorgsmaatregelen zijn genomen tegen alle voorziene faalmechanismen.

Paragraaf 3.2 beschrijft wanneer kan worden afgeweken van de standaard faalfrequenties.

In paragraaf 3.3 worden enkele additionele faaloorzaken gegeven.

Een overzicht van de onderdelen is gegeven in Tabel 3.1. Ook repressieve systemen zijn beschreven in dit hoofdstuk.

Tabel 3.1 Overzicht van installatieonderdelen

Onderdeel	Beschreven in paragraaf
Opslagtank onder druk, bovengronds	3.4
Opslagtanks onder druk, ondergronds/ingeterpt	3.5
Atmosferische opslagen	3.6
Gashouders	3.7
Leidingen	3.8
Reactorvat en procesvat	3.9
Destillatiekolom	3.10
Pompen en compressoren	3.11
Warmtewisselaars en condensors	3.12
Drukveiligheid	3.13
Transportmiddelen:	3.14
Tankauto	3.14.3.1
Ketelwagens	3.14.3.2
Schepen	3.14.3.3
Verlading	3.15
Repressieve systemen	3.16
Systeemreacties	3.17

3.1 Veiligheidsbeheersystemen

De standaard faalfrequenties gelden voor een milieubelastende activiteit met een goed veiligheidsbeheersysteem (VBS). De relatie tussen een VBS en de kans van optreden van een Loss of Containment is moeilijk kwantificeerbaar. Een zeer goed VBS leidt daarom niet tot de mogelijkheid lagere faalfrequenties toe te passen. Omgekeerd leidt een slecht VBS niet tot de verplichting om vaste, hogere faalfrequenties toe te passen. Wel kan gesteld worden dat bij onvoldoende kwaliteit van het VBS, een QRA met standaard faalfrequenties geen betrouwbaar beeld geeft van de werkelijke risico's van de milieubelastende activiteit.

3.2 Afwijkingen van de standaard faalfrequenties

Het is mogelijk dat op de installatie technische voorzieningen aanwezig zijn die verder gaan dan de stand der techniek en de kans op een ongeval reduceren, zoals speciale warmtewerende coatings en hitteschilden bij de opslag van LPG om de kans op een BLEVE te reduceren, en het gebruik van speciale slangen bij de verlading. In dergelijke gevallen kan overwogen worden andere faalfrequenties te hanteren. Wanneer de opsteller van de QRA gebruik wil maken van andere faalfrequenties, dient hij van tevoren een voorstel te doen voor de specifieke faalfrequenties in zijn situatie. Dit voorstel dient vergezeld te gaan van een onderbouwing in de vorm van bijvoorbeeld casuïstiek of een foutenboomanalyse.

3.3 Additionele faaloorzaken

In Tabel 3.1 zijn scenario's en faalfrequenties gegeven voor diverse installatieonderdelen. Daarnaast zijn er enkele algemene scenario's waar rekening mee moet worden gehouden.

3.3.1 *Run-away reacties*

Er moet rekening worden gehouden met de effecten van run-away reacties, zoals explosies en de vorming en het vrijkomen van gevaarlijke reactieproducten. Onder run-away reacties worden o.a. verstaan: ongecontroleerde reacties van verschillende stoffen, polymerisatie en (explosieve) ontleding.

Het optreden van run-away reacties is niet opgenomen in de standaard faalfrequenties. Dit betekent dat in principe aanvullende scenario's moeten worden opgenomen in de rapportage voor het optreden van een run-away reactie. Hiertoe moet een inschatting gemaakt worden van zowel de kans van optreden van het scenario als de effecten, zoals de hoeveelheid gevormde gevaarlijke stoffen.

Aanvullende scenario's voor run-away reacties hoeven niet te worden opgenomen in de rapportage wanneer voldaan wordt aan ten minste één van de volgende voorwaarden.

- Er zijn geen run-away reacties bekend voor de stoffen en de processen.

- Er zijn wel run-away reacties bekend, maar mogelijke letale effecten komen niet buiten de locatie waarop de milieubelastende activiteit wordt verricht.
- Er zijn wel run-away reacties bekend, maar het bedrijf heeft voldoende procedurele en technische voorzieningen om het ontstaan van run-away reacties te voorkomen. Dit betekent onder andere het gebruik van bekende technieken als HAZOP en het toepassen van goede procedures en/of beveiligingen met voldoende betrouwbaarheid.

Het voorkómen van ongevallen staat voorop. Wanneer bijvoorbeeld bekend is dat run-away reacties kunnen optreden, dient de oplossing gezocht te worden in preventie van deze reacties, zodat gerekend kan worden met de standaard faalfrequentie, in plaats van het toevoegen van een extra scenario in de rapportage.

3.3.2 Externe beschadiging en domino-effecten

Het optreden van externe beschadiging en (interne) domino-effecten is niet opgenomen in de standaard faalfrequenties van de milieubelastende activiteit.

Externe beschadiging betreft het optreden van een Loss of Containment ten gevolge van bijvoorbeeld een botsing met een voertuig of kraan. Op de locatie waar de milieubelastende activiteit(en) wordt/worden verricht moeten voldoende voorzorgsmaatregelen zijn genomen en technische voorzieningen aanwezig zijn om uitstroming ten gevolge van externe beschadiging te voorkomen, zoals aanrijbeveiligingen en snelheidslimieten, zodat geen aanvullende scenario's moeten worden opgenomen in de rapportage. Aandachtspunt is externe beschadiging door oorzaken van buiten de locatie van de milieubelastende activiteit.

- Een Loss of Containment kan ook optreden ten gevolge van oorzaken van buiten de locatie van de milieubelastende activiteit. Een voorbeeld hiervan is een activiteit onder de aanvliegroute van een vliegveld. De kans op een Loss of Containment ten gevolge van een neerstortend vliegtuig kan significant zijn in vergelijking met de standaard faalkans. Andere voorbeelden zijn opslagtanks in de nabijheid van windturbines, waarbij afbrekende onderdelen een opslagtank kunnen doorboren en opslagtanks in de nabijheid van (hoge druk) aardgasleidingen. Hoewel een bedrijf geen (directe) invloed heeft op dergelijke externe oorzaken, leiden deze wel tot een hogere faalkans voor de installaties. Daarom moet een Loss of Containment ten gevolge van een oorzaak van buiten worden meegenomen in de risicoberekening van het bedrijf.
 - Een Loss of Containment ten gevolge van een neerstortend vliegtuig moet meegenomen worden in de rapportage wanneer deze frequentie significant is ten opzichte van de standaard frequentie van catastrofaal⁹ falen. In een dergelijk geval dient de frequentie van instantaan falen verhoogd te worden met het

⁹ De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

- o plaatsgebonden risico ten gevolge van neerstortende vliegtuigen ter plekke.
- o Een Loss of Containment ten gevolge van het falen van een windturbine moet meegenomen worden in de rapportage wanneer de locatie zich binnen de maximale werpafstand van de windturbine bevindt. De rekenmethode voor windturbines is beschreven in module IV.
- Interne domino-effecten ontstaan wanneer het falen van één installatie met gevaarlijke stoffen leidt tot het falen van een ander installatie met gevaarlijke stoffen. Een voorbeeld is het ontstaan van een BLEVE van een drukopslag ten gevolge van een fakkel of een plasbrand. Interne domino-effecten worden niet expliciet meegenomen in een QRA. Alleen bij een situatie waarin het falen van één installatie duidelijk leidt tot het falen van een andere installatie, dient een intern domino-effect meegenomen te worden in een QRA. Een voorbeeld van een dergelijke situatie is wanneer twee LPG-reservoirs zodanig dicht bij elkaar staan, dat het instantaan falen van één reservoir (waarschijnlijk) leidt tot het falen van het andere reservoir. In dit geval dient voor het scenario 'instantaan falen' in alle gevallen te worden uitgegaan van de inhoud van het grootste reservoir.

3.3.3 *Uitzonderlijke natuurlijke omstandigheden*

Het falen van installaties door uitzonderlijke natuurlijke omstandigheden, zoals overstromingen, aardbevingen en orkanen, is niet in de standaard uitstroomberekeningen verdisconteerd. De extra bijdragen hoeven echter niet in rekening gebracht te worden, op voorwaarde dat de installaties voldoen aan de geldende standaarden voor goede bedrijfsvoering inclusief eisen ten aanzien van het Veiligheidsbeheersysteem.

3.3.4 *Moedwillige verstoring*

De mogelijke bijdrage van moedwillige verstoring aan het gevaar buiten de locatie wordt niet in rekening gebracht op voorwaarde dat voldaan wordt aan vigerend beleid tegen moedwillige verstoring.

3.4 **Opslagtank onder druk, bovengronds**

3.4.1 *Definitie*

Opslagtanks onder druk zijn in gebruik voor de opslag van gassen en onder druk vloeibaar gemaakte gassen, zoals LPG, ammoniak en chloor. Een opslagtank is een opslagtank onder druk wanneer het volume groter is dan 150 L en de maximaal toelaatbare druk groter is dan 0,5 bar overdruk.

3.4.2 Kenmerken

De volgende elementen zijn standaard aanwezig bij een bovengrondse tank onder druk voor de opslag van tot vloeistof verdichte gassen.

- Een of meerdere transportleidingen
- Dampretourleiding, aangesloten op de dampfase
- Snelafsluiters (aanwezig in de vloeistofleidingen, mogelijk ook in dampretourleiding)
- Een drukveiligheid in de dampfase
- Een drainleiding met afsluiters
- Instrumentatie voor niveau, druk (temperatuur)

Voor bovengrondse tanks voor de opslag van gassen zijn deels dezelfde elementen aanwezig, waarbij alle aansluitingen op de gasfase zijn.

3.4.3 Scenario's

De scenario's en faalfrequenties voor een bovengrondse opslagtank onder druk gelden voor de opslagtank inclusief de gelaste stompen, montageplaten, leidingaansluitingen tot aan de eerste flens en instrumentatieleidingen. Het leidingstelsel dient afzonderlijk beschouwd te worden, evenals de drukveiligheid.

De scenario's voor een bovengrondse opslagtank onder druk zijn gegeven in Tabel 3.2. Een overzicht van de onderdelen die meegenomen zijn in de generieke scenario's voor de opslagtank is weergegeven in Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Scenario's voor een bovengrondse opslagtank onder druk

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-7}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5×10^{-7}
3. Continu vrijkomen van de inhoud uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-5}

Tabel 3.3 Onderdelen meegenomen in de scenario's voor een bovengrondse opslagtank onder druk

Opgenomen in de standaard scenario's	Niet opgenomen in de standaard scenario's
<ul style="list-style-type: none"> - Gelaste stompen - Montageplaten - Instrumentatieleidingen - Leidingaansluitingen tot aan de eerste flens 	<ul style="list-style-type: none"> - Transportleidingen vanaf de (snel-)afsluiter - Dampretourleiding - Drukveiligheid - Leidingstelsel

Aandachtspunten:

1. De scenario's en frequenties zijn onafhankelijk van de plaats waar de opslagtanks zich bevinden, binnen dan wel buiten een gebouw.
2. De vulgraad van een opslagtank kan variëren als functie van de tijd. Wanneer deze variatie is opgenomen in de vergunning en dusdanig groot is, dat het meenemen van de variatie leidt tot een significante verschuiving van het gevaar, dient de variatie in vulgraad meegenomen te worden in de berekeningen door uit te gaan van enkele representatieve vulgraden en de bijbehorende kans van optreden.
3. Het is mogelijk dat de uitstroombuur voor het 10 mm gat korter is dan 10 minuten. Ook dan dienen de drie scenario's zoals vermeld in Tabel 3.2 meegenomen te worden. Daarnaast dient voor de bronterm rekening gehouden te worden met de toestroom van materie via het verbindend leidingwerk.
4. Indien de leidingaansluiting tot aan de eerste flens een grotere lengte heeft dan tien meter, dient de leidingaansluiting als een afzonderlijk leidingstuk meegenomen te worden.
5. Voor het instantaan falen moet de faaldruk van de BLEVE worden ingevoerd, zie paragraaf 2.2.1.10.

3.5 Opslagtanks onder druk, ondergronds/ingeterpt

3.5.1 Definitie

Een opslagtank is een ondergrondse of ingeterpte opslagtank onder druk wanneer het volume groter is dan 150 L en de maximaal toelaatbare druk groter is dan 0,5 bar overdruk en de tank aan alle kanten omgeven is door inert materiaal zoals aarde. Een ondergrondse of ingeterpte opslagtank onder druk is met name in gebruik voor de opslag van LPG.

3.5.2 Kenmerken

De volgende elementen zijn standaard aanwezig bij een ondergrondse/ingeterpte tank onder druk voor de opslag van tot vloeistof verdichte gassen.

- Een of meerdere transportleidingen, aangesloten op de bovenkant van de tank
- Dampretourleiding, aangesloten op de dampfase
- Snelafsluiters (aanwezig in de vloeistofleidingen, mogelijk ook in de dampretourleiding)
- Een drukveiligheid in de dampfase
- Instrumentatie voor niveau, druk (temperatuur)

3.5.3 Scenario's

De scenario's en faalfrequenties voor een ondergrondse/ingeterpte opslagtank onder druk gelden voor de opslagtank inclusief de gelaste strompen, montageplaten, leidingaansluitingen tot aan de eerste flens en instrumentatieleidingen. Het leidingstelsel dient afzonderlijk beschouwd te worden, evenals de drukveiligheid.

De scenario's voor een ondergrondse/ingeterpte opslagtank onder druk zijn gegeven in Tabel 3.4. Een overzicht van de onderdelen die meegenomen zijn in de generieke scenario's is weergegeven in Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Scenario's voor ondergrondse/ingeterpte opslagtank onder druk

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud (zie punt 1)	5×10^{-7}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5×10^{-7}
3. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-5}

Tabel 3.5 Onderdelen meegenomen in de scenario's voor een ondergrondse/ingeterpte opslagtank onder druk

Opgenomen in de standaard scenario's	Niet opgenomen in de standaard scenario's
<ul style="list-style-type: none"> - Gelaste strompen - Montageplaten - Instrumentatieleidingen - Leidingaansluitingen tot aan de eerste flens 	<ul style="list-style-type: none"> - Transportleidingen vanaf de (snel-)afsluiter - Dampretourleiding - Drukveiligheid - Leidingstelsel

Aandachtspunten:

1. Voor ingeterpte en ondergrondse tanks met ontvlambare stoffen wordt aangenomen dat een (warme) BLEVE door aanstraling niet kan optreden. Dit wordt in Safeti-NL ingevoerd door uit te gaan van de standaard faalfrequentie (5×10^{-7} per jaar voor instantaan falen) en *yes* te selecteren bij het veld *reduced risks for mounded/underground tanks*.
2. De vulgraad van een opslagtank kan variëren als functie van de tijd. Wanneer deze variatie is opgenomen in de vergunning en dusdanig groot is, dat het meenemen van de variatie leidt tot een significante verschuiving van het gevaar, dient de variatie in vulgraad meegenomen te worden in de berekeningen door uit te gaan van enkele representatieve vulgraden en de bijbehorende kans van voorkomen.

3. Voor een opslagtank die geplaatst is in een kelder dienen de scenario's en faalfrequenties van een bovengrondse opslag te worden aangehouden.
4. Indien de leidingaansluiting tot aan de eerste flens een grotere lengte heeft dan tien meter, dient de leidingaansluiting als een afzonderlijk leidingstuk meegenomen te worden.

3.6 Atmosferische opslagen

3.6.1 Definitie

Atmosferische opslagtanks zijn in gebruik voor de opslag van vloeistoffen zoals aardolieproducten, acrylonitril, methanol en aceton, en tot vloeistof gekoelde gassen, zoals ammoniak, chloor en methaan. Een opslagtank is een atmosferische opslagtank wanneer de maximaal toegestane druk gelijk is aan of kleiner is dan 0,5 bar overdruk. In het algemeen is de overdruk maximaal 70 mbar.

3.6.2 Kenmerken

Atmosferische opslagtanks kunnen worden onderverdeeld naar de constructie. Voor de faalfrequenties wordt de volgende indeling gehanteerd:

Enkelwandige atmosferische tank (single containment atmospheric tank)

Een enkelwandige atmosferische tank is een tank met een primaire container voor de vloeistof. Als er een omhulsel aanwezig is, dan is deze bedoeld ter isolatie. Het omhulsel is niet ontworpen om de vloeistof te bevatten bij falen van de primaire container.

Atmosferische tank met beschermend buitenomhulsel (atmospheric tank with a protective outer shell)

De tank bestaat uit een primaire container voor de vloeistof en een beschermend omhulsel dat zodanig ontworpen is dat deze bij het falen van de primaire container wel de vloeistof opvangt, maar niet de damp. Het omhulsel is niet bestand tegen belastingen als explosies (statische drukbelasting van 0,3 bar gedurende 300 ms), fragmenten en koude thermische belasting.

Dubbel omsloten atmosferische tank (double containment atmospheric tanks)

De tank bestaat uit een primaire container voor de vloeistof en een beschermd omhulsel, dat bij falen van de primaire container de vloeistof opvangt, en alle mogelijke belastingen kan weerstaan, zoals explosies (statische drukbelasting van 0,3 bar gedurende 300 ms), fragmenten en koude thermische belasting. Het omhulsel kan geen damp bevatten.

*Volledig omsloten atmosferische tank
(full containment atmospheric tanks)*

De tank bestaat uit een primaire container voor de vloeistof en een secundaire container. Deze laatste is ontworpen om bij falen van de primaire container zowel de vloeistof als de damp op te vangen en is bestand tegen alle mogelijke belastingen, zoals explosies (statische drukbelasting van 0,3 bar gedurende 300 ms), fragmenten en koude thermische belasting. Het buitendak wordt ondersteund door de tweede omhulling en kan belastingen, zoals explosies, weerstaan.

*Membraantank
(membrane tank)*

Een membraantank bestaat uit een primaire en secundaire container. De primaire container bestaat uit een niet-zelfdragend membraan dat onder normale bedrijfsomstandigheden de vloeistof en de damp bevat. De secundaire container is van beton en ondersteunt de eerste omhulling. Indien de binnentank faalt, wordt alle vloeistof opvangen in de secundaire container en komt er geen damp op een ongecontroleerde manier vrij. Het buitendak is een integraal onderdeel van de secundaire container.

*Ingegraven atmosferische tank
(in-ground atmospheric tank)*

Een ingegraven atmosferische tank is een opslagtank met een vloeistofniveau gelijk aan of lager dan het maaiveldniveau.

*Ingeterpte atmosferische tank
(mounded atmospheric tank)*

Een ingeterpte atmosferische tank is een opslagtank die volledig is bedekt met een laag grond en waarin het vloeistofniveau zich boven het maaiveldniveau bevindt.

De volgende elementen kunnen aanwezig zijn bij een atmosferische opslagtank, afhankelijk van uitvoeringstype:

- Drainleiding van de bodem van de tank
- Regenwaterafvoer van drijvend dak
- Vloeistof toe- en afvoerleidingen
- Damp retour leiding (vast dak)
- Inert gas leiding (vast dak)
- Druk/vacuümklep (vast dak)
- Menger
- Stoomverwarming (voor bijvoorbeeld zware olie)
- Koelinstallatie (cryogene tanks)
- Niveaumeter
- Alarmen voor hoge temperatuur en laag/hoog niveau
- Brandbeveiliging in de vorm van schuim
- Tankput

3.6.3 Scenario's

De scenario's en faalfrequenties voor een atmosferische opslagtank gelden voor de opslagtank inclusief de leidingaansluitingen tot aan de eerste flens en instrumentatieleidingen. Het leidingstelsel dient afzonderlijk beschouwd te worden.

De scenario's voor een atmosferische opslagtank zijn gegeven in Tabel 3.6 tot Tabel 3.12. Een overzicht van de onderdelen die meegenomen zijn in de generieke scenario's is weergegeven in Tabel 3.13.

Tabel 3.6 Scenario's voor enkelwandige atmosferische opslagtanks

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-6}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5×10^{-6}
3. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-4}

Tabel 3.7 Scenario's voor atmosferische opslagtanks met een beschermend buitenomhulsel

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan falen van primaire container en buitenomhulsel; vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-7}
2. Instantaan falen van primaire container; vrijkomen van de gehele inhoud in het intacte buitenomhulsel	5×10^{-7}
3. Falen van primaire container en buitenomhulsel; vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5×10^{-7}
4. Falen van primaire container; vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom in het intacte buitenomhulsel	5×10^{-7}
5. Falen van primaire container; continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm in het intacte buitenomhulsel	1×10^{-4}

Tabel 3.8 Scenario's voor dubbel omsloten atmosferische opslagtanks

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan falen van primaire container en buitenomhulsel; vrijkomen van de gehele inhoud	1.25×10^{-8}
2. Instantaan falen van primaire container; vrijkomen van de gehele inhoud in het intacte buitenomhulsel	5×10^{-8}
3. Falen van primaire container en buitenomhulsel; vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	1.25×10^{-8}
4. Falen van primaire container; vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom in het intacte buitenomhulsel	5×10^{-8}
5. Falen van primaire container; continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm in het intacte buitenomhulsel	1×10^{-4}

Tabel 3.9 Scenario's voor volledig omsloten atmosferische opslagtanks

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan falen van primaire en secundaire container; vrijkomen van de gehele inhoud	1×10^{-8}

Tabel 3.10 Scenario's voor membraantanks

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan falen van primaire en secundaire container; vrijkomen van de gehele inhoud	1×10^{-8}

Tabel 3.11 Scenario's voor ingegraven atmosferische opslagtanks

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan falen van de tank en gronddekking; verdamping vanuit een vloeistofplas ter grootte van het tankoppervlak	1×10^{-8}

Tabel 3.12 Scenario's voor ingeterpte atmosferische opslagtanks

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan falen van tank en grondlaag; vrijkomen van de gehele inhoud	1×10^{-8}

Tabel 3.13 Onderdelen meegenomen in de scenario's voor een atmosferische opslagtank

Opgenomen in de standaard scenario's	Niet opgenomen in de standaard scenario's
<ul style="list-style-type: none"> - Instrumentatieleidingen - Leidingaansluitingen tot aan de eerste flens - doorvoeren voor stoomverwarming, regenwaterafvoer e.d. - Druk/vacuümklep 	<ul style="list-style-type: none"> - Leidingstelsel - Koelinstallatie voor een cryogene opslag

Aandachtspunten:

1. De vulgraad van een tank kan variëren als functie van de tijd. Wanneer deze variatie is opgenomen in de vergunning en dusdanig groot is, dat het meenemen van de variatie leidt tot een significante verschuiving van het gevaar, dient de variatie in vulgraad meegenomen te worden in de berekeningen door uit te gaan van enkele representatieve vulgraden en de bijbehorende kans van voorkomen.
2. Indien de leidingaansluiting tot aan de eerste flens een grotere lengte heeft dan tien meter, dient de leidingaansluiting als een afzonderlijk leidingstuk meegenomen te worden.
3. Aangenomen is dat leidingaansluitingen tot de eerste flens zich binnen het beschermende buitenomhulsel bevinden. Indien de eerste flens buiten het buitenomhulsel is en het betreft een bodemdoorvoer, moet voor de scenario's in Tabel 3.8 waarbij de inhoud vrijkomt in het intacte buitenomhulsel, gerekend worden alsof de inhoud vrijkomt buiten het buitenomhulsel.
4. Naast de beschreven typen opslagtanks zijn er nog andere varianten mogelijk. In dergelijke gevallen dient één van de beschreven typen opslagtanks geselecteerd te worden en wel het type waaraan voldaan wordt. Bijvoorbeeld: een tank bestaat uit een metalen dubbel omsloten opslagtank en een betonnen buitenomhulsel. Een dergelijke tank voldoet niet aan de definitie van de volledig omsloten opslagtank, maar wel aan de definitie van een dubbel omsloten opslagtank, zodat de tank gemodelleerd moet worden met de scenario's van een dubbel omsloten opslagtank.

3.7 Gashouders

3.7.1 Definitie

Gashouders zijn grote, uitschuifbare reservoirs waarin gassen opgeslagen worden bij (bijna-) atmosferische druk.

3.7.2 Kenmerken

Kenmerkend voor een gashouder is dat de druk van het reservoir constant is en het volume van het reservoir varieert. Hiertoe beschikken de reservoirs over een extern stalen frame, waarin de bovenkant van het reservoir kan bewegen.

3.7.3 Scenario's

De scenario's en faalfrequenties van een gashouder gelden voor de gashouder inclusief de leidingaansluitingen tot aan de eerste flens en instrumentatieleidingen. Het leidingstelsel dient afzonderlijk beschouwd te worden.

De scenario's voor een gashouder zijn gegeven in Tabel 3.14. Een overzicht van de onderdelen die meegenomen zijn in de generieke scenario's is weergegeven in Tabel 3.15.

Tabel 3.14 Scenario's voor gashouders

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-6}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5×10^{-6}
3. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-4}

Tabel 3.15 Onderdelen meegenomen in de scenario's voor een gashouder

Opgenomen in de standaard scenario's	Niet opgenomen in de standaard scenario's
<ul style="list-style-type: none"> - Instrumentatieleidingen - Leidingaansluitingen tot aan de eerste flens 	<ul style="list-style-type: none"> - Leidingstelsel - Veiligheidsklep

3.8 Leidingen

Deze paragraaf is van toepassing op leidingen op de locatie waar een milieubelastende activiteit wordt verricht. Voor transportleidingen buiten de locatie moet worden gerekend zoals beschreven in module V.

3.8.1 Kenmerken

Er zijn verschillende onderverdelingen in typen leidingen te maken, zoals procesleidingen en transportleidingen, ondergrondse leidingen, leidingen op grondniveau en leidingen op een leidingbrug, gaspijpleiding en vloeistofpijpleiding, metalen leiding, kunststofleiding en beklede leidingen. Leidingen zijn verbonden door middel van flenzen en lassen; voor leidingen met een kleine diameter worden ook schroef- of knelkoppelingen toegepast. In leidingen kunnen ook kleppen aanwezig zijn.

3.8.2 Scenario's

Voor de scenario's en de faalfrequenties wordt geen onderscheid gemaakt in procesleidingen of transportleidingen, het materiaal waarvan een leiding gemaakt is, de aanwezigheid van bekleding, de ontwerpdruk van een leiding en de ligging op een leidingbrug. Er wordt wel onderscheid gemaakt in bovengrondse leidingen en ondergrondse leidingen.

De scenario's en faalfrequenties voor een leiding gelden voor de leiding inclusief de verbindingen, zoals flenzen, lassen en kleppen.

De scenario's voor bovengrondse leidingen zijn gegeven in Tabel 3.16, de scenario's voor ondergrondse leidingen in Tabel 3.17.

Een overzicht van de onderdelen die meegenomen zijn in de generieke scenario's is weergegeven in Tabel 3.18.

Tabel 3.16 Scenario's voor bovengrondse leidingen

Scenario	Frequentie (per meter per jaar) nominale diameter < 75 mm	Frequentie (per meter per jaar) 75 mm ≤ nominale diameter ≤ 150 mm	Frequentie (per meter per jaar) nominale diameter > 150 mm
1. Breuk van de leiding	1×10^{-6}	3×10^{-7}	1×10^{-7}
2. Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter, maximaal 50 mm	5×10^{-6}	2×10^{-6}	5×10^{-7}

Tabel 3.17 Scenario's voor ondergrondse transportleidingen

Scenario	Frequentie (per meter per jaar) Leiding in leidingstraat	Frequentie (per meter per jaar) Leiding voldoet aan NEN 3650	Frequentie (per meter per jaar) Overige leidingen
1. Breuk van de leiding	7×10^{-9}	$1,525 \times 10^{-7}$	5×10^{-7}
2. Lek met een effectieve diameter van 20 mm	$6,3 \times 10^{-8}$	$4,575 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-6}$

Tabel 3.18 Onderdelen meegenomen in de scenario's voor leidingen

Opgenomen in de standaard scenario's	Niet opgenomen in de standaard scenario's
- Verbindingen (flenzen, lassen) - Kleppen	- Pompen (zie paragraaf 3.11)

Opmerkingen:

1. Leidingen kunnen zich binnen of buiten een gebouw bevinden. Dit heeft geen invloed op de scenario's en faalfrequenties.
2. De plaats van de breuk is van belang voor het uitstroomdebiet. Het 'long pipeline' model berekent automatisch de verschillende locaties en leidinglengtes tot de breuk. Bij het 'short pipe' model wordt standaard gerekend met een leidinglengte tot de breuk gelijk aan 5 meter. Wanneer het scenario een belangrijke risicobijdrage heeft, kan een verdere verfijning worden aangebracht door te rekenen met verschillende leidinglengtes in overeenstemming met onderstaande tabel:

leidinggedeelte	Leidinglengte tot breuk
0 – 20 m	5 m
20 – 50 m	30 m
50 – 100 m	70 m
100 – 200 m	130 m
...	...

De leidinglengte tot de breuk wordt gerekend vanaf het vat stroomopwaarts dan wel vanaf het vat waaruit de grootste uitstroming plaatsvindt. Voor een lek is de plaats van het lek niet van belang voor het uitstroomdebiet; een lek wordt gemodelleerd als een gat in een reservoir, rekening houdend met de pompdruk.

4. Het falen van verbindingen zoals flenzen en lassen wordt verondersteld te zijn opgenomen in de faalfrequenties van de leidingen. Daarom moet altijd met een minimum lengte van 10 meter gerekend worden.
5. De diameter van een leiding kan variëren over de afstand. In de berekening wordt uitgegaan van één leidingdiameter, een gewogen gemiddelde. In de rapportage moet aangegeven worden hoe dit gewogen gemiddelde bepaald is.
6. Bovengrondse transportleidingen kunnen onder bepaalde condities vergelijkbaar zijn met (ondergrondse) leidingen in een leidingstraat. Noodzakelijke voorwaarden zijn hierbij onder andere dat externe beschadiging uitgesloten is, er weinig tot geen flenzen en appendages aanwezig zijn en de leiding duidelijk gemarkeerd is. In zeer specifieke situaties is dan voor bovengrondse transportleidingen de toepassing van een lagere faalfrequentie, zoals de faalfrequentie van (ondergrondse) leidingen in een leidingstraat, te verdedigen. Met name voor aardgasleidingen zijn in specifieke situaties lagere faalfrequenties gehanteerd. De toepassing van faalfrequenties voor bovengrondse transportleidingen, die lager zijn dan de waarden in Tabel 3.16, moet voor elk specifiek geval voorgelegd en goedgekeurd worden door het bevoegd gezag.

3.9 Reactorvat en procesvat

3.9.1 Definities

In reactorvaten vindt een verandering plaats van de chemische eigenschappen van de stoffen. Voorbeelden van reactorvaten zijn continue-, semi-batch- en batchreactoren.

In procesvaten vindt een verandering plaats van de fysische eigenschappen van de stoffen, bijvoorbeeld de temperatuur of fase. Hieronder vallen ook filters en vaten waarin stoffen gemengd worden. Destillatiekolommen en condensoren worden apart beschreven.

Vaten waarin alleen de hoeveelheid stof verandert, moeten beschouwd worden als opslag (onder druk). Een buffervat in een procesinstallatie kan gezien worden als een voorbeeld hiervan.

3.9.2 Kenmerken

De volgende elementen zijn standaard aanwezig bij een reactor:

- leidingen voor de aan- en afvoer van stoffen
- instrumentatie voor niveau, druk (temperatuur)
- Drukveiligheid (facultatief)
- Snelafsluiters (facultatief)
- Koeling, roerder

Ook kunnen voorzieningen aanwezig zijn voor het toevoegen van een inhibitor om de reactie snel te stoppen.

De volgende elementen zijn standaard aanwezig bij een procesvat:

- leidingen voor de aan- en afvoer van stoffen
- instrumentatie voor niveau, druk (temperatuur)
- Drukveiligheid (facultatief)
- Snelafsluiters (facultatief)

3.9.3 Scenario's

De scenario's voor reactorvaten en procesvaten zijn gegeven in Tabel 3.19, de opgenomen onderdelen in Tabel 3.20.

Tabel 3.19 Scenario's voor reactorvaten en procesvaten

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van het reactorvat/procesvat	5×10^{-6}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5×10^{-6}
3. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-4}

Tabel 3.20 Onderdelen meegenomen in de scenario's voor een reactorvat/procesvat

Opgenomen in de standaard scenario's	Niet opgenomen in de standaard scenario's
- Instrumentatieleidingen - Leidingaansluitingen tot aan de eerste flens	- Leidingen - drukveiligheid

Aandachtspunten:

1. De samenstelling van de inhoud van het (batch-) reactorvat / procesvat en de condities in het reactorvat/procesvat variëren in de tijd. Indien relevant moet in de berekening daarom uitgegaan worden van enkele representatieve situaties en de daarbij behorende tijdsgecorrigeerde frequentie.
2. Voor het instantaan falen moet de faaldruk van de BLEVE worden ingevoerd (zie paragraaf 2.2.1.10).

3.10 Destillatiekolom

3.10.1 Definitie

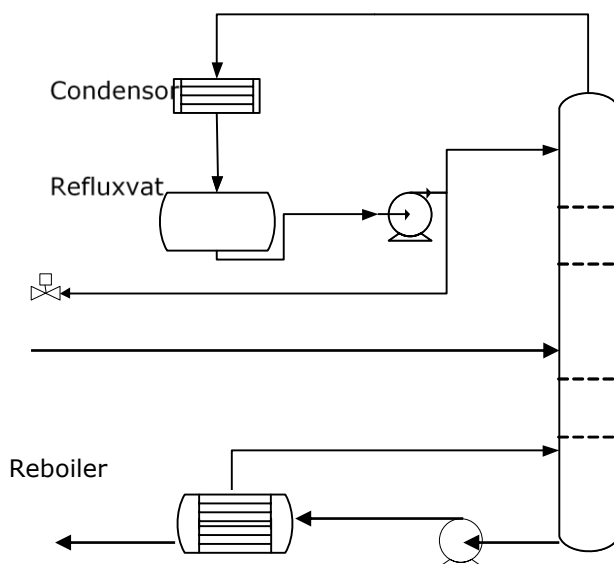
Een destillatiekolom wordt gebruikt voor het scheiden van een mengsel door verschil in dampspanning.

3.10.2 Kenmerken

Bij een destillatie-unit zijn naast de destillatiekolom de volgende elementen standaard aanwezig (zie ook Figuur 3.1):

- Condensor en refluxvat
- Reboiler
- Pomp
- Leidingen tussen de kolom en de condensor, tussen kolom en refluxvat, tussen de kolom en de reboiler en tussen condensor en refluxvat
- Aanvoerleiding voor het mengsel, afvoerleidingen voor het topproduct en bodemproduct
- Drukveiligheid
- Snelafsluiters (optioneel)
- Instrumentatie voor niveau, druk, reflux, temperatuur

Scenario's een faalfrequenties van deze elementen zijn elders in dit document beschreven.



Figuur 3.1 Schema van een destillatie-unit

3.10.3 Scenario's

De scenario's en faalfrequenties voor de kolom zijn gegeven in Tabel 3.21.

Tabel 3.21 Scenario's voor de kolom

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud van de kolom	5×10^{-6}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. In een continue en constante stroom	5×10^{-6}
3. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-4}

Opmerkingen:

1. Het 10 mm gat dient standaard verdeeld te worden over de rectificerende sectie en de strippende sectie.
2. Daarnaast moeten scenario's meegenomen worden voor de overige elementen: de condensor (paragraaf 3.12), de pompen (paragraaf 3.11), de verschillende leidingen (paragraaf 3.8) en de vaten waarmee de kolom in verbinding staat (paragrafen 3.4 en 3.9). Elk stuk leiding tussen de verschillende onderdelen moet apart gemodelleerd worden. De scenario's en faalfrequenties voor de transportleidingen vanaf de afsluiters zijn gegeven in paragraaf 3.7, voor de drukveiligheid in paragraaf 3.13.
3. Bij het falen van de verschillende onderdelen, zoals het refluxvat, moet rekening worden gehouden met de toestroom uit andere installatieonderdelen, zoals de kolom.

3.11 Pompen en compressoren

3.11.1 Kenmerken

Pompen kunnen globaal onderverdeeld worden in twee verschillende types namelijk de zuigerpompen en de centrifugaalpompen. Deze laatste categorie kan verder onderverdeeld worden in 'canned pumps' oftewel 'sealless pumps' en de pompen met seals (pakking). Een canned pump kan gedefinieerd worden als een "ingekapselde" pomp waarbij de procesvloeistof zich bevindt in de ruimte rond de rotor ('impeller') en waarbij geen gebruik gemaakt wordt van pakkingen.

Compressoren kunnen globaal onderverdeeld worden in twee types namelijk de zuiger compressoren en de centrifugale compressoren.

3.11.2 Scenario's

De scenario's en faalfrequenties voor pompen en compressoren zijn gegeven in Tabel 3.22 en Tabel 3.23.

Tabel 3.22 Scenario's voor centrifugaalpompen en centrifugaalcompressoren

Scenario	Canned (zonder pakking) Frequentie (per jaar)	Met pakking Frequentie (per jaar)
Catastrofaal falen	1×10^{-5}	$1,0 \times 10^{-4}$
Lek (10 % diameter)	5×10^{-5}	$4,4 \times 10^{-3}$

Tabel 3.23 Scenario's voor zuigerpompen en zuiger compressoren

Scenario	Frequentie (per jaar)
Catastrofaal falen	$1,0 \times 10^{-4}$
Lek (10 % diameter)	$4,4 \times 10^{-3}$

Opmerkingen:

1. Er is geen verschil in faalfrequentie tussen pompen met een enkele pakking en pompen met een dubbele pakking.
2. De scenario's zijn alleen van toepassing op de tijd dat de pomp of compressor in bedrijf is.
3. Het catastrofaal falen van een pomp (compressor) wordt gemodelleerd als een leidingbreuk van de toevoerleiding van de pomp (compressor). Het lek scenario wordt gemodelleerd als een lek in de toevoerleiding van de pomp (compressor).

3.12 Warmtewisselaars en condensors

3.12.1 Definitie

In een warmtewisselaar wordt warmte overgebracht van de ene (vloeï-)stof naar de andere. De verschillende vloeistoffen zijn van elkaar gescheiden door een vaste wand om mengen te voorkomen.

Condensors kunnen ondergebracht worden onder de warmtewisselaars daar ze dezelfde uitvoeringsvormen hebben en alleen verschillen in hun functie: in condensors treedt een faseverandering op van gas naar vloeistof.

3.12.2 Kenmerken en scenario's

Er kunnen verschillende typen warmtewisselaars worden onderscheiden:

- pijpwarmtewisselaars waarbij de gevaarlijke stof zich buiten de pijpleidingen bevindt (Tabel 3.24);
- pijpwarmtewisselaars waarbij de gevaarlijke stof zich in de pijpleidingen bevindt, en waarbij de mantel een ontwerpdruk heeft die hoger is dan of gelijk aan de maximaal optredende druk van de gevaarlijke stof in de pijpleiding (Tabel 3.25);
- pijpwarmtewisselaars waarbij de gevaarlijke stof zich in de pijpleidingen bevindt, en waarbij de mantel een ontwerpdruk heeft die lager is dan de maximaal optredende druk van de gevaarlijke stof in de pijpleiding (Tabel 3.26)
- pijpwarmtewisselaars waarbij de gevaarlijke stof zich zowel in de pijpleidingen als in de mantel bevindt (Tabel 3.27).
- plaatwarmtewisselaars waarbij de gevaarlijke stof zich bevindt in de kanalen tussen de verschillende platen (Tabel 3.24).

Tabel 3.24 Scenario's voor pijpwarmtewisselaars waarbij de gevaarlijke stof zich buiten de pijpleidingen bevindt en voor plaatwarmtewisselaars

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-5}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. In een continue en constante stroom	5×10^{-5}
3. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-3}

Tabel 3.25 Scenario's voor pijpwarmtewisselaars waarbij de gevaarlijke stof zich binnen de pijpleidingen bevindt en waarbij de mantel een ontwerpdruk heeft die hoger is dan of gelijk aan de maximaal optredende druk van de gevaarlijke stof in de pijpleiding

Scenario	Frequentie
1. Breuk van 10 pijpen tegelijkertijd	1×10^{-6}

Tabel 3.26 Scenario's voor pijpwarmtewisselaars waarbij de gevaarlijke stof zich binnen de pijpleidingen bevindt en waarbij de mantel een ontwerpdruk heeft die lager is dan de maximaal optredende druk van de gevaarlijke stof in de pijpleiding

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Breuk van 10 pijpen tegelijkertijd	1×10^{-5}
2. Breuk van 1 pijp	1×10^{-3}
3. Lek met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter van één pijp, maximaal 50 mm	1×10^{-2}

Opmerkingen:

1. De stoffen komen bij alle scenario's direct in de atmosfeer vrij. Er wordt verondersteld dat een vervuiling van het koelmiddel niet leidt tot externe risico's. Indien de warmtewisselaar is uitgerust met veiligheidsvoorzieningen, bijv. met een veiligheidsklep, dient hiermee rekening te worden gehouden bij het bepalen van de uitstroming.
2. Bij breuk van 10 pijpen tegelijkertijd dient gerekend te worden met een effectieve leidingdiameter gelijk aan het totale uitstroomoppervlak.
3. De toevoer uit de verbonden pijpleidingen moet ook in beschouwing worden genomen (zie paragraaf 2.1.1). Bij een pijpwarmtewisselaar met de gevaarlijke stof in de mantel betekent dit dat, naast het instantaan vrijkomen van de inhoud van de mantel, ook de nalevering van de toe- en afvoerleidingen in het scenario moet worden meegenomen.
4. Wanneer naast de gevaarlijke stof in de pijpen er ook een gevaarlijke stof aanwezig is in de mantel van de warmtewisselaar moet bij breuk van de pijp rekening gehouden worden met de uitstroom van 2 gevaarlijke stoffen (zie Tabel 3.27).

Tabel 3.27 Scenario's voor pijpwarmtewisselaars waarbij de gevaarlijke stof zich zowel binnen de pijpleidingen als in de mantel bevindt

Ontwerp	Scenario's
mantel heeft ontwerpdruk > max optredende druk van gevaarlijke stof in de pijpleiding	* uitstroom van stof in mantel → zie scenario's Tabel 3.24 * Uitstroom van stof in mantel én stof in pijpleidingen → Breuk 10 pijpen tegelijk: 10^{-6}
mantel heeft ontwerpdruk ≤ max optredende druk van gevaarlijke stof in de pijpleiding	* uitstroom van stof in mantel → zie scenario's Tabel 3.24 * Uitstroom van stof in mantel én stof in pijpleidingen → zie scenario's Tabel 3.26

5. Gezien de constructie van plaatwarmtewisselaars, namelijk de gevaarlijke stof in de kanalen tussen de platen, zal een lek of breuk van de mantel

aanleiding geven tot uitstroming. Voor de modellering wordt gebruik gemaakt van de scenario's van pijpwarmtewisselaars met gevaarlijke stoffen buiten de pijpleidingen (zie Tabel 3.24).

3.13 Drukveiligheid

3.13.1 Definitie

Een drukveiligheid is een component die opent wanneer de druk in het systeem een vooraf ingestelde druk overschrijdt. Onder drukveiligheden vallen o.a. veiligheidskleppen en breekplaten.

3.13.2 Scenario's

Het scenario voor het openen van een drukveiligheid is opgenomen in Tabel 3.28. De scenario's en frequenties zijn van toepassing op zowel veiligheidskleppen als breekplaten en combinaties hiervan. Dit scenario hoeft alleen meegenomen te worden wanneer het openen van een drukveiligheid leidt tot een emissie met gevaar voor de omgeving.

Tabel 3.28 Scenario's voor het openen van een drukveiligheid

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Uitstroming met het maximale uitstroomdebiet	2×10^{-5}

3.14 Transportmiddelen

3.14.1 Definitie

Onder transportmiddelen worden verstaan: tankauto's, ketelwagens en schepen die zich bevinden op de locatie van de milieubelastende activiteit en/of betrokken zijn bij laad- en/of loshandelingen bij de milieubelastende activiteit. Voor de scenario's met betrekking tot de verlading wordt verwezen naar paragraaf 3.15.

Atmosferische tankauto's (/ketelwagens) zijn gedefinieerd als tankauto's (/ketelwagens) voor het transport van gevaarlijke stoffen, met uitzondering van de stoffen die vallen in de ADR klasse 2.

Druktankauto's (/ketelwagens) worden gedefinieerd als tankauto's (/ketelwagens) voor het transport van gevaarlijke stoffen die vallen in de ADR klasse 2.

3.14.2 Kenmerken

Onder de transportmiddelen vallen niet alleen de vaste vloeistof- of gasreservoirs, maar ook de vaste leidingen en appendages op of onder deze reservoirs, zoals stijgpipen, flenzen en de koppelingen voor het aansluiten van laad-/losslangen.

3.14.3 Scenario's

De in deze paragraaf weergegeven faalfrequenties dienen te worden gecorrigeerd voor het aantal transporteenheden en de tijdsfractie dat deze per jaar aanwezig zijn.

3.14.3.1 Tankauto

Onder tankauto's worden wagens met vaste reservoirs verstaan, maar ook met afneembare reservoirs. Daarnaast batterijwagens en voor zover deze op een wagen zijn geplaatst: tankcontainers, wissellaadtanks en MEGC's (multiple element gas container).

Voor de scenario's voor tankauto's wordt onderscheid gemaakt in de volgende categorieën:

- tankauto's met een atmosferische tank (Tabel 3.29)
- tankauto's met een reservoir onder druk (Tabel 3.30)

Tabel 3.29 Scenario's voor tankauto met een atmosferische tank

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	1×10^{-5}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	5×10^{-7}

Tabel 3.30 Scenario's voor tankauto met een reservoir onder druk

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-7}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	5×10^{-7}

Aandachtspunten:

1. In geval van compartimentering van atmosferische tanks moet bij het scenario van het vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting, ieder compartiment als een afzonderlijke tank worden beschouwd, waarbij de faalfrequentie van 5×10^{-7} per jaar verdeeld wordt over het aantal compartimenten. Voor de instantane scenario's moet de gecompartmenteerde tankauto als één enkelvoudige tank worden beschouwd.

2. Indien er zich bij een atmosferische tank geen aansluitingen aan de zij- of onderkant van de tank bevinden, hoeft het scenario van vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting, niet te worden meegenomen.
3. Er zijn geen scenario's opgenomen voor Loss of Containment ten gevolge van externe beschadiging van tankauto's of brand in de omgeving. Aangenomen wordt dat voldoende voorzorgsmaatregelen zijn genomen om externe beschadiging van het reservoir te voorkomen, zoals een geïsoleerde opstelling en/of lage snelheid. Ook is aangenomen dat een beladen tankauto niet is opgesteld nabij brandbare vloeistoffen of nabij een dusdanige hoeveelheid brandbaar materiaal, dat de warmtestraling van een brand leidt tot het falen van de tankauto. Indien een dergelijke situatie zich voordoet, dient deze bij voorkeur opgeheven te worden door het nemen van voorzorgsmaatregelen.

Er zijn situaties waarin brand in de omgeving en/of externe beschadiging niet uit te sluiten is. Een voorbeeld hiervan is een LPG tankauto bij een LPG tankstation tijdens verlading (zie module II). In een dergelijk geval moet een additioneel BLEVE scenario toegevoegd worden.

4. Voor het instantaan falen moet de faaldruk van de BLEVE worden ingevoerd, zie 2.2.1.10.

3.14.3.2 Ketelwagens

Voor de scenario's voor ketelwagens wordt onderscheid gemaakt in de volgende categorieën:

- ketelwagens met een atmosferische tank (Tabel 3.31)
- ketelwagens met een reservoir onder druk (Tabel 3.32)

Tabel 3.31 Scenario's voor ketelwagens met een atmosferische tank

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	1×10^{-5}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	5×10^{-7}

Tabel 3.32 Scenario's voor ketelwagens met een reservoir onder druk

Scenario	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-7}
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	5×10^{-7}

Aandachtspunten:

1. In geval van compartimentering van atmosferische tanks moet bij het scenario van het vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste

aansluiting, ieder compartiment als een afzonderlijke tank worden beschouwd, waarbij de faalfrequentie van 5×10^{-7} per jaar verdeeld wordt over het aantal compartimenten. Voor de instantane scenario's moet de gecompartmenteerde ketelwag en als één enkelvoudige tank worden beschouwd.

2. Indien er zich bij een atmosferische tank geen aansluitingen aan de zij- of onderkant van de tank bevinden, hoeft het scenario van vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting, niet te worden meegenomen.
3. Er zijn geen scenario's opgenomen voor externe beschadiging van ketelwagens. Aangenomen wordt dat tijdens verlading voldoende voorzorgsmaatregelen zijn genomen om externe beschadiging van het reservoir te voorkomen, zoals aanrijbeveiliging en lage snelheid. Voor de berekening van de frequentie is ook aangenomen dat een beladen ketelwag en niet is opgesteld nabij brandbare vloeistoffen of nabij een dusdanige hoeveelheid brandbaar materiaal, dat de warmtestraling van een brand leidt tot het falen van de ketelwagens. Indien een dergelijke situatie zich voordoet, dient deze bij voorkeur opgeheven te worden door het nemen van voorzorgsmaatregelen. Voor de rekenmethodiek ten aanzien van externe impact en brand op spoorwegemplacements (met een publieke functie) wordt verwezen naar de rekenmethode voor spoorwegemplacements (zie module II).
4. Voor het instantaan falen moet de faaldruk van de BLEVE worden ingevoerd, zie 2.2.1.10.

3.14.3.3 Schepen

Voor schepen zijn er geen scenario's voor intrinsiek falen. Aangenomen wordt dat verlading plaatsvindt tijdens het grootste deel van de tijd, dat een schip aanwezig is, en de verladingsscenario's dominant zijn ten opzichte van intrinsiek falen.

De enige scenario's, naast de verlading, die van belang zijn, zijn externe beschadiging ten gevolge van scheepsbotsingen. Deze worden zeer sterk bepaald door de lokale situatie. In het geval een schip gelegen is in een (kleine) haven buiten de transportroutes, is de kans op een botsing die leidt tot een uitstroming dusdanig klein, dat deze over het algemeen niet beschouwd hoeft te worden. In andere gevallen dient op basis van het specifieke baanvak de basisfaalfrequentie voor ongevallen, f_0 , bepaald te worden.

Wanneer geen informatie bekend is, dient gerekend te worden met een algemene basisfaalfrequentie voor ongevallen, f_0 . Deze is gelijk aan $6,7 \times 10^{-11} \times T \times t \times N$. Daarbij is T het totale aantal schepen per jaar op de transportroute of in de haven, t de gemiddelde verladingduur per schip (in uren) en N het aantal verladingen per jaar.

De scenario's voor een schip zijn gegeven in Tabel 3.33 t/m Tabel 3.36.

Tabel 3.33 Scenario's voor gastankers

Scenario	Frequentie
1. Continu vrijkomen van 180 m ³ in 1800 s	$0,00012 \times f_0$
2. Continu vrijkomen van 90 m ³ in 1800 s	$0,025 \times f_0$

Tabel 3.34 Scenario's voor semi gastankers (gekoeld)

Scenario	Frequentie
1. Continu vrijkomen van 126 m ³ in 1800 s	$0,00012 \times f_0$
2. Continu vrijkomen van 32 m ³ in 1800 s	$0,025 \times f_0$

Tabel 3.35 Scenario's voor dubbelwandige vloeistoftankers

Scenario	Frequentie
1. Continu vrijkomen van 75 m ³ in 1800 s	$0,0015 \times f_0$
2. Continu vrijkomen van 20 m ³ in 1800 s	$0,006 \times f_0$

Tabel 3.36 Scenario's voor enkelwandige vloeistoftankers

Scenario	Frequentie
1. Continu vrijkomen van 75 m ³ in 1800 s	$0,1 \times f_0$
2. Continu vrijkomen van 30 m ³ in 1800 s	$0,2 \times f_0$

3.15 Verlading

Verlading vindt plaats van een opslagreservoir naar een transporteenheid (tankauto, ketelwagen of schip) of van een transporteenheid naar een opslagreservoir. De volgende elementen zijn standaard aanwezig bij een verlading.

- Beveiligingen tegen aanrijden en verplaatsen van de transporteenheid
- Slang of ladingsarm voor de verlading van het materiaal in de vloeistoffase
- Snelafsluiters in de vloeistofleidingen met noodstop-knoppen
- Pomp voor het verladen van stof
- Damp retour leiding, aangesloten op de dampfase
- Instrumentatie voor niveau, druk (temperatuur)

De scenario's voor verlading zijn gegeven in Tabel 3.37.

Tabel 3.37 Scenario's voor de verlading

Scenario	Frequentie Laad-/losarm (per uur)	Frequentie Laad-/losslang (per uur)
1. Breuk van de laad-/losarm of laad-/losslang	3×10^{-8}	4×10^{-6}
2. Lek van de laad-/losarm of laad-/losslang met een effectieve diameter van 10% van de nominale diameter, maximaal 50 mm.	3×10^{-7}	4×10^{-5}

Daarnaast moet voor de verlading van ontvlambare stoffen rekening worden gehouden met het falen van de tankauto (/ketelwagen) ten gevolge van een domino-effect. Deze scenario's zijn gegeven in Tabel 3.38.

Tabel 3.38 Aanvullende scenario's voor de verlading van ontvlambare stoffen voor tankauto's en ketelwagens

Type tankauto/ketelwagen	Scenario	Frequentie (per uur)
1. Atmosferisch	Instantaan vrijkomen gehele inhoud, plasbrand	$5,8 \times 10^{-9}$
2. Druk	Instantaan vrijkomen gehele inhoud, BLEVE	$5,8 \times 10^{-10}$

Aandachtspunten:

1. De aanvullende scenario's voor de verlading van ontvlambare stoffen dienen ook meegenomen te worden voor stoffen die gemodelleerd worden als zowel ontvlambaar als giftig.
2. Bij verlading van een opslagreservoir naar een transporteenheid en omgekeerd is het falen van de pomp al opgenomen in de faalfrequentie voor de verlading. Faalscenario's voor de pomp worden niet apart meegenomen. Hierbij moet de pomp duidelijk verbonden zijn met deze verladingshandeling, dus er moet sprake zijn van een specifieke pomp op de verlaadplaats of op de transporteenheid. In alle andere gevallen worden de faalscenario's voor de pomp apart meegenomen. Dit is het geval bij een pomp die elders op de locatie staat en (ook) gebruikt wordt voor andere stofstromen, bijvoorbeeld tussen twee opslagreservoirs of van een opslagreservoir in een pijpleiding.

3.16 Repressieve systemen

Deze paragraaf beschrijft mogelijke repressieve systemen en hoe deze worden gemodelleerd. Een overzicht van de repressieve systemen is gegeven in Tabel 3.39.

Tabel 3.39: Overzicht repressieve systemen

Stelsysteem	Paragraaf
Tankput	3.16.1
Inbloksystemen	3.16.2
Doorstroombegrenzer	3.16.3
Terugslagklep	3.16.4
Breekkoppelingen en wegrijbeveiligingen	3.16.5
Ingrijpen door operators	3.16.6
Overige repressieve systemen	3.16.7

3.16.1 Tankput

3.16.1.1 Definitie en kenmerken

Een tankput bestaat uit een omsloten of verdiept liggend gebied rondom een tank met als doel de verspreiding van een vloeistofplas te beperken. De inhoud van de tankput is ten minste gelijk aan de opslagcapaciteit van de tank. Indien meerdere tanks in de tankput aanwezig zijn is de inhoud ten minste gelijk aan de opslagcapaciteit van de grootste tank vermeerderd met 10% van de opslagcapaciteit van de overige tanks. Als een tankput het vrijkomende volume niet kan bevatten, dan wordt geen tankput gebruikt/ingevoerd.

3.16.1.2 Modelleren

Een tankput wordt meegenomen in de berekening door het maximum plasoppervlak te beperken tot het oppervlak¹⁰ van de tankput voor de continue scenario's en $1,5 \times$ het oppervlak van de tankput voor de instantane scenario's. Dit wordt in Safeti-NL gedaan door het volgende in te voeren:

- de grootte van de tankput: het werkelijk oppervlak van de tankput.
- *bund area multiplier for catastrophic rupture*: 1,5.

Wanneer aangetoond wordt dat overtopping¹¹ niet mogelijk is (zie bijvoorbeeld [2, 3]), dan kan gerekend worden met een maximum plasoppervlak dat gelijk is aan het oppervlak van de tankput voor alle scenario's. Dit is het geval wanneer de hoogte van de dijkwand groter is dan de vloeistofkolom.

Bij invoer van de gegevens van de tankput dient rekening gehouden te worden met de volgende gegevens.

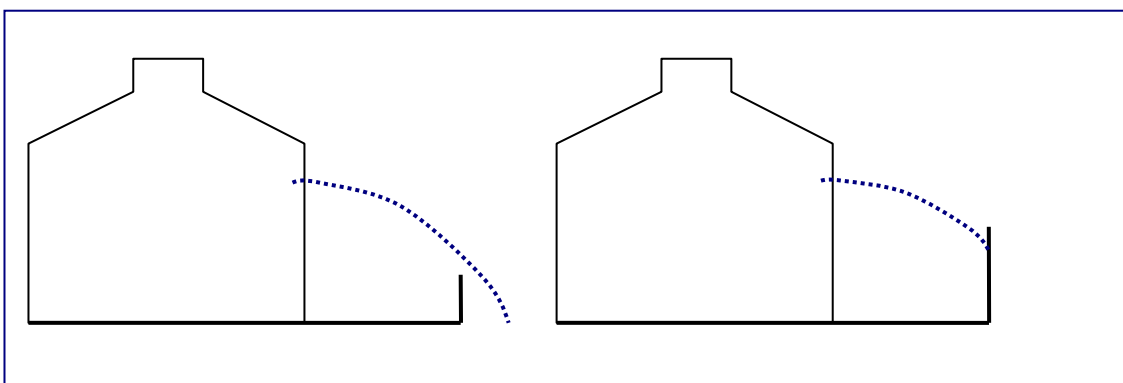
- Standaard wordt verondersteld dat de tankput niet faalt¹², dat wil zeggen dat de inhoud van de tankput voldoende groot is om de volledige inhoud van het reservoir te bevatten.

¹⁰ Wanneer er meerdere tanks in één tankput staan, wordt gerekend met het oppervlak dat beschikbaar is voor de uitgestroomde vloeistof, dat wil zeggen het netto oppervlak.

¹¹ Het verschijnsel dat bij catastrofaal falen van de tank een vloedgolf ontstaat waardoor een gedeelte van de vloeistof over de rand van de tankput slaat en buiten de tankput terechtkomt.

¹² De keuze *Bund cannot fail* is geselecteerd voor de parameter *Bund Failure modeling*

- De hoogte van de tankput is een belangrijke parameter; het rekenpakket veronderstelt dat de vloeistof buiten de tankput terecht komt wanneer de hoogte van de tankput kleiner is dan de berekende hoogte van de vloeistofdruppels ter plaatse van de rand van de tankput (zie Figuur 3.2).
- De eigenschappen van de ondergrond bepalen de verspreiding van de vloeistofplas en de plasverdamping. Standaard waarden zijn in het model aanwezig voor verschillende typen ondergrond.



Figuur 3.2 Het effect van de hoogte van de tankput. Links is de druppeltrajectorie hoger dan de tankputwand, waardoor een onbeperkte plas buiten de bund ontstaat. Rechts is de tankput hoog genoeg om de vloeistof binnen de tankput te houden.

De vloeistofplas is gecentreerd rond het punt waar de vloeistof uitregent, en wordt begrensd door de tankput. Safeti-NL rekt met een cirkelvormige tankput gecentreerd rond het uitstroompunt. Dit kan ertoe leiden dat de gemodelleerde vloeistofplas buiten de tankput valt als een tank aan de rand van de tankput staat. Ook bij bijvoorbeeld langwerpige tankputten kan de gemodelleerde vloeistofplas buiten de tankput vallen. Als de vloeistofplas bepalend is voor het risico, moet met maatwerk een goede inschatting van de risico's worden berekend. Dit kan in bepaalde situaties bijvoorbeeld door de tank in het midden van de tankput te modelleren.

Als er geen tankput aanwezig is, rekt Safeti-NL een cirkelvormige plas uit met een grootte, die gebaseerd is op een evenwicht tussen toevoer en afvoer van de stof, of op een minimum laagdikte. Dit kan tot grote plasoppervlakten leiden. In de praktijk kan een plas ook worden begrensd door bijvoorbeeld hoogteverschillen in het terrein en afvoerputten. In overleg met het bevoegd gezag kan rekening gehouden worden met locatiespecifieke kenmerken die de plas begrenzen, en een bijbehorende tankput worden ingevoerd.

3.16.2 *Inbloksystemen*

3.16.2.1 Definitie en kenmerken

Inbloksystemen dienen om de vrijgekomen hoeveelheid na een LOC te beperken. Een inbloksysteem bestaat uit een detectiesysteem, bijvoorbeeld gasdetectie, in combinatie met afsluitkleppen. De afsluiters kunnen automatisch of handmatig worden gesloten.

De effectiviteit van een inbloksysteem wordt bepaald door verschillende factoren, zoals de positie van gasdetectie-monitors en de verdeling daarvan over de verschillende windrichtingen. Verder zijn ook de detectielimiet en de reactietijd van het systeem evenals de interventietijd van de operator van belang.

Voor het meenemen van de werking van een inbloksysteem in de risicoanalyse moet ten minste voldaan worden aan de volgende voorwaarden:

- er moet een automatisch detectiesysteem aanwezig zijn, dat leidt tot een signalering in de controlekamer dan wel automatische aansturing van de inlokafsluiters. Een voorbeeld hiervan is een gasdetectiesysteem met monitors van voldoende gevoeligheid en voldoende detectiepunten. Bij signalering in de controlekamer dient deze continu bemand te zijn.
- het detectiesysteem en de afsluitkleppen moeten regelmatig getest worden.

Voor de situatie waarin geen sprake is van een automatisch detectiesysteem maar alleen van (visueel) toezicht door een operator wordt verwezen naar paragraaf 3.16.6.

3.16.2.2 Modellering

Het effect van een inbloksysteem moet worden bepaald met behulp van een specifieke gebeurtenissenboom, waarbij tevens het falen van het systeem wordt beschouwd. De opsteller van de QRA dient zelf de faalkans en reactietijd van het systeem te bepalen en de onderbouwing op te nemen in de rapportage. Er zijn drie representatieve systemen:

1 *Automatisch inbloksysteem*

Een automatisch inbloksysteem is een systeem waarbij de detectie van het lek en het sluiten van de inlokafsluiters automatisch plaatsvindt. Actie van een operator is niet nodig.

2 *Semi-automatisch inbloksysteem*

Een semi-automatisch inbloksysteem is een systeem waarbij de detectie van het lek automatisch plaatsvindt en leidt tot een alarmsignaal in een continu bemande controlekamer. Na validatie van het signaal sluit de operator de inlokafsluiters met behulp van een schakelaar in de controlekamer.

3 Niet-automatisch inbloksysteem

Een niet-automatisch inbloksysteem is een systeem waarbij de detectie van het lek automatisch plaatsvindt en leidt tot een alarmsignaal in een continu bemande controlekamer. De operator heeft niet de mogelijkheid de inlokafsluiters dicht te doen met behulp van een schakelaar in de controlekamer, maar dient hiervoor buiten de controlekamer actie te ondernemen.

Wanneer er meerdere inbloksystemen aanwezig zijn, moet de kans op falen van het hele inbloksysteem bepaald worden. Dit is niet zonder meer gelijk aan het product van de afzonderlijke faalkansen van elk inbloksysteem, omdat vaak sprake is van 'common mode failures'.

3.16.3 Doorstroombegrenzer

3.16.3.1 Definitie

Een doorstroombegrenzer is een klep die sluit wanneer het debiet een ingestelde waarde overschrijdt.

3.16.3.2 Kenmerken

Een doorstroombegrenzer is een passief systeem, dat wil zeggen dat de klep automatisch dichtgaat wanneer het debiet een ingestelde waarde overschrijdt, bijvoorbeeld doordat de druk op een klep de veerdruk overschrijdt.

Een systeem waarbij een detector een signaal afgeeft waardoor een klep wordt dichtgestuurd is geen doorstroombegrenzer, maar een inbloksysteem (zie paragraaf 3.16.2).

3.16.3.3 Modelling

De werking van een doorstroombegrenzer is afhankelijk van de verhouding tussen het berekende uitstroomdebiet en de instelwaarde van de doorstroombegrenzer. Hierbij gelden de faalkansen zoals weergegeven in Tabel 3.40.

Tabel 3.40 Faalkansen doorstroombegrenzer

Verhouding uitstroomdebiet en instelwaarde	Kans op niet sluiten
uitstroomdebiet \leq instelwaarde	1
instelwaarde $<$ uitstroomdebiet $\leq 1,2 \times$ instelwaarde	0,12
Uitstroomdebiet $> 1,2 \times$ instelwaarde	0,06

De reactietijd van de doorstroombegrenzer is gelijk aan vijf seconden. Dit dient nog verlengd te worden met de tijd benodigd voor de uitstroom van de inhoud van de slangen en/of leidingen met het gegeven uitstroomdebiet.

3.16.4 *Terugslagklep*

3.16.4.1 Definitie

Een terugslagklep is een klep die sluit wanneer de richting van het debiet tegengesteld is aan de ingestelde richting.

3.16.4.2 Kenmerken

Een terugslagklep is een passief systeem, dat wil zeggen dat de klep automatisch dichtgaat wanneer terugstroming optreedt.

Een systeem waarbij een detector een signaal afgeeft waardoor een klep wordt dichtgestuurd is geen terugslagklep, maar een inbloksysteem (zie paragraaf 3.16.2).

3.16.4.3 Modelling

Een terugslagklep is in het algemeen weinig betrouwbaar. Indien deze niet regelmatig getest wordt, wordt de terugslagklep niet meegenomen in een QRA.

Wanneer een terugslagklep regelmatig getest wordt, wordt deze meegenomen in een QRA. De default reactietijd is gelijk aan 5 seconden en de default kans op falen is gelijk aan 0,06 per aanspraak.

3.16.5 *Brekkoppelingen en wegrijbeveiligingen*

Brekkoppelingen en wegrijbeveiligingen zijn standaardvoorzieningen. Aangenomen wordt dat de aanwezigheid en de goede werking van deze voorzieningen opgenomen zijn in de faalfrequenties. Daarom worden brekkoppelingen en wegrijbeveiligingen niet meegenomen in de QRA als repressieve maatregelen.

3.16.6 *Ingrijpen door operators*

3.16.6.1 Beschrijving

Bij verlading is vaak een operator¹³ ter plaatse aanwezig die toezicht houdt op het proces en met behulp van een noodstopvoorziening een afsluiter kan bedienen. Het ingrijpen van een operator bij de verlading kan worden onder voorwaarden meegenomen in de QRA, mits ten minste voldaan wordt aan de volgende voorwaarden:

¹³ Een chauffeur kan bij verlading ook gezien worden als een operator

1. De ter plaatse aanwezige operator heeft van het begin tot en met het einde van de verlading zicht op de verlading en de laad-/loslang of -arm. In het bijzonder zit de operator tijdens de verlading niet in de cabine van de tankwagen of binnen in een gebouw.
2. Het ter plaatse aanwezig zijn van de operator wordt geborgd door een voorziening zoals een dodemansknop of door een procedure in het veiligheidsbeheerssysteem en wordt tijdens inspecties gecontroleerd.
3. Het inschakelen van de noodstopvoorziening door de aanwezige operator in het geval van een lekkage tijdens de verlading is vastgelegd in een procedure.
4. De ter plaatse aanwezige operator is voldoende opgeleid en is tevens bekend met de geldende procedures.
5. De noodstopvoorziening is volgens geldende normen gepositioneerd, zodanig dat er in korte tijd ongeacht de uitstroomrichting een noodknop bediend kan worden.

Indien aan deze voorwaarden wordt voldaan kan de uitstroomduur in de QRA beperkt worden tot 2 minuten. Dit dient nog verlengd te worden met de tijd benodigd voor de uitstroom van de inhoud van de slangen en/of leidingen met het gegeven uitstroomdebiet. Als aan één van deze voorwaarden niet voldaan wordt, bedraagt de in de QRA aan te houden uitstroomduur 30 minuten. Het effectief aanspreken van een noodstopvoorziening heeft een faalkans van 0,1 per aanspraak.

3.16.7 *Overige repressieve systemen*

Verschillende andere repressiesystemen kunnen zijn aangebracht om de gevolgen van een LOC zoveel mogelijk te beperken. Voorbeelden zijn waterschermen om de dispersie van (in water oplosbare) stoffen in de atmosfeer te beperken en het gebruik van schuim om plasverdamping te verminderen. Dergelijke repressiesystemen kunnen in de QRA-berekeningen gewaardeerd worden op voorwaarde dat de effectiviteit van het systeem vooraf is aangetoond bij het bevoegd gezag met bijvoorbeeld testen. Opname van het effect van een repressiesysteem in de QRA gebeurt als volgt:

1. Bepaal de reactietijd van het systeem, t_{react} .
2. Bepaal de effectiviteit van het systeem.
3. Stel de bronterm voor de tijdsperiode 0 tot t_{react} gelijk aan de bronterm zonder gebruik van het repressiesysteem.
4. Corrigeer de bronterm in de tijdsperiode volgend op t_{react} voor de effectiviteit van het repressiesysteem.
5. Verdisconteer de kans van falen op aanspraak van het repressiesysteem. Deze kans van falen moet voor elke situatie afzonderlijk bepaald worden en kan berekend worden met methodes als een foutenboomanalyse. (Indicatief voor algemeen geaccepteerde waarden is een waarde rond 0,05 per aanspraak)

3.17 Systeemreacties

In de berekeningen moet rekening worden gehouden met systeemreacties, zoals een verandering in het pompdebiet wanneer de tegendruk wegvalt.

3.17.1 Pompen

De aanwezigheid van pompen in leidingen en hun volumetrische stroom moeten worden betrokken bij het berekenen van de uitstroming. Bij breuk stroomafwaarts van de pomp kan, wanneer het pompdebiet bepalend is voor het uitstroomdebiet¹⁴, standaard worden uitgegaan van een uitstroomdebiet van 1,5 maal het nominale pompdebiet (50% toename door verlies van druk). In bijzondere gevallen kan op basis van de pompkarakteristiek bepaald worden wat het uitstroomdebiet is. Ook kan rekening worden gehouden met de werking van pompbeveiligingen en uitval van een pomp.

¹⁴ Bij een (tot vloeistof verdicht) gas onder druk zal het uitstroomdebiet vaak bepaald worden door de druk in de leiding (verzadigingsdruk plus pompdruk)

4 Referenties

1. *Methods for the calculation of physical effects ('Gele boek')*, Ministerie van VROM, Editor. 2005.
2. Atherton, W., *An experimental investigation of bund wall overtopping and dynamic pressures on the bund wall following catastrophic failure of a storage vessel*. 2005: HSE Research Report 333.
3. A.M. Thyer, I.L.H., S.F. Jagger, *Bund overtopping – the consequences of catastrophic tank failure*. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2002. **15**(5): p. 357-363.