

Instrument
Domino-
Effecten

Mei 2003

HOOFDRAPPORT: Instrument domino-effecten (IDE)

Samenvatting

1. Inleiding	4
2. Begrippen, gebruik en uitgangspunten	6
3. De beschrijving van de selectiemethodiek	10
3.1. Globale uiteenzetting selectiemethodiek.....	10
3.2. De drie selectiestappen.....	12
3.3. Hulpmiddelen voor de toepassing van de selectiestappen 2 en 3.....	13
3.3.1. Selectiestap 2.....	13
3.3.2. Selectiestap 3.....	13
3.4. Uitwerking voorbeelden.....	14
3.5. Resumé methodiek.....	16

BIJLAGE 1: Beschrijving van het IDE

1. Inleiding	21
2. Installatietypen (tabel A)	21
3. Installatietype gerelateerde ongevalsscenario's (tabel B)	23
4. De fysische effecten voor catastrofaal bezwijken (tabel C)	25
5. Stoffenlijst (tabel D)	26
6. De domino-afstandentabellen (DA-tabellen 1t/m 10)	31
6.1. Inleiding.....	31
6.2. Domino-afstandentabellen.....	31

BIJLAGE 2: Achtergronden bij het IDE

1. Ongevalsscenario's	42
1.1. Overzicht.....	42
1.2. Toelichting op de scenario's.....	43
2. Kwetsbaarheidscriteria	49
3. Gehanteerde rekenmodellen bij de bepaling van domino-afstanden	53
3.1. Brand (DA-tabellen 1-4, 6, 8, 10a-10c).....	53
3.2. Explosie (DA-tabellen 1-5, 9a en 9b).....	57
3.3. Fragmenten (DA-tabellen 1, 4, 7, 9a en 9b).....	61
3.3.1. Opslagtanks, procesvaten, tankauto's en SKW's (druk) (DA-tabellen 1 en 4)	62
3.3.2. Opslag gascilinders (DA-tabel 7)	64
3.3.3. Explosieven (DA-tabellen 9a en 9b)	66
4. Indeling stoffen	67
4.1. Inleiding.....	67
4.2. Overzicht en toelichting op de onderscheiden stofcategorieën en voorbeeldstoffen.....	67
4.3. BRZO-1999 indeling van stoffen.....	69

BIJLAGE 3: Overzicht regelgeving domino-effecten

1. Toelichting verplichtingen	71
1.1. Domino-effect verplichtingen in de Seveso-II richtlijn.....	71
1.2. Aanwijzing domino-inrichtingen.....	71
1.3. Uitwisseling gegevens tussen domino-inrichtingen.....	71
1.4. Intern noodplan/Rampbestrijdingsplan.....	72
1.5. Kennisgeving.....	72
1.6. Afstemming tussen bestuursorganen.....	74
2. Teksten regelgeving	75
2.1. Seveso-II richtlijn (96/82/EG).....	75
2.2. BRZO 1999.....	75

Samenvatting

Richtlijn 96/82/EG van de Raad van de Europese Unie bevat een bepaling over domino-effecten (artikel 8). Een uitvloeisel van deze bepaling is de identificatie van inrichtingen die domino-effecten kunnen veroorzaken of daar aan blootstaan. Voor deze identificatie is een instrument ontwikkeld: het instrument domino-effecten (IDE).

De identificatie berust op de beoordeling van de afstand tussen "Seveso-II-inrichtingen". Met het instrument domino-effecten kan vastgesteld worden of de afstand tussen twee inrichtingen zodanig is dat een domino-effect mogelijk is. Deze vaststelling berust op een vereenvoudigde berekeningswijze van de effectafstanden die tot catastrofaal falen kunnen leiden van installaties in de blootgestelde inrichting. De berekeningswijze is gebaseerd op de uitgangspunten en modellen die zijn vastgelegd in CPR 18E (het Paarse Boek [2]). Het document CPR 18E is ontwikkeld om eenduidigheid te verkrijgen bij de uitvoering van de kwantitatieve risico-analyse die in het veiligheidsrapport vereist is.

Voor de meest voorkomende gevallen zijn de afstanden bepaald tot waarop de domino-effecten zich kunnen manifesteren. De afstanden zijn uit tabellen af te lezen. Afwijkende gevallen kunnen beoordeeld worden door de rekenwijze te volgen van het instrument domino-effecten.

Bij het tot stand komen van het instrument domino-effecten is een begeleidingscommissie betrokken geweest. De commissie had de volgende samenstelling:

Dr. ir. J.G. Post	[RIVM]
Dr. P.H. Bottelberghs	[VROM]
Dr. ir. L.J. Vijgen	[DCMR]
Drs. A.J.C.M. Matthijsen	[RIVM]

Het domino-instrument is in eerste instantie voorgelegd aan het Overleg Seveso-plenair en later ook aan de Provincies en de DCMR. Het commentaar van de Provincies en de DCMR is zoveel mogelijk verwerkt in dit domino-instrument. Tevens is in april een instructiedag domino-effecten belegd waarin belanghebbende bevoegde gezagen geïnstrueerd zijn over de aanwijzingssystematiek van het domino-instrument.

Hiermee is de eenduidigheid voor het identificeren van domino-inrichtingen door het bevoegd gezag gewaarborgd.

De werkzaamheden die nodig waren om dit instrument te realiseren zijn uitgevoerd door adviesbureau AVIV. Ir. J. Baksteen van het CEV (RIVM) heeft, in overleg met AVIV, het instrument domino-effecten bewerkt tot de definitieve vorm.

1. Inleiding

Context

Door het van kracht worden van het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO 1999) is in Nederland uitvoering gegeven aan de Seveso-II richtlijn (EU-richtlijn 96/82/EG). In artikel 7 van het Besluit is een bepaling opgenomen over domino-effecten. Deze bepaling houdt verplichtingen in voor zowel het bevoegd gezag als voor de exploitant van de inrichting. Op grond van gegevens van de exploitant wijst het bevoegd gezag domino-inrichtingen aan. Deze inrichtingen kenmerken zich doordat zij: de *veroorzaker* kunnen zijn van een zwaar ongeval in een naburige inrichting of doordat zij *blootgesteld* kunnen zijn aan dit risico. Voor deze blootgestelde inrichtingen geldt dat de kans op de gevolgen van een zwaar ongeval voor de omgeving (door de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen) groter is dan wanneer de inrichting opzichzelfstaand wordt beschouwd.

De betrokken exploitanten dienen gegevens uit te wisselen voor het beoordelen van de gevolgen van de risico's op zware ongevallen. Dit strekt er toe dat de exploitanten rekening houden in hun risicobeleid met de mogelijkheid van een domino-effect door of voor een naburige inrichting.

Doelstelling

De doelstelling van deze studie is het ontwikkelen van een instrument waarmee uitvoering gegeven kan worden aan de verplichting van het bevoegd gezag die in artikel 7 van het BRZO 1999 is opgenomen. Een praktisch en betrekkelijk eenvoudig te gebruiken instrument is als uitgangspunt genomen voor het resultaat. De context geeft reeds aan dat het instrument bedoeld is voor inrichtingen waarop het BRZO 1999 van toepassing is.

Inhoud

In dit rapport wordt het instrument domino-effecten beschreven (afgekort: IDE). Het instrument heeft tot doel de identificatie van "domino-inrichtingen" mogelijk te maken en te uniformeren. Het instrument is gebaseerd op het leggen van een verband tussen de mate van gevaarstelling door een *veroorzakende inrichting* en een voor domino-effecten kwetsbare inrichting (een *blootgestelde inrichting*). Dit verband is uitgewerkt door afstanden te bepalen tussen de veroorzakende inrichting en de blootgestelde inrichting. Deze afstanden zijn gebaseerd op de fysische effecten die kunnen optreden waarbij falen van installaties bij de blootgestelde inrichting optreedt. In het rapport is het resultaat gegeven van de berekende afstanden voor gangbare installaties van inrichtingen. Dit resultaat is gebaseerd op gedefinieerde ongevalsscenario's, stofcategorieën/voorbeeldstoffen en niveaus van kwetsbaarheid van de blootgestelde installaties. Voor afwijkende gevallen kan eventueel de beschreven rekenmethode worden gevolgd.

Relatie tot effectafstanden in het risicoregister

De effecten die in dit rapport beschreven zijn, zijn uitsluitend beschreven met het oog op het falen van installaties en gebouwen. Toxische effectafstanden spelen in het IDE derhalve geen rol. De maximale domino-afstanden die in dit rapport worden beschreven kunnen daarom ook niet vergeleken worden met eventuele maximale effect-afstanden die in het risicoregister zijn opgenomen. De effectafstanden in het risicoregister hebben altijd betrekking op de gezondheidseffecten van mensen en niet op de faalmogelijkheden van

installaties en gebouwen. In veel gevallen betreft een maximale effectafstand in het risicoregister een effectafstand als gevolg van het vrijkomen van een toxische stof.

Leeswijzer

In het rapport staat centraal de beschrijving van het IDE. De beschrijving vindt in het hoofdrapport plaats op hoofdlijnen. Eerst komen de uitgangspunten en de specifieke begrippen aan de orde (hoofdstuk 2). Vervolgens wordt het instrument op algemeen niveau beschreven (hoofdstuk 3). De toepassing van het IDE resulteert in afstanden waarbinnen er een domino-risico bestaat voor de installaties (systemen) tussen inrichtingen. Deze domino-afstanden zijn in tabellen gepresenteerd en gelden voor de meest gangbare situaties. Hieraan kan de bestaande afstand tussen inrichtingen worden getoetst om uitsluitel te krijgen. De wijze waarop een correcte domino-afstand wordt gevonden, treft de lezer aan in bijlage 1. In bijlage 2 zijn de achtergronden beschreven van het IDE.

Het rapport bevat ook een toelichting op de wet- en regelgeving welke betrekking heeft op domino-effecten. Deze is in bijlage 3 opgenomen evenals de van toepassing zijnde wetsartikelen.

2. Begrippen, gebruik en uitgangspunten

Voor de beschrijving van het IDE is een aantal begrippen van belang. Deze begrippen hebben een nauw omschreven betekenis. Ze worden in dit hoofdstuk verklaard. Verder wordt ingegaan op het toepassingsbereik van het instrument en het gebruik ervan. De belangrijkste uitgangspunten waarop het instrument berust, worden aangegeven. De verdieping en nuancering van de uitgangspunten komen verderop in het rapport aan de orde.

Het gebruik van het instrument domino-effecten

Zoals in de inleiding is genoemd is het IDE ontwikkeld om uitvoering te kunnen geven aan de taak van het bevoegd gezag. Het gaat om de aanwijzing van inrichtingen waarop de domino-verplichtingen van toepassing zijn. Deze inrichtingen zijn in dit rapport gedefinieerd als domino-inrichtingen.

Het IDE baseert zich op de gegevens die bij de kennisgeving verstrekt moeten worden. In een aantal situaties zal blijken dat de gegevens die in de kennisgeving zijn opgenomen onvoldoende zijn om tot een aanwijzing van domino-inrichtingen te komen. In deze situaties dienen aanvullende bronnen, bijvoorbeeld (indien aanwezig) het veiligheidsrapport, te worden geraadpleegd. Het uitgangspunt is dat met deze gegevens bepaald kan worden of een BRZO 1999 inrichting een domino-inrichting is.

Domino-inrichtingen liggen op zodanige afstand van elkaar dat er een hoger risico voor de omgeving bestaat. Dit hogere risico is het ontstaan van een zwaar ongeval (waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen) in een inrichting *met als oorzaak* een zwaar ongeval in een andere naburige inrichting.

Met het IDE wordt bepaald tot welke afstand een inrichting zware schade kan aanbrengen aan een andere inrichting. Deze afstand noemen we de domino-afstand. De zware schade is gedefinieerd als een zodanige blootstelling aan fysische effecten waardoor een installatie kan bezwijken (met als gevolg het vrijkomen van de inhoud). Er wordt dus uitgegaan van de inrichting die de potentie heeft zware schade buiten het bedrijfsterrein te veroorzaken. We noemen deze inrichtingen daarom: “de domino-effect veroorzakende inrichting” of kortweg “de veroorzakende inrichting”. De inrichtingen die zware schade oplopen door een ongeval in een naburige inrichting (de veroorzakende inrichting) noemen we “de blootgestelde inrichting”. Met een domino-inrichting kunnen we dus zowel een veroorzakende als een blootgestelde inrichting bedoelen. Uit de context waarin het woord domino-inrichting wordt gebruikt blijkt welke van de twee (of beide) wordt bedoeld.

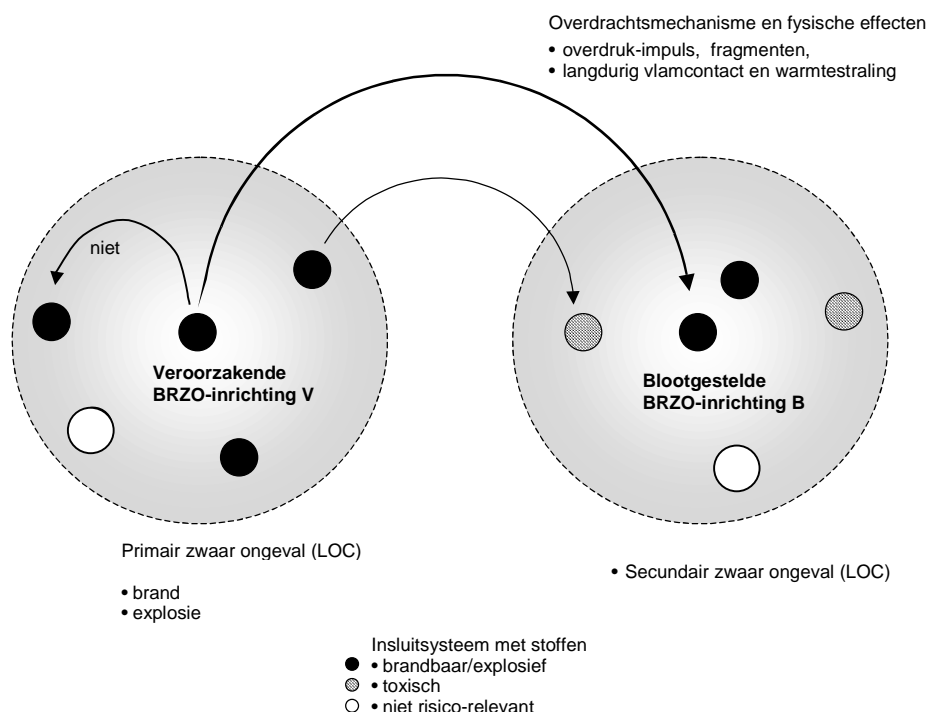
Om het gebruik van het IDE makkelijk te maken zijn voor de meest voorkomende situaties de domino-afstanden al berekend. De resultaten zijn in domino-afstandentabellen (DA-tabellen) weergegeven. Een DA-tabel laat zich eenvoudig gebruiken. De sleutel voor het gebruik van een DA-tabel berust op het categoriseren van de (insluit)systemen van de inrichting. Dit vindt plaats door een typering van: het systeem, de opslagcondities, de stof en de hoeveelheden. Elk systeemonderdeel van de installatie kan op deze wijze eenduidig worden gekoppeld aan de DA-tabel waarin de domino-afstanden zijn gegeven. De systeeminhoud van het beschouwde installatie-onderdeel is de variabele voor de geldende domino-afstand. Met de topografische gegevens over de situering van de naburige BRZO-inrichtingen kunnen de afstanden vergeleken worden met de domino-afstand. Daaruit volgt dan of er sprake is van domino-inrichtingen.

Er kunnen zich gevallen voordoen waarbij de domino-afstandentabel niet toegepast kan worden. Dit zijn de gevallen die te veel afwijken van de standaard aannamen waarop het resultaat van de tabel is gebaseerd. Voor deze gevallen zal met het IDE de domino-afstand zelf berekend moeten worden. Het IDE zelf is een in stappen opgebouwde selectiemethodiek die moet worden gevolgd om te kunnen komen tot domino-afstanden. In hoofdstuk drie is deze selectiemethodiek beschreven.

De domino-afstanden zijn gerelateerd aan de fysische effecten van explosies, weggeslingerde fragmenten en brand die een domino-inrichting kan veroorzaken. Deze effecten kunnen namelijk constructies van een installatie of gebouw doen bezwijken. Dit laatste is afhankelijk van de kwetsbaarheid van de blootgestelde inrichting.

Hoewel het IDE is ontwikkeld voor de bestaande situatie waarin BRZO-inrichtingen geclusterd zijn gesitueerd, kan het instrument ook toegepast worden voor situaties waarbij de invulling van bestemmingen beoordeeld dient te worden.

In figuur 1 is het voorgaande illustratief weergegeven.



Figuur 1 Weergave van domino-inrichtingen

De begrippen

In het voorgaande zijn al enkele begrippen geïntroduceerd en omschreven. Dit waren de begrippen:

- Domino-inrichting (als verzamelbegrip voor de termen: veroorzakende inrichting en de blootgestelde inrichting). Let wel: domino-inrichtingen zijn per definitie inrichtingen die onderworpen zijn aan het BRZO 1999.
- Domino-afstand (de afstand tot waarop zware schade kan ontstaan aan een blootgestelde inrichting).
- Zware schade (blootstelling aan fysische effecten waardoor een installatie of gebouw kan bezwijken).

- Zwaar ongeval (een gebeurtenis waardoor hetzij onmiddellijk, hetzij na verloop van tijd ernstig gevaar voor de gezondheid van de mens binnen of buiten de inrichting of voor het milieu ontstaat en waarbij één of meer gevaarlijke stoffen zijn betrokken)

Het begrip domino-effect is ook reeds gebruikt zonder een nadere omschrijving te geven. Om dit begrip te omschrijven moet eerst het begrip domino-ongeval worden geïntroduceerd. Een domino-ongeval wordt gedefinieerd als een zwaar ongeval (loss of containment) in een blootgestelde inrichting, die *het directe gevolg* is van een zwaar ongeval in een veroorzakende inrichting. Met domino-effect wordt *de volgebeurtenis* bedoeld die optreedt als gevolg van een domino-ongeval.

De hiervoor benoemde begrippen hebben de volgende samenhang.

Een *domino-inrichting* heeft door de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen in de installaties een specifieke *domino-afstand*, die, indien een zwaar ongeval zou plaatsvinden, tot een *domino-effect* leidt als zich een blootgestelde inrichting binnen deze afstand zou bevinden. Buiten de *domino-afstand* treedt geen *zware schade* op en is een *domino-ongeval* dus niet mogelijk.

Bij de bespreking van de uitgangspunten waarop het IDE berust wordt het begrip primaire ongevallen gebruikt. Met dit begrip bedoelen we een zwaar ongeval (loss of containment) in een veroorzakende inrichting. Aan het ontstaan van een domino-ongeval gaat dus een primair ongeval vooraf.

De overige gebruikte begrippen zijn ontleend aan het vakgebied van de risico-analyse en hebben de daarbinnen geldende betekenis.

De uitgangspunten

Op grond van de fysische beperkingen voor de mogelijkheid van een domino-ongeval is de toepassing van het IDE beperkt tot domino-inrichtingen die niet verder van elkaar zijn gelegen dan 1600 meter (dit is de grootste maximale domino-afstand die in dit rapport wordt berekend). Dit is gemeten van terreingrens tot terreingrens, met de kortste afstand als maatstaf. Dit uitgangspunt vormt het eerste criterium voor de selectie van inrichtingen die bekeken moeten worden met het IDE.

Het uitgangspunt voor het gebruik van het IDE is dat zo veel mogelijk gevallen beoordeeld kunnen worden zonder de berekeningsstappen te hoeven uitvoeren waarmee de domino-afstanden zijn te bepalen. Dit uitgangspunt heeft geresulteerd in tabellen met domino-afstanden die voor de meeste inrichtingen zijn te gebruiken.

In het nu volgende zijn de uitgangspunten beschreven die ten grondslag liggen aan de modellerings- en berekeningsstappen om te komen tot de vaststelling van de domino-afstand.

De bepaling van de domino-afstand berust op het uitgangspunt dat alleen de vrijwel onmiddellijk werkende overdrachtsmechanismen (fragmenten, piekoverdruk, langdurige warmtestraling en langdurig vlamcontact) kunnen leiden tot een domino-effect. De beschouwde ongevalsontwikkelingen en effecten van het primaire ongeval betreffen (massa)explosie en (massa)brand voor explosieven en vuurwerk en voor de overige gevaarlijke stoffen: barsten van drukvaten, BLEVE (direct vlamcontact), gaswolkexplosie, plasbrand en gebouwbrand. Stofexplosies en overdrukken bij een BLEVE van bijvoorbeeld een drukopslag van een tot vloeistof verdicht toxisch gas, worden niet beschouwd. Hoewel

in de praktijk deze effecten wel tot een domino-ongeval kunnen leiden zijn deze effecten niet in het IDE verdisconteerd. Als dit wel gedaan zou zijn dan zouden ook niet gevaarlijke stoffen beschouwd moeten worden, hetgeen buiten het kader van het domino-instrument valt.

Voor de bepaling van de domino-afstand wordt dus alleen gekeken naar insluitsystemen en installaties met ontplofbare, ontvlambare, licht ontvlambare of zeer licht ontvlambare stoffen, zoals is aangegeven in bijlage 1, deel 1 en deel 2 van het BRZO 1999. Het IDE gaat alleen uit van insluitsystemen en installaties die rechtstreeks zware schade kunnen veroorzaken. De selectie van deze onderdelen van de inrichting wordt gebaseerd op de informatie die de kennisgeving (BRZO 1999 art.26) bevat. Als een veiligheidsrapport beschikbaar is kan hiervan worden uitgegaan. Een veelal bruikbaar aanknopingspunt is in dat geval de beperking tot de installatie-onderdelen waarop het zogeheten subselectiesysteem is toegepast. In de regeling risico's zware ongevallen 1999 [22] is onder andere de toepassing van het subselectiesysteem opgenomen.

Bij het vaststellen van de domino-afstand wordt uitgegaan van de grootste afstand die mogelijk veroorzaakt kan worden als gevolg van het falen van een insluitsysteem bij een veroorzakende inrichting. Dit betekent dat de ongevalsscenario's waarbij de gehele systeeminhoud direct vrijkomt maatgevend zijn. De definities van deze ongevalsscenario's zijn gebaseerd op de definities die in CPR 18E [2] zijn gegeven.

Voor de berekening van de domino-afstand wordt uitgegaan van (categorieën die representatief zijn voor) de concrete stof in de installatie (tabel D van bijlage 1 bevat een conversielijst stoffen-stofcategorieën). In hoofdstuk 5 van bijlage 1 en hoofdstuk 4 van bijlage 2 wordt de systematiek van de indeling van stoffen in stofcategorieën beschreven.

De definitie van zware ongevallen houdt in dat een installatie van de blootgestelde inrichting catastrofaal bezwijkt. Voor het catastrofaal bezwijken door blootstelling aan warmtestraling is een onderscheid gemaakt tussen beschermde en onbeschermde installaties. Voor de criteria van catastrofaal bezwijken zie verder bijlage 2, hoofdstuk 2.

De gebruikte modellen en modelparameters ter bepaling van de domino-afstanden zijn beschreven in bijlage 2, hoofdstuk 3.

3. De beschrijving van de selectiemethodiek

Het instrument domino-effecten is een selectiemethodiek die berust op het gebruik van drie selectiestappen. In dit hoofdstuk wordt eerst de methodiek globaal uiteengezet en vervolgens komen de selectiestappen afzonderlijk aan de orde. Tenslotte komen de hulpmiddelen voor de toepassing van de selectiestappen aan de orde en wordt een voorbeeld uitgewerkt.

3.1. Globale uiteenzetting selectiemethodiek

De methodiek is gebaseerd op 3 selectiestappen die achtereenvolgens worden doorlopen. Selectiestappen 1 en 2 zijn grove selectiestappen die inrichtingen selecteren die geen domino-inrichting kunnen zijn. De inrichtingen die na deze twee selectiestappen nog overblijven worden onderworpen aan een derde (en laatste) selectiestap. Deze derde selectiestap bepaalt welke van deze resterende inrichtingen daadwerkelijk als domino-inrichting aangewezen dient te worden.

Door toepassing van *selectiestap 1* worden de BRZO-inrichtingen die op een grotere afstand dan 1600 meter, van een andere BRZO-inrichting liggen uitgesloten: deze inrichtingen komen niet in aanmerking als domino-inrichting.

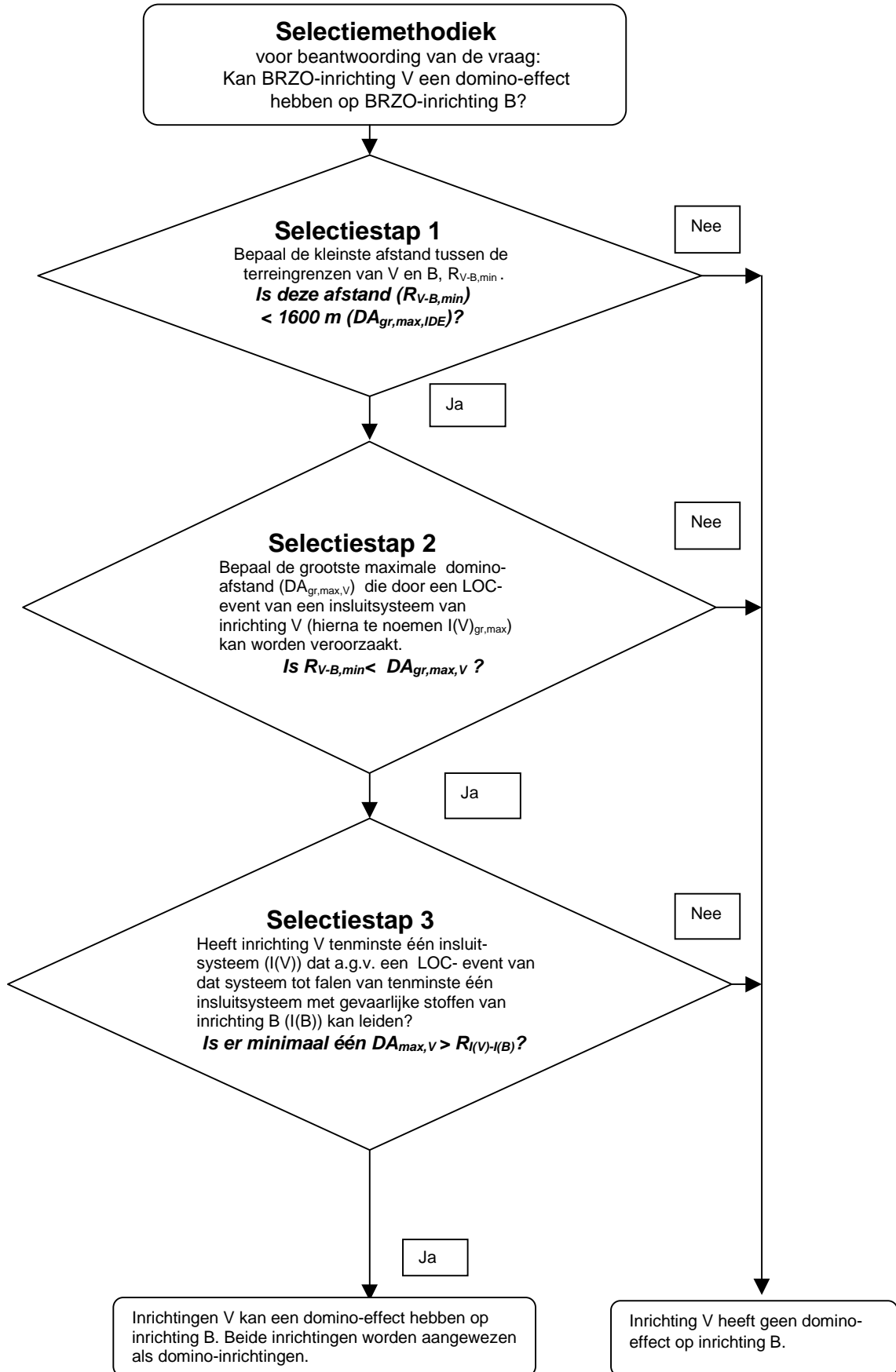
Van de resterende inrichtingen wordt de grootste maximale domino-afstand bepaald. Dit is de grootste effectafstand die kan optreden door het optreden van een loss of containment van één van de insluitsystemen van de betreffende BRZO-inrichting. Indien deze grootste maximale domino-afstand kleiner is dan de kleinste onderlinge afstand tussen de betreffende BRZO-inrichting en een naburige BRZO-inrichting dan komt de betreffende BRZO-inrichting niet in aanmerking als domino-inrichting. Deze vergelijking vormt *selectiestap 2*.

De BRZO-inrichtingen die nog overblijven na deze tweede selectiestap komen in aanmerking voor een nadere analyse in de vorm van een *derde selectiestap*. De toepassing van deze selectiestap geeft uiteindelijk uitsluitel welke van deze resterende inrichtingen domino-inrichtingen zijn. Met deze derde stap wordt vastgesteld of de veroorzakende inrichting minimaal één insluitsysteem heeft dat bij falen kan leiden tot falen van minimaal één insluitsysteem (met gevaarlijke stoffen) van de blootgestelde inrichting. Indien de veroorzakende inrichting zo'n insluitsysteem bevat, dan worden de veroorzakende (inrichting V) en de blootgestelde BRZO-inrichting (inrichting B) als domino-inrichtingen aangewezen.

Een overzicht van de selectiemethodiek is schematisch weergegeven in onderstaande figuur (fig. 2). In paragraaf 3.2 worden de selectiestappen verder besproken.

In de praktijk is het uiteraard mogelijk dat een BRZO-inrichting V een domino-inrichting is voor meerdere omliggende BRZO-inrichtingen (B_1, B_2, B_3 , etc.). Om dit vast te stellen dient de selectiemethodiek voor elk combinatiepaar naburige BRZO-inrichtingen (VB_1, VB_2, VB_3 , etc.) te worden doorlopen. Andersom (om de domino-invloeden van inrichtingen B_1, B_2, B_3 etc. op inrichting V te bepalen) dient uiteraard de selectiemethodiek ook te worden doorlopen.

Fig. 2 Schema selectiemethodiek



3.2. De drie selectiestappen

Selectiestap 1

Het gebruik van het 1600 meter criterium spreekt voor zich. Deze afstand is de grootste maximale domino-afstand die in het IDE voorkomt ($DA_{gr,max,IDE}$). Het gaat hierbij om het vergelijken van de kortste onderlinge afstand tussen de veroorzakende BRZO-inrichting V en de blootgestelde BRZO-inrichting B ($R_{V-B,min}$) met gebruikmaking van de topografische informatie over de ligging van de bedrijfsterreinen.

Selectiestap 2

In deze selectiestap moet de grootste maximale domino-afstand van inrichting V worden bepaald ($DA_{gr,max,V}$). Ten eerste dienen hiertoe de insluitsystemen van inrichting V geselecteerd te worden waarin zich stoffen bevinden die vallen onder de categorieën van het BRZO (bijlage 1, deel 2), die relevant kunnen zijn voor het optreden van zware schade. Ten tweede dient voor inrichting V, per stofcategorie, het insluitsysteem te worden geselecteerd met de grootste maximale domino-afstand voor die betreffende stofcategorie. (N.B. Dit is niet automatisch het insluitsysteem dat de grootste hoeveelheid gevaarlijke stof in die stofcategorie bevat! Bijvoorbeeld: een klein insluitsysteem met tot vloeistof verdicht gas in BRZO-categorie 8 kan een grotere maximale domino-afstand opleveren dan een veel groter atmosferisch insluitsysteem met een brandbare vloeistof, die in dezelfde BRZO-categorie valt.) Dit levert een aantal insluitsystemen op. Van deze insluitsystemen wordt het insluitsysteem met de grootste maximale domino-afstand vastgesteld $I(V)_{gr,max}$. Hiermee is de grootste maximale domino-afstand ($DA_{gr,max,V}$) voor inrichting V bepaald. $DA_{gr,max,V}$ wordt vergeleken met de kleinste afstand tussen de terreingrenzen van inrichting V en de naburige BRZO-inrichting B ($R_{V-B,min}$). Indien deze grootste domino-afstand *kleiner is* dan de kleinste afstand tussen de twee BRZO-inrichtingen V en B dan kan inrichting V geen domino-effect hebben op inrichting B. Indien deze afstand *groter is* dan de kleinste afstand tussen de twee BRZO-inrichtingen V en B dan moet selectiestap 3 worden doorlopen om vast te stellen of de BRZO-inrichtingen V en B daadwerkelijk domino-inrichtingen zijn.

Selectiestap 3

In selectiestap 2 is van inrichting V het insluitsysteem geselecteerd dat de grootste maximale domino-afstand ($DA_{gr,max,V}$) oplevert: $I(V)_{gr,max}$. Voor het uitvoeren van de derde selectiestap dient als eerste bepaald te worden welke insluitsystemen van inrichting B met gevaarlijke stoffen binnen de straal $DA_{gr,max,V}$ rond insluitsysteem $I(V)_{gr,max}$ liggen. Stel vervolgens aan de hand van de kwetsbaarheidentabel C vast of deze insluitsystemen, als gevolg van het optredende effect kunnen falen. Indien dit het geval is dan dienen de inrichtingen V en B als domino-inrichtingen te worden aangewezen.

Indien dit *niet* het geval is moet er alsnog worden nagegaan of inrichting V insluitsystemen heeft, die ondanks dat zij een kleinere maximale domino-afstand hebben dan $I(V)_{gr,max}$, toch een domino-effect kunnen hebben op een insluitsysteem van inrichting B, omdat ze dichterbij inrichting B zijn gelegen dan $I(V)_{gr,max}$. Als de effecten van het falen van deze insluitsystemen van inrichting V niet kunnen leiden tot het falen van één van de insluitsysteem van inrichting B dan kan worden geconcludeerd dat inrichting V geen domino-effect kan hebben op inrichting B.

In paragraaf 3.3 wordt uiteengezet welke hulpmiddelen het IDE aanreikt om de selectiestappen 2 en 3 te doorlopen.

3.3. Hulpmiddelen voor de toepassing van de selectiestappen 2 en 3

3.3.1. Selectiestap 2

Bepaal in welke insluitsystemen van inrichting V zich stoffen bevinden die vallen onder de categorieën van het BRZO (bijlage 1, deel 2) en die relevant kunnen zijn voor het optreden van zware schade. Deel bij complexe inrichtingen (inrichtingen met veel verschillende soorten gevaarlijke stoffen en/of veel insluitsystemen) de stoffen in in stofcategorieën en groepeer gelijksoortige insluitsystemen.

Maak hierbij gebruik van:

- Informatie uit de kennisgeving en indien aanwezig het veiligheidsrapport
- Het overzicht met installatietypen, LOC-events, volgebeurtenissen en domino-afstandentabellen (Bijlage 1, tabel B)
- Stoffentabel D van hoofdstuk 5 van bijlage 1 en de (toelichting op de) indeling van stoffen in hoofdstuk 4 van bijlage 2.

Ga per stofcategorie na wat het insluitsysteem is met de grootste maximale domino-afstand. Dit is niet per definitie het insluitsysteem met de grootste hoeveelheid stof in de betreffende stofcategorie (zie ook selectiestap 2 van paragraaf 3.2)! Dit levert een aantal insluitsystemen op.

Maak hierbij gebruik van:

- Het overzicht met installatietypen, LOC-events, volgebeurtenissen en domino-afstandentabellen (Bijlage 1, tabel B)
- De maximale domino-afstanden in de domino-afstandentabellen (Bijlage 1, hoofdstuk 6)

Selecteer uit de bovengenoemde insluitsystemen het insluitsysteem met de grootste maximale domino-afstand ($DA_{gr,max,V}$).

Vergelijk bovengenoemde grootste maximale domino-afstand ($DA_{gr,max,V}$) met de kleinste afstand tussen inrichting V en inrichting B ($R_{V-B,min}$).

3.3.2. Selectiestap 3

Stap 3a

Stel vast of inrichting B insluitsystemen met gevaarlijke stoffen heeft, die binnen een afstand $DA_{gr,max,V}$ van insluitsysteem $I(V)_{gr,max}$ liggen en die kunnen falen als gevolg van de domino-effecten die veroorzaakt worden door het falen van insluitsysteem $I(V)_{gr,max}$.

Om dit vast te stellen dient:

- een overzicht van insluitsystemen van inrichting B te worden gemaakt; hierbij kan gebruik gemaakt worden van informatie uit de kennisgeving en indien mogelijk het veiligheidsrapport
- aan de hand van de domino-afstandentabellen (bijlage 1, hoofdstuk 6) het effect dat hoort bij de (bovengenoemde) maximale domino-afstand te worden bepaald
- met behulp van tabel C van bijlage 1 (typering kwetsbaarheden van installaties en criteria voor catastrofaal falen) te worden vastgesteld of bij dit effect één van de insluitsystemen met gevaarlijke stoffen van inrichting B kan falen.

Indien dit het geval is, dan kan geconcludeerd worden dat inrichting V een domino-effect kan hebben op inrichting B. Beide inrichtingen dienen als domino-inrichtingen aangewezen te worden.

Indien dit niet het geval is, dan moet als laatste **stap 3b** nog worden doorlopen.

Stap 3b

Bepaal van een aantal insluitsystemen van inrichting V, die weliswaar kleinere (maar toch nog aanzienlijke) maximale domino-afstanden opleveren dan $I(V)_{gr,max}$, maar die **dichterbij** inrichting B liggen dan $I(V)_{gr,max}$ (en daardoor mogelijk toch op inrichting B een domino-effect kunnen hebben):

- de maximale domino-afstanden (hierbij kan gebruik worden gemaakt van het overzicht van insluitsystemen (per stofcategorie) dat gemaakt is in selectiestap 2)

Doorloop vervolgens de selectiestappen 2 en zonodig 3a (lees nu in plaats van 'de grootste maximale domino-afstand': de maximale domino-afstand) en ga hierbij uit van de maximale domino-afstanden van bovengenoemde insluitsystemen (deze zijn per definitie kleiner dan $DA_{gr,max,V}$). Als uit stap 3a blijkt dat geen enkele van deze insluitsystemen een domino-effect kan hebben op één van de insluitsysteem van inrichting B, dan kan geconcludeerd worden dat inrichting V geen domino-effect kan hebben op inrichting B.

3.4. Uitwerking voorbeelden

Hiervoor is aangegeven hoe de selectie verloopt door gebruikmaking van de diverse hulpmiddelen. In onderstaand voorbeelden wordt uitgewerkt hoe kan worden bepaald of een falen van een installatie van een veroorzakend BRZO-inrichting V, tot een domino-ongeval kan leiden bij een installatie van een naburige BRZO-inrichting B.

Voorbeeld 1

Stel dat als installatietype een bovengrondse opslagtank met butaan van 100 ton onder druk is geselecteerd binnen de veroorzakende domino-inrichting, inrichting V. Het kwetsbare installatiedeel van de blootgestelde domino-inrichting, inrichting B is een bovengrondse, onbeschermd drukvat met een brandbaar explosieve tot vloeistof verdicht gas.

Uit tabel B van bijlage 1 kan men afleiden welke van de 10 domino-afstandentabellen voor de beschouwde volgebeurtenissen van toepassing is. Het betreft een door druk tot vloeistof verdicht gas dat zich in een opslagtank bevindt. *Tabel B geeft aan dat voor een dergelijk drukopslag domino-afstandentabel 1 (DA-tabel 1) dient te worden toegepast.*

Uit tabel B van bijlage 1 is eveneens af te lezen dat voor een drukvat (opslagtank met butaan) ongevalsscenario G.1 instantaan falen (zoals gedefinieerd in het Paarse Boek [2]) bepalend is voor de domino-afstand. De volgebeurtenissen voor dit scenario zijn barsten, BLEVE, gaswolkexplosie en plasbrand. De effecten van deze volgebeurtenissen zijn: overdruk, fragmenten, vlamcontact en warmtestraling.

Uit tabel C van bijlage 1 is af te lezen dat een overdruk van 0,45 bar en een (langdurige) warmtestraling van 8 kW/m² zware schade toebrengt aan de blootgestelde installatie (die niet tegen warmtestraling is beschermd). *Tabel C geeft aan welke effecten van toepassing zijn: de 0,45 bar piekoverdruk en de 8 kW/m² warmtebelasting.*

Uit tabel D (de conversietabel van stoffen naar stofcategorieën) van bijlage 1 is te bepalen dat butaan tot de GF2 stofcategorie behoort.

DA-tabel 1 levert tenslotte de van toepassing zijnde domino-afstanden op. De stofcategorie (GF2) en de stofhoeveelheid (100 ton) bepaalt de van toepassing zijnde rij van deze tabel: de vijfde rij (100 ton), subrij 2 (GF2).

Het falen van de bovengrondse butaan druktank van inrichting V heeft een vijftal effecten die - op een bepaalde afstand - kunnen leiden tot het falen van de bovengrondse onbeschermde druktank van inrichting B.

- 0,45 bar overdruk als gevolg van barsten: afstand 35 meter
- impact door fragmenten: afstand 296 meter
- vuurbalstraal als gevolg van een BLEVE: afstand 137 meter
- 0,45 bar overdruk als gevolg van gaswolkexplosie: afstand 475 meter
- 8 kW/m² warmtestraling als gevolg van een plasbrand: afstand 308 meter

Op al deze afstanden kan de blootgestelde installatie van inrichting B falen door falen van de bovengrondse butaantank van 100 ton van het veroorzakende BRZO-inrichting V. Om na te gaan of de butaantank een domino-effect kan hebben op de betreffende blootgestelde installatie van inrichting B dient de grootste afstand, 475 meter, vergeleken te worden met de onderlinge afstand tussen de twee installaties. Indien deze onderlinge afstand kleiner is dan 475 meter dan zijn de inrichtingen V en B domino-inrichtingen door toedoen van (veroorzaakt door) inrichting V.

Indien de afstand tussen de twee installaties groter is dan 475 meter, dan moet de vergelijking van andere paren insluitsystemen uitsluitend geven of de inrichtingen V en B domino-inrichtingen zijn.

Voorbeeld 2

Twee BRZO-inrichtingen grenzen aan elkaar. Beide inrichtingen hebben een installatie die dichtbij het hek tussen beide inrichtingen staat. De onderlinge afstand tussen de 2 installaties bedraagt 100 meter.

De installatie van inrichting 1 is een onbeschermde bovengrondse PO-opslagtank (werkdruk 1,2 bar) van 60 m³ met een maximale inhoud van 50 ton PO. De PO-opslagtank staat niet in een tankput.

De installatie van inrichting 2 is een onbeschermde bovengrondse (fixed roof) atmosferische ethanolopslagtank van 20 m³ met een maximale inhoud van circa 15 ton. De ethanolopslagtank staat in een tankput van 25 m².

Vraag: moeten de inrichtingen als domino-inrichtingen worden aangewezen?

Gezien de gevaren van beide stoffen, de opslagcondities en de stofhoeveelheden ligt het voor de hand dat de PO-opslagtank bij falen grotere domino-afstanden zal opleveren dan de falende ethanolopslagtank. PO valt, volgens tabel D, weliswaar in dezelfde gevarencategorie (LF2), maar heeft een veel hogere dampspanning dan ethanol. Bovendien is de hoeveelheid PO die kan worden opgeslagen veel groter dan de hoeveelheid ethanol en ontbreekt er een tankput rond de PO-opslagtank. Daarom beschouwen we in dit voorbeeld de invloed van inrichting 1 op inrichting 2.

PO is een vloeistof die onder lichte overdruk (0,2 barg) wordt opgeslagen. De PO-opslagtank dient daarom als atmosferische opslagtank te worden beschouwd (PO wordt niet opgeslagen als een tot vloeistof verdicht gas).

Volgens tabel B kan het falen van een dergelijke opslagtank mogelijk leiden tot overdrukken als gevolg van een gaswolkexplosie of tot warmtestraling als gevolg van een plasbrand. Tabel B geeft aan dat de domino-afstanden hiervan te vinden zijn in DA-tabel 2.

Uit tabel C van bijlage 1 is af te lezen dat een overdruk van 0,2 bar (fixed roof) en een (langdurige) warmtestraling van 8 kW/m² zware schade toebrengt aan de blootgestelde onbeschermden enkelwandige ethanolopslagtank.

Uit tabel D (de conversietabel van stoffen naar stofcategorieën) van bijlage 1 is te bepalen dat propyleenoxide (LF2) bij 20°C een dampspanning heeft van 588 mbar.

DA-tabel 2 levert de van toepassing zijnde domino-afstanden op: bij falen van de PO-opslagtank stroomt de vloeistof vrij uit op de onderliggende bodem. Uit DA-tabel 2 blijkt dat een maximale plasoppervlakte kan ontstaan van 6250 m². Omdat het plasoppervlakte groter is dan 1000 m² en de dampspanning van PO groter is dan 300 mbar, is het mogelijk dat er een gaswolkexplosie zal optreden. De figuren 1 en 2 en tabel 2a, die bij DA-tabel 2 horen, moeten hierover uitsluitsel geven.

Op basis van $P_v = 588$ van PO en een plasoppervlakte van 6250 m² kan, door interpolatie, uit figuur 1 worden afgeleid dat de LFL-afstand circa 190 meter bedraagt.

Op basis van dezelfde gegevens kan uit figuur 2 worden afgeleid dat de explosieve massa in de gaswolk, M_{ex} , circa 1500 kg bedraagt. Op basis van deze M_{ex} kan uit tabel 2a worden afgelezen dat de explosiecircels (R_{ex}) de volgende waarden hebben: 126 meter (0,1 bar overdruk); 71 meter (0,2 bar overdruk); 54 meter (0,3 bar overdruk) en 42 meter (0,45 bar overdruk).

De gaswolkexplosiedomino-afstanden, als gevolg van het falen van de PO-opslagtank, kunnen met de formule $LFL\text{-afstand}/2 + R_{ex}$ worden berekend en bedragen:

0,1 bar:	$95 + 126 = 221$ m
0,2 bar:	$95 + 71 = 166$ m
0,3 bar:	$95 + 54 = 149$ m
0,45 bar:	$95 + 42 = 137$ m

De plasbrand domino-afstanden, kunnen op basis van het plasoppervlakte (6250 m²) uit DA-tabel 2 worden afgelezen: 8 kW/m² : 91 meter en 37,5 kW/m² : 81 meter.

De ethanolopslagtank faalt bij een overdruk van 0,2 bar of bij een langdurige warmtestraling van 8 kW/m². Deze effecten worden bij falen van de PO-opslagtank gerealiseerd op afstanden van 166 respectievelijk 91 meter. De onderlinge afstand tussen beide tanks bedraagt 100 meter. Dit betekent dat de ethanolopslagtank kan falen door de effecten van een PO-gaswolkexplosie. Op grond hiervan zijn beide inrichtingen aangewezen als domino-inrichtingen.

3.5. Resumé methodiek

In hoofdstuk 3 is de selectiemethodiek beschreven.

Voor de eerste selectiestap geldt het 1600 meter criterium. Bij de tweede selectiestap wordt de grootste maximale domino-afstand van de veroorzakende inrichting vergeleken met de kleinste afstand tussen de terreingrenzen. In de derde selectiestap wordt in eerste instantie gekeken of het insluitsysteem van de veroorzakende inrichting met de grootste mogelijke maximale domino-afstand een domino-effect kan hebben op tenminste één insluitsysteem van de blootgestelde inrichting. Indien dit niet het geval is, wordt, in tweede instantie, gekeken of andere insluitsystemen van de veroorzakende inrichting (met weliswaar kleinere maximale domino-afstanden, maar die dichterbij de blootgestelde

inrichting zijn gelegen) een domino-effect kunnen hebben op tenminste één insluitsysteem van de blootgestelde inrichting.

In de methodiek spelen de tabellen B, C, D uit bijlage 1 en de aard en hoeveelheid gevaarlijke stof die zich in een insluitsysteem bevindt een belangrijk rol voor de correcte vaststelling van de domino-afstanden.

Met tabel B kan worden bepaald welke van de *10 domino-afstandentabellen* (DA-tabellen) moet worden gebruikt voor de vaststelling van de maximale domino-afstand die veroorzaakt kan worden door falen van een bepaalde installatie (of opslaggebouw) van een veroorzakende BRZO-inrichting.

Tabel C geeft weer welk schade-effect kan leiden tot het falen van installaties of gebouwen van de blootgestelde BRZO-inrichting. Hierdoor kan een keuze gemaakt worden uit *één of meer van de kolommen van de domino-afstandentabel* die geselecteerd is met tabel B.

Uiteindelijk moet de indeling van de stof in een bepaalde categorie (tabel D) en de hoeveelheid van de stof leiden tot de keuze van de juiste *rij in de van toepassing zijnde domino-afstandentabel*.

De juiste kolom(men) en de juiste rij in een goed geselecteerde domino-afstandentabel levert de correcte domino-afstand(en) op. De grootste van deze domino-afstand dient vergeleken te worden met de onderlinge afstand tussen de betreffende installaties.

In bijlage 1 wordt nader ingegaan op installatietypen, ongevalscenario's en vervolgebeurtenissen, fysische effecten voor catastrofaal falen, de vaststelling van de stofcategorie en de manier waarop tot een correcte domino-afstand kan worden gekomen.

Afkortingen

AVR	Arbeidsveiligheidsrapport
BG	Bevoegd gezag
BRI	Besluit rampbestrijdingsplannen inrichtingen
BLEVE	Boiling liquid expanding vapour explosion
BLS	Bestuurlijke Leidraad Seveso-II / Bestuurlijke leidraad voor uitvoering wet-en regelgeving zware ongevallen inrichtingen
BRZO 1999	Besluit Risico's Zware Ongevallen 1999
CPR	Commissie Preventie Rampen
EVR	Extern Veiligheidsrapport
IDE	Instrument Domino-effecten
IvBM	Inrichtingen- en vergunningbesluit milieubeheer
LOC	Loss of containment
PBZO	Preventiebeleid zware ongevallen
QRA	Kwantitatieve Risico Analyse
RBP	Rampbestrijdingsplan
RIB	Rapport Informatie-eisen BRZO 1999
SERIDA	Safety Environmental Risk Database
TDP	Technisch documentatie pakket
VBS	Veiligheidsbeheerssysteem
VR	Veiligheidsrapport
Wm	Wet milieubeheer
WMS	Wet Milieugevaarlijke Stoffen

Referenties

1. Levert, J.M, e.a, 1997
Recommendation project for the implementation of the article 8 relating to domino effects
2. CPR, 1999
Guidelines for quantitative risk assessment (CPR 18E, Paarse Boek)
3. AVIV, 1999
Systematiek voor indeling van stoffen ten behoeve van risico-berekeningen bij het vervoer van gevaarlijke stoffen
4. HSE, 1998
Development of methods to assess the significance of domino effects from major hazard sites. Contract research report 183/1998. Prepared by WS Atkins Safety & Reliability.
5. Phast Professional 6.1, DNV Risk Management Software
6. FRED, 1995
FRED. Fire, Release, Explosion and Dispersion. Versie 2.2
7. Lees, F.P, 1996
Loss Prevention in the Process Industries, 2nd edition, Butterworth Heinemann
8. SAVE, 1997
Afstandentabel CPR15 en Beheersbaarheid van brand
9. Arbeidsinspectie, 1989
Veiligheid van gebouwen in de procesindustrie. Concept voorlichtingsblad CV14.
10. CPR, 1997
Methods for the calculation of physical effects (CPR 14E, Gele Boek)
11. CPR, 1988
Methoden voor het berekenen van fysische effecten (CPR 14, Gele Boek)
12. Browning, B, e.a, 1989
The lesson of the Thessaloniki oil terminal fire. 6-th. Int. Symp. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries", Oslo, 1989.
13. Broeckmann, B, e.a, 1992
Boil over effects in burning oil-tanks. 7-th. Int. Symp. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries", Taormina, 1992.
14. Michaelis, P, e.a. 1992
Contribution to boilover and frothover quantification. 7-th. Int. Symp. Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries", Taormina, 1992.

15. Scilly, N. F, e.a, 1992
Methodology for predicting domino effects from pressure vessel fragmentation.
International Conference on Hazard Identification and Risk Analysis, Human Factors and Human Reliability in Process Safety, Florida, 1992.
16. Holden, P. L., Reeves, A. B, 1985
Fragment hazards from failures of pressurised liquefied gas vessels. IchemESymp. Series 93, 1985.
17. Pieterse, C. M, 1988
Journal of hazardous Materials, 20, december 1988
18. HSE/SRD, 1978
Canvey. An investigation of potential hazards from operations in the Canvey Island/Thurrock area
19. Nato Unclassified, document AC/258-D/425, Allied Ammunition Storage and Transport Publication 1 (AASTP-1), Augustus 1992,
20. Bottelberghs, P.H., 2000
Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands", Journal of Hazardous Materials, 71, 59-84, 2000
21. AVIV, 1996
RISKCALC versie 2.2..
22. VROM, 1999
"Regeling risico's zware ongevallen" Staatscourant 1999 nr. 133/pag
23. Nato/PFP/Unclassified, Working Paper (WP/208): Proposed Amendments to AASTP-1 for the inclusion of Revised Hazard Division 1.2 Quantity Distance Rules, 19/20 oktober 1999
24. Staatsblad 33, jaargang 2002, Besluit van 22 januari 2002, houdende nieuwe regels met betrekking tot consumenten- en professioneel vuurwerk (Vuurwerkbesluit)
25. CPR 1999
Stoffendatabase Serida. CPR19.
26. Recommendations on the transport of dangerous goods, Manual of Tests and Criteria, 3rd revised edition, 1999, pag. 155
27. Mercx, W.P.M., 1988
De uitwerking van explosie-effecten op constructies, PML 1988-C-74, juni 1988
28. Blom-Bruggeman, J.M., 1992
Risico-analyse Scott Specialty gases B.V. te Breda, TNO-ME, sept. 1992

Bijlage 1. Beschrijving van het instrument domino-effecten

1. Inleiding

In deze bijlage wordt nader ingegaan op installatietypen die in het instrument domino-effecten worden gehanteerd (hoofdstuk 2), de ongevalsscenario's en vervolgebeurtenissen (hoofdstuk 3), de fysische effecten voor catastrofaal falen (hoofdstuk 4), de vaststelling van de stofcategorie (hoofdstuk 5) en (in hoofdstuk 6) de vaststelling van de juiste domino-afstand (de domino-afstandentabellen en het gebruik ervan).

2. Installatietypen (tabel A)

In het IDE wordt, bij de *veroorzakende* inrichting, een beperkt aantal karakteristieke installatietypen of –activiteiten onderscheiden. Het criterium hiervoor is dat het om installatietypen of –activiteiten gaat waarbij – als gevolg van een zwaar ongeval - de volgende effecten mogelijk zijn: (piek)overdruk, (langdurige) warmtebelasting en (weggeslingerde) fragmenten. Een zwaar ongeval in de *veroorzakende* inrichting met uitsluitend een toxisch effect speelt *geen* rol in de aanwijzing van domino-bedrijven.

In de definitie van het begrip domino-effect ligt besloten dat bij de *blootgestelde* inrichting het voornoemde beperkende criterium *niet* geldt voor de te beschouwen installaties of activiteiten. Hier geldt alleen dat er in de blootgestelde inrichting een zwaar ongeval moet kunnen optreden als gevolg van één van de bovengenoemde effecten. Voor een zwaar ongeval wordt de definitie van het BRZO'99 gehanteerd: een gebeurtenis, waardoor hetzij onmiddellijk, hetzij na verloop van tijd ernstig gevaar voor de gezondheid van de mens binnen of buiten de inrichting of voor het milieu ontstaat en waarbij één of meer gevaarlijke stoffen zijn betrokken. Een zwaar ongeval met uitsluitend een toxisch effect speelt daarom in de *blootgestelde* inrichting *wel* een rol in de aanwijzing van domino-bedrijven.

De installatie-onderdelen worden getypeerd door een aantal “installatietypen” te onderscheiden. De term installatietypen is hier ruim opgevat en omvat ook activiteiten als overslag naar/van transportmiddelen. De keuze van de te beschouwen installaties binnen de mogelijke domino-inrichtingen wordt gebaseerd op de verdeling die in tabel A is gegeven. De typering en definities zijn overgenomen uit het Paarse Boek [2]. De hoofdingeling is naar aggregatietoestand en procescondities (atmosferisch/druk), bulk en stukgoed, en type activiteit (opslag/proces/verlading).

Tabel A Overzicht van installatietypen

Activiteit	Installatie(typen)
Bovengrondse bulkopslag/procesinstallaties & ondergrondse drukopslag	
Druk	Opslagtank/procesvat
Atmosferisch	
Cryogeen	
Overslag en transport (tankauto, spoorketelwagon, schip)	
Druk	Tankauto/spoorketelwagon
	Schip
Atmosferisch	Tankauto/spoorketelwagon
	Schip
Stukgoedopslag	
Gasflessenopslag	Gascylinders
CPR 15-opslag	Opslaggebouw
Opslag explosieven/ Professioneel vuurwerk	Opslaggebouw Klasse 1.1
	Opslaggebouw Klasse 1.2
	Opslaggebouw Klasse 1.3
	Opslaggebouw Klasse 1.4
Opslag consumentenvuurwerk	Opslaggebouw (verpakt) Klasse 1.4
	Opslaggebouw (onverpakt) Klasse 1.4

Om tot een selectie te komen van de installaties zijn de resultaten van het zogenaamde subselectiesysteem (indien dit op de betreffende inrichtingen is toegepast) goed bruikbaar. De meest relevante installaties bij VR-plichtige inrichtingen kunnen geïdentificeerd worden met de resultaten van het zogenaamde subselectiesysteem (de berekende aanwijzingsgetallen en selectiegetallen op de terreingrens). De in een QRA van een VR-plichtige inrichting beschouwde onderdelen dienen altijd te worden beschouwd. In ieder geval dienen altijd te worden beschouwd de grootste insluitsystemen met gevaarlijke stoffen behorend tot de (BRZO)categorieën 4, 5, 6, 7a, 7b en 8. Gegevens van deze insluitsystemen zijn voor iedere BRZO-inrichting beschikbaar (de kennisgeving, art. 26 BRZO 1999). Beschouw conform het Paarse Boek [2] ook installaties met stoffen die zowel brandbaar als toxisch zijn. Gegevens van de reactiviteit van stoffen zijn vermeld in het Paarse Boek [2] en SERIDA [25]. Betreft de inrichting een PBZO-inrichting dan dienen de benodigde gegevens aan de vergunningaanvraag ontleend te worden.

Om de methodiek werkbaar te houden zal bij een complexe inrichting de opsplitsing in relevante onderdelen niet al te gedetailleerd moeten zijn. Gelijksortige installatieonderdelen worden zoveel mogelijk gegroepeerd. Deze groepering tot zogenaamde units betreft logisch en geografisch samenhangende installatiedelen. De samenstellende delen zijn van hetzelfde type en vertonen ook wat aard van de stoffen betreft bij ongevallen een vergelijkbaar gedrag. Bijvoorbeeld: in een zelfde tankput geplaatste afzonderlijke tanks voor de atmosferische opslag van Klasse 1-vloeistoffen kunnen tot één unit gegroepeerd worden.

Bij het type installatie "proces- en opslaginstallaties" (tabel A) worden warmtewisselaars, pompen, afblaasveiligheden en dergelijke niet als afzonderlijke systemen beschouwd. Leidingen aan proces- en opslaginstallaties worden eveneens niet als afzonderlijk systeem beschouwd. Dit geldt ook voor de grote bovengrondse (interunit) transportleidingen (grote eigen hold-up). Tenslotte geldt dat atmosferische ondergrondse tanks niet als installatie worden geselecteerd voor de bepaling van de domino-afstand.

3. Installatietype gerelateerde ongevalscenario's (tabel B)

Onder een ongevalsscenario wordt verstaan een beschrijving van wijze van falen van een systeem (LOC-events, loss of containment events, of ook wel uitstromingsscenario's genoemd), de mogelijke volgebeurtenissen en effecten die kunnen optreden. De ongevalseffecten worden bepaald vanaf de locatie van de veroorzakende installatie. De codering van de LOC-events is conform het Paarse Boek [2].

De ongevalsscenario's zijn ontleend aan de in een QRA te beschouwen Loss of Containment events als beschreven in het Paarse Boek [2] voor diverse typen systemen. Voor een onderbouwing van de geselecteerde ongevalsscenario's die een domino-effect kunnen veroorzaken wordt verwezen naar hoofdstuk 1 van bijlage 2.

In tabel B is het overzicht gegeven van de ongevalsscenario's waarvan is uitgegaan bij de onderscheiden installatietypen (zie tabel A). Tevens is in deze tabel aangegeven welke domino-afstandentabel toegepast moet worden als een bepaald ongevalsscenario optreedt.

Tabel B Veroorzakende installatietypen, ongevalsscenario's (LOC-events), volgebeurtenissen en bijbehorende domino-afstandentabellen (DA-tabellen) die in het domino-instrument worden gehanteerd.

Activiteit	Veroorzakende installatie	LOC-event	Volgebeurtenis/Effect	DA-tabellen (Bijlage1, hfd 6)
Bovengrondse bulkopslag/procesinstallaties & ondergrondse drukopslag				
Druk	Bovengrondse opslagtank/procesvat	Instantaan falen (G.1)	Barsten/overdruk	<i>DA-tabel 1</i>
			Barsten/fragmenten	
			BLEVE/vlamcontact	
			Gaswolkexplosie/overdruk	
			Plasbrand/warmtestraling	
Ondergrondse opslagtank	Instantaan falen (G.1)	Gaswolkexplosie/overdruk		
		Plasbrand/warmtestraling		
Atmosferisch	Opslagtank/procesvat	Instantaan falen (G.1a)	Plasbrand/warmtestraling	<i>DA-tabel 2</i>
		Vrijkomen in 10 minuten (G.2a)	Gaswolkexplosie/overdruk	<i>DA-tabel 2</i> <i>Figuren 1, 2</i> <i>Tabel 2A</i>
Cryogeen	Opslagtank/procesvat	Instantaan falen (G.1a)	Plasbrand/warmtestraling	<i>DA-tabel 3</i>
			Gaswolkexplosie/overdruk	
Overslag en transport (tankauto, spoorketelwagon, schip)				
Druk	Tankauto/ Spoorketelwagon	Instantaan falen (G.1)	Barsten/overdruk	<i>DA-tabel 4</i>
			Barsten/fragmenten	
			BLEVE/vlamcontact	
			Gaswolkexplosie/overdruk	
			Plasbrand/warmtestraling	
Schip	Breuk leidingarm (L.1)	Gaswolkexplosie/overdruk	<i>DA-tabel 5</i>	
Atmosferisch	Tankauto/ Spoorketelwagon	Instantaan falen (G.1)	Plasbrand/warmtestraling	<i>DA-tabel 6</i>
	Schip	Breuk leidingarm (L.1)		
Stukgoedopslag				
Gasflessenopslag	Gascylinders	Brand (S.1)	Brand/fragmenten	<i>DA-tabel 7</i>
CPR15 opslag	Opslaggebouw	Brand (S.1)	Brand/warmtestraling	<i>DA-tabel 8</i>
Opslag explosieven/ professioneel vuurwerk	Klasse 1.1	Massa-explosie (G.1)	Fragmenten	<i>DA-tabel 9a</i>
			Overdruk	
	Klasse 1.2	Explosie met scherfwerking (G.1)	Fragmenten	<i>DA-tabel 9b</i>
			Overdruk	
Klasse 1.3	Massabrand (G.2)	Intense hittestraling	<i>DA-tabel 10a</i>	
Klasse 1.4	Brand (G.2)	Warmtestraling	<i>DA-tabel 10b</i>	
Opslag consumenten-vuurwerk	Klasse 1.4 (verpakt)	Brand (G.2)	Warmtestraling	<i>DA-tabel 110c</i>
	Klasse 1.4 (onverpakt)	Brand (G.2)	Warmtestraling	

4. De fysische effecten voor catastrofaal bezwijken (tabel C)

In deze paragraaf beperken we ons tot de presentatie van de grootte van de fysische effecten. Voor de onderbouwing verwijzen we naar hoofdstuk 2 van bijlage 2. Er wordt voor de installaties van de blootgestelde inrichting een onderscheid gemaakt in de kwetsbaarheid voor warmtestraling. Installaties die voorzien zijn van warmtestraling beperkende maatregelen worden gekarakteriseerd als “beschermd” ter onderscheiding van de “onbeschermd” installaties. In hoofdstuk 2 van bijlage 2 is nader op dit uitgangspunt ingegaan.

In tabel C is een overzicht gegeven welke grootte het fysisch effect dient te hebben om een bepaald installatietype te laten bezwijken. Merk op dat het fysisch effect gekoppeld is aan de karakterisering van installatietypen (tabel A).

Tabel C Typering kwetsbare installaties en criteria voor catastrofaal falen

Activiteit	Kwetsbare installatie van blootgestelde inrichting		Overdruk (bar)	Warmtestraling (kW/m ²)		Kwetsbaar voor fragmenten?
				Beschermd	onbeschermd	
Bovengrondse bulkopslag/procesinstallaties & ondergrondse opslag						
Druk	Opslagtank/ Procesvat	Bovengronds	0,45	37,5	8	J
		Ondergronds/ingeterpt	-	-	-	N
Atmosferisch	Opslagtank/ Procesvat	Enkelwandig (fixed roof)	0,2	37,5	8	J
		Enkelwandig (floating roof)	0,3	37,5	8	J
		Met beschermwand	0,2	37,5	8	J
		Dubbel containment	0,3	37,5	-	N
		Full containment	0,3	37,5	-	N
		Membraantank	0,3	37,5	-	N
		Ondergronds/ingeterpt	-	-	-	N
Cryogeen	Opslagtank/ Procesvat		0,3	37,5	-	J
Overslag en transport (tankauto, spoorketelwagon, schip)						
Druk	Tankauto/spoorketelwagon		0,45	37,5	8	J
	Schip	Gastanker	0,45	37,5	8	J
		Semi-gastanker	0,45	37,5	8	J
Atmosferisch	Tankauto/spoorketelwagon		0,20	37,5	8	J
	Schip	Enkelwandig	0,20	37,5	8	J
		Dubbelwandig	0,20	37,5	8	J
Stukgoedopslag						
Gasflessenopslag	Gascylinders		0,45	8		J
CPR15 opslag	Opslaggebouw		0,10	8		J
Opslag explosieven/ vuurwerk	Specifiek		Specifiek	Specifiek		J/N

5. Stoffenlijst (tabel D)

In navolgende stoffenlijst is voor een aantal stoffen de categorie-indeling van stoffen weergegeven. De indeling is volgens de S3b-methodiek [3]. Onderscheid is gemaakt tussen de in het BRZO-1999 met naam genoemde stoffen (bijlage 1, deel 1) en overige stoffen die vallen in de BRZO-categorieën 6 (ontvlambaar), 7 (licht ontvlambaar) en 8 (zeer licht ontvlambaar). Voor vloeistoffen en gasen is de dampspanning (in mbar bij 20°C) vermeld. Tevens is een aantal stoffen vermeld die zowel brandbaar als toxisch zijn. De BRZO-indeling van de stoffen is ontleend aan het bestand DBSubstances van het Major Accidents Hazards Bureau. In dit bestand is een aantal categorieën niet beschouwd, met name explosieven in categorieën 4 (noot 5a, 2 en 3), licht ontvlambaar in categorie 7a (noot 7.2) en zeer licht ontvlambaar (noot 8.3).

Bedacht moet worden dat bij de indeling van de stoffen "normale" opslag omstandigheden zijn verondersteld. In de praktijk kan sprake zijn van bijzondere procesomstandigheden (verhoogde/verlaagde temperaturen en drukken). Of sprake is van opslag van cryogene stoffen dient afgeleid te worden uit de procescondities die in de kennisgeving of het veiligheidsrapport zijn vermeld.

Stoffen die uitsluitend toxisch zijn worden niet beschouwd. De toxische stoffen die in tabel D worden genoemd, zijn in deze tabel opgenomen omdat ze tevens brandbaar zijn. Uitzondering hierop vormt ammoniak. Hoewel deze stof een R10-zin heeft, wordt deze stof in BRZO-kader uitsluitend als toxische stof aangemerkt (zie ook vraag en antwoord nr. 18 van de VROM-site). Hierdoor behoeven inluitsystemen met ammoniak bij het veroorzakende bedrijf niet te worden beschouwd.

Van de brandbare stoffen worden in elk geval de gemiddeld en hoog reactieve stoffen beschouwd. De kolom 'stofcategorie' geeft de indeling volgens de S3b-methodiek [3]. De betekenis van de aanduidingen is de volgende:

- GF* brandbaar gas;
- GT* toxisch gas;
- LF* brandbare vloeistof;
- LT* toxische vloeistof,

waarbij * een cijfer voorstelt. Hoe hoger dit cijfer, hoe groter het risico dat de betreffende stof kan opleveren. Voor een uitgebreidere beschrijving van de indeling wordt verwezen naar hoofdstuk 4 van bijlage 2 en naar [3].

Tabel D Indeling stoffen volgens Seveso II

Category/Named substance Seveso II Naam	VN	CAS	Stof- Categorie	Pv [mbar]
1. Very toxic				
1. 2,2'-Dichloordiethylether	1916	111-44-4	LF1	1.1
1. Acroleine, gestabiliseerd	1092	107-02-8	LF2/LT3	293
1. Allylchloride	1100	107-05-1	LF2/LT2	394
1. Cyaanwaterstof, gestabiliseerd	1051	74-90-8	LF2/LT4	840
1. Ethylchloroformiaat	1182	541-41-3	LF2/LT2	60
1. Fosfor, wit of geel, droog	1381	12185-10-3	NR	
1. Nikkeltetracarbonyl	1259	13463-39-3	LF2/LT4	428
1. Propyleenimine, gestabiliseerd	1921	75-55-8	LF2/LT2	220
1. Waterstofsulfide (zwavelwaterstof)	1053	7783-06-4	GF3/GT5	18100
2. Toxic				
2. Acetonitril (methylcyanide)	1648	75-05-8	LF2	97
2. Acrylnitril, gestabiliseerd	1093	107-13-1	LF2/LT1	119
2. Allylalcohol	1098	107-18-6	LF1/LT1	24

Tabel D Indeling stoffen volgens Seveso II

Category/Named substance Seveso II Naam	VN	CAS	Stof- Categorie	Pv [mbar]
2. Allylamine	2334	107-11-9	LF2/LT3	280
2. Ammoniak, watervrij	1005	7664-41-7	GT3	6500
2. Benzeen	1114	71-43-2	LF2	100
2. Butylmethylether	2350	591-78-6	LF2	
2. Butyronitril	2411	109-74-0	LF2	20
2. Crotonaldehyde, gestabiliseerd	1143	123-73-9	LF2/LT1	40
2. Dichloorpropenen	2047	563-58-6	LF2	40
2. Dichloorpropenen	2047	542-75-6	LF2	40
2. Dimethylhydrazine, asymmetrisch	1163	57-14-7	LF2/LT2	150
2. Epichloorhydrine	2023	106-89-8	LF1/LT1	17
2. Hydrazine, watervrij	2029	302-01-2	LF1/LT2	21
2. Isopropylchloroacetaat	2947	105-48-6	LF1	
2. Koolstofdisulfide (zwavelkoolstof)	1131	75-15-0	LF2	400
2. Methylchloroacetaat	2295	96-34-4	LF1	7
2. Methylchloroformiaat	1238	79-22-1	LF2/LT3	137
2. n-Propylchloroformiaat	2740	109-61-5	LF1	
2. Piperidine	2401	110-89-4	LF1	33
6. Flammable				
6. 1,2-Dimethoxyethaan	2252	110-71-4	LF2	67
6. 1,2-Propyleendiamine	2258	78-90-0	LF1	10
6. 1,3,5-Trimethylbenzeen (mesityleen)	2325	108-67-8	LF1	2.8
6. 1-Methoxy-2-propanol	3092	107-98-2	LF1	12
6. 2,4-Pentaandion (acetylaceton)	2310	123-54-6	LF1	9.3
6. 2-Dimethylaminoethanol	2051	108-01-0	LF1	5.6
6. 4-Methoxy-4-methylpentaan-2-on	2293	107-70-0	LF1	3.5
6. 5-Methylhexaan-2-on	2302	110-12-3	LF1	5
6. Acrylzuur, gestabiliseerd	2218	79-10-7	LF1	4.3
6. Amylacetaten	1104	628-63-7	LF1	5
6. Amylformiaten	1109	638-49-3	LF1	13
6. Azijnzuuranhydride	1715	108-24-7	LF1	5
6. Benzyl dimethylamine	2619	103-83-3	LF1	2.8
6. Brandbare vloeistof, n.e.g.	1993	95-63-6	LF1	
6. Broompropanen	2344	106-94-5	LF2	224
6. Butanolen	1120	78-92-2	LF1	17
6. Butanolen	1120	71-36-3	LF1	17
6. Butylacetaten	1123	123-86-4	LF1	25
6. Butylacrylaten, gestabiliseerd	2348	141-32-2	LF1	5
6. Butylpropionaten	1914	590-01-2	LF1	3.8
6. Cyclohexanon	1915	108-94-1	LF1	4.7
6. Cyclohexylamine	2357	108-91-8	LF1	15
6. Cyclopentanon	2245	120-92-3	LF1	
6. Di-n-butylamine	2248	111-92-2	LF1	2.7
6. Dibutylethers	1149	142-96-1	LF1	6
6. Diisobutylketon	1157	108-83-8	LF1	2.6
6. Diketeen, gestabiliseerd+D1815	2521	674-82-8	LF1	10
6. Dipenteen (limoneen)	2052	138-86-3	LF1	2.1
6. Ethylamylketonen	2271	541-85-5	LF1	2.7
6. Ethyleendiamine	1604	107-15-3	LF1	12
6. Ethyleenglycolmonoethylether (2-ethoxyethanol)	1171	110-80-5	LF1	5
6. Ethyleenglycolmonomethylether (2-methoxyethanol)	1188	109-86-4	LF1	8
6. Ethyllactaat	1192	97-64-3	LF1	2
6. Isobutanol (isobutylalcohol)	1212	78-83-1	LF1	12
6. Isobutylacrylaat, gestabiliseerd	2527	106-63-8	LF1	13.2
6. Isobutylmethacrylaat, gestabiliseerd	2283	97-86-9	LF1	4
6. Isobutylpropionaat	2394	540-42-1	LF2	
6. Isopropenylbenzeen	2303	98-83-9	LF1	2.7
6. Isopropylbenzeen (cumeen)	1918	98-82-8	LF1	4.3
6. Mesityloxyde	1229	141-79-7	LF1	10
6. Methylisobutylcarbinol (methylamylalcohol)	2053	108-11-2	LF1	7
6. Morfoline	2054	110-91-8	LF1	11
6. n-Amylmethylketon	1110	110-43-0	LF1	3

Tabel D Indeling stoffen volgens Seveso II

Category/Named substance Seveso II Naam	VN	CAS	Stof- Categorie	P _v [mbar]
6. n-Butylmethacrylaat, gestabiliseerd	2227	97-88-1	LF1	3
6. n-Propylbenzeen	2364	103-65-1	LF1	13.3
6. Nitroethaan	2842	79-24-3	LF1	21
6. Nitromethaan	1261	75-52-5	LF2	37
6. Nitropropanen	2608	108-03-2	LF1	17
6. Nitropropanen	2608	79-46-9	LF1	17
6. Pentanolen	1105	30899-19-5	LF1	5
6. Picolinen (methylpyridinen)	2313	109-06-8	LF1	12
6. Styreen monomeer, gestabiliseerd (vinylbenzeen monomeer, gestabiliseerd)	2055	100-42-5	LF1	6
6. Terpentijn	1299	8006-64-2	LF1	2.5
6. Tetraethylsilicaat	1292	78-10-4	LF1	1.7
6. Xylenen	1307	108-38-3	LF1	8
6. Xylenen	1307	1330-20-7	LF1	8
6. Xylenen	1307	95-47-6	LF2	6.7
6. Xylenen	1307	106-42-3	LF1	8
7a. Highly flammable				
7a. Magnesiumalkylen	3053	#	NR	
7a. Trichloorsilaan (silicochloroform)	1295	10025-78-2	LF2/LT2	667
7b. Highly flammable				
7b. 1,1-Dichloorethaan (ethylideenchloride)	2362	75-34-3	LF2	244
7b. 1,1-Dimethoxyethaan	2377	534-15-6	LF2	190
7b. 1,2-Butyleenoxide, gestabiliseerd	3022	106-88-7	LF2	190
7b. 1,2-Dichloorethyleen	1150	540-59-0	LF2	350
7b. 1-Chloorpropanen (propylchloride)	1278	540-54-5	LF2	360
7b. 2-Chloorpropanen (isopropylchloride)	2356	75-29-6	LF2	564
7b. Acetal (1,1-diethoxyethaan)	1088	105-57-7	LF2	27
7b. Aceton	1090	67-64-1	LF2	240
7b. Amylchloriden	1107	543-59-9	LF2	
7b. Butanolen	1120	75-65-0	LF2	7
7b. Butylacetaten	1123	105-46-4	LF2	
7b. Butyraldehyde	1129	123-72-8	LF2	122
7b. Butyrylchloride	2353	141-75-3	LF2	39
7b. Chloorbutanen (butylchloriden)	1127	109-69-3	LF2	530
7b. Chloropreen, gestabiliseerd	1991	126-99-8	LF2/LT2	267
7b. Cyclohexaan	1145	110-82-7	LF2	104
7b. Cyclopentaan	1146	287-92-3	LF2	360
7b. Di-n-propylether	2384	111-43-3	LF2	73
7b. Diacetonol, technisch	1148	123-42-2	LF2	1.1
7b. Diethylamine	1154	109-89-7	LF2	253
7b. Diethylketon	1156	96-22-0	LF2	40
7b. Diisopropylamine	1158	108-18-9	LF2/LT1	80
7b. Diisopropylether	1159	108-20-3	LF2	180
7b. Dimethylcarbonaat	1161	616-38-6	LF2	53
7b. Dimethylcyclohexanen	2263	589-90-2	LF2	20
7b. Dimethyldichloorsilaan	1162	75-78-5	LF2/LT2	150
7b. Dioxaan	1165	123-91-1	LF2	41
7b. Dioxolaan	1166	646-06-0	LF2	133
7b. Dipropylamine	2383	142-84-7	LF2	27
7b. Ethanol (ethylalcohol)	1170	64-17-5	LF2	58.5
7b. Ethylacetaat	1173	141-78-6	LF2	100
7b. Ethylacrylaat, gestabiliseerd	1917	140-88-5	LF2	39
7b. Ethylbenzeen	1175	100-41-4	LF2	9.5
7b. Ethyleendichloride (1,2-dichloorethaan)	1184	107-06-2	LF2	87
7b. Ethylformiaat	1190	109-94-4	LF2	256
7b. Ethylmercaptaan	2363	75-08-1	LF2	590
7b. Ethylmethacrylaat	2277	97-63-2	LF2	20
7b. Ethylpropionaat	1195	105-37-3	LF2	35
7b. Heptanen	1206	142-82-5	LF2	48
7b. Hexanen	1208	-	LF2	160
7b. Hexanen	1208	110-54-3	LF2	160

Tabel D Indeling stoffen volgens Seveso II

Category/Named substance Seveso II Naam	VN	CAS	Stof- Categorie	P _v [mbar]
7b. Isobutylacetaat	1213	110-19-0	LF2	20
7b. Isobutyrylchloride	2395	79-30-1	LF2	
7b. Isopropanol (isopropylalcohol)	1219	67-63-0	LF2	43
7b. Isopropylacetaat	1220	108-21-4	LF2	61
7b. Methylacetaat	1231	79-20-9	LF2	220
7b. Methylacrylaat, gestabiliseerd	1919	96-33-3	LF2	93
7b. Methylcyclohexaan	2296	108-87-2	LF2	48
7b. Methylethylketon (ethylmethylketon)	1193	78-93-3	LF2	105
7b. Methyliisobutylketon	1245	108-10-1	LF2	7
7b. Methylmethacrylaat, monomeer, gestabiliseerd	1247	80-62-6	LF2	47
7b. Methylpropionaat	1248	554-12-1	LF2	84
7b. n-Butylamine	1125	109-73-9	LF2/LT1	93
7b. n-Butylformiaat	1128	592-84-7	LF2	24
7b. n-Propanol (n-propylalcohol)	1274	71-23-8	LF2	19
7b. n-Propylacetaat	1276	109-60-4	LF2	33
7b. Octanen	1262	111-65-9	LF2	52
7b. Paraldehyde	1264	123-63-7	LF1	64
7b. Pentanen, vloeibaar (isopentaan)	1265	78-78-4	LF2	800
7b. Pentanen, vloeibaar (n-pentaan)	1265	109-66-0	LF2	800
7b. Pentanolen	1105	75-85-4	LF2	16
7b. Propionaldehyde	1275	123-38-6	LF2	343
7b. Propyleendichloride (1,2-dichloorpropaan)	1279	78-87-5	LF2	56
7b. Propylformiaten	1281	625-55-8	LF2	133.3
7b. Propylformiaten	1281	110-74-7	LF2	133.3
7b. Pyridine	1282	110-86-1	LF2	20.5
7b. Tetrahydrofuran	2056	109-99-9	LF2	200
7b. Tolueen	1294	108-88-3	LF2	29
7b. Triethylamine	1296	121-44-8	LF2	61.6
7b. Vinylacetaat, gestabiliseerd	1301	108-05-4	LF2	113
8. Extremely flammable				
8. Aceetaldehyde (ethanal)	1089	75-07-0	LF2	999
8. Diethylether (ethylether)	1155	60-29-7	LF2	590
8. Dimethylamine, oplossing in water	1160	124-40-3	LF2	287
8. Ethaan	1035	74-84-0	GF3	38000
8. Ethyleen, samengeperst (etheen, samengeperst)	1962	74-85-1	GF0	51000
8. Isopreen, gestabiliseerd	1218	78-79-5	LF2	640
8. Isopropylamine	1221	75-31-0	LF2/LT2	637
8. Koolmonoxide, samengeperst (koolstofmonoxide, samengeperst)	1016	630-08-0	GF0/GT0	58800
8. Methaan, samengeperst	1971	74-82-8	GF0	50000
8. Methylformiaat	1243	107-31-3	LF2	640
8. Vinylideenchloride, gestabiliseerd (1,1-dichloorethyleen, gestabiliseerd)	1303	75-35-4	LF2	665
Named substances				
[01] Acetyleen, opgelost (ethyn, opgelost)	1001	74-86-2	GF3	44600
[04] Arseenwaterstof (arsine)	2188	7784-42-1	GF3/GT5	15100
[05] Benzine (motorbrandstof)	1203		LF2	
[11] Ethyleenimine, gestabiliseerd	1185	151-56-4	LF2/LT3	220
[12] Ethyleenoxide	1040	75-21-8	GF1/GT3	1470
[17] Methanol	1230	67-56-1	LF2	128
[19] Methylisocyanaat	2480	624-83-9	LF2/LT4	510
[22] Propyleenoxide	1280	75-56-9	LF2	588
[24] Waterstof, samengeperst	1049	1333-74-0	GF0	12950
[25] 1,3-Butadien, gestabiliseerd	1010	106-99-0	GF2	2400
[25] Butaan	1011	106-97-8	GF2	2000
[25] Cyclopropaan	1027	75-19-4	GF3	6400
[25] Dimethylamine, watervrij	1032	124-40-3	GF2/GT4	1700
[25] Dimethylether	1033	115-10-6	GF2	4200
[25] Ethylamine	1036	75-04-7	GF1/GT3	1200
[25] Ethylchloride	1037	75-00-3	GF1/GT2	1400
[25] Ethylmethylether	1039	540-67-0	GF2	1660
[25] Isobutaan	1969	75-28-5	GF2	3000

Tabel D Indeling stoffen volgens Seveso II

Category/Named substance Seveso II Naam	VN	CAS	Stof- Categorie	P _v [mbar]
[25] Isobuteen	1055	115-11-7	GF2	2550
[25] Methylamine, watervrij	1061	74-89-5	GF2/GT4	2000
[25] Methylchloride (koelgas R 40)	1063	74-87-3	GF2/GT3	5000
[25] Methylmercaptaan	1064	74-93-1	GF1/GT3	1700
[25] Propaan	1978	74-98-6	GF3	8500
[25] Propeen (propyleen)	1077	115-07-1	GF3	10200
[25] Trans-2-Buteen	1012	107-01-7	GF2	
[25] Trans-2-Buteen	1012	106-98-9	GF2	
[25] Trimethylamine, watervrij	1083	75-50-3	GF2/GT4	1920
[25] Vinylbromide, gestabiliseerd	1085	593-60-2	GF1/GT3	1200
[25] Vinylchloride, gestabiliseerd	1086	75-01-4	GF2	3400
[25] Vinylmethylether, gestabiliseerd	1087	107-25-5	GF1/GT3	1470
[30] Dichloormethylether, symmetrisch: zie rn. 601, cf. 26a)	2249	542-88-1	LF1/LT1	0.14
[30] Methylchloormethylether	1239	107-30-2	LF2/LT3	213

6. De domino-afstandentabellen (DA-tabellen)

6.1. Inleiding

Met de vastgelegde ongevalsscenario's en vervolggebeurtenissen (tabel B) en de fysische effecten voor bezwijken (tabel C) en de stofgegevens (tabel D (stofcategorie) en de stofhoeveelheid) zijn de basisgegevens voorhanden om de domino-afstanden te kunnen bepalen. De resultaten van de uitgevoerde berekeningen zijn de domino-afstanden. Alle domino-afstanden zijn in de DA-tabellen 1 t/m 10 in **meters** uitgedrukt en *cursief* weergegeven. Niet cursief weergegeven getallen in deze tabellen hebben betrekking op andere grootheden.

De gebruikte modellen voor de berekening van de domino-afstanden worden in hoofdstuk 3 van bijlage 2 behandeld.

6.2. Domino-afstandentabellen

Inleiding

De meeste domino-afstanden zijn als vaste afstanden weergegeven in de domino-afstandentabellen 1 t/m 10.

Alleen de effectafstanden van gaswolkexplosies veroorzaakt door het vrijkomen van niet-kokende vloeistoffen zijn niet als vaste afstanden in DA-tabel 2 opgenomen. Deze effectafstanden kunnen worden vastgesteld aan de hand van de beschrijving bij DA-tabel 2. Vergelijking van deze effectafstanden met de (vaste) plasbrandeffectafstanden levert de maximale domino-afstanden op die kunnen optreden na het falen van atmosferische opslag/procesinstallaties.

Maximale domino-afstanden (nodig voor selectiestap 2)

In de domino-afstandentabellen 1 t/m 10 zijn de grootste domino-afstanden van de verschillende effecten steeds grijs gearceerd. Vergelijking van deze grootste afstanden levert de maximale domino-afstanden die in de meeste tabellen in een aparte kolom zijn weergegeven.

In selectiestap 2 wordt de grootste maximale domino-afstand van de inrichting vastgesteld. Hierbij dient per stofcategorie te worden uitgegaan van het grootste insluitsysteem. Van deze insluitsystemen worden de maximale domino-afstanden bepaald. De grootste van deze maximale domino-afstanden wordt gebruikt ter vergelijking met de kleinste onderlinge afstand tussen de veroorzakende BRZO-inrichting en de blootgestelde BRZO-inrichting.

Stofhoeveelheid en stofcategorieën

De stofhoeveelheid is in de meeste domino-afstandentabellen vermeld in de eerste kolom. Het soort gevaarlijke stof (de stofcategorie) wordt soms ook in deze kolom vermeld (tabellen 1, 3, 4, 5) en anders in de titel van de tabel.

Bepaling correcte domino-afstand(en)

Om tot de juiste domino-afstand(en) te komen dient:

- De juiste domino-afstandentabel geselecteerd te worden
- De juiste kolom(men) in deze domino-afstandentabel geselecteerd te worden
- De juiste rij in deze domino-afstandentabel geselecteerd te worden

Om tot de *juiste domino-afstandentabel* te komen is het belangrijk dat er een goede installatietypering (opslag, procesinstallatie, overslag en transport (tankauto, spoorketel-wagon schip), stukgoedopslag (gascylinders, opslaggebouw, explosieven-opslag)) en een goede toestandstypering van de stof (druk, atmosferisch, cryogeen, explosieklasse 1-4) plaatsvindt. Deze typeringen dienen plaats te vinden op basis van de informatie die in hoofdstuk 2 van deze bijlage is opgenomen. Op basis van deze typeringen kan met behulp van tabel B van hoofdstuk 3 de juiste domino-afstandentabel worden gekozen.

De *juiste kolom(men)* in de geselecteerde domino-afstandentabel wordt bepaald door vaststelling van de schade-effecten die tot falen van de betreffende installatie van de blootgestelde inrichting kunnen leiden. Deze schade-effecten kunnen worden vastgesteld met de informatie uit tabel C van hoofdstuk 4.

De *juiste rij* in de geselecteerde domino-afstandentabel wordt bepaald door een correcte indeling van de gevaarlijke stof in een stofcategorie. Hiervoor wordt verwezen naar de stoffenlijst in tabel D van hoofdstuk 5 en de uitleg daarbij en naar hoofdstuk 4 *Indeling van stoffen* van bijlage 2. Gecombineerd met de hoeveelheid van de betreffende stof leidt dit tot de van toepassing zijnde rij in de betreffende domino-afstandentabel.

In paragraaf 3.4 van het hoofdrapport zijn twee voorbeelden uitgewerkt waarin domino-afstanden worden bepaald.

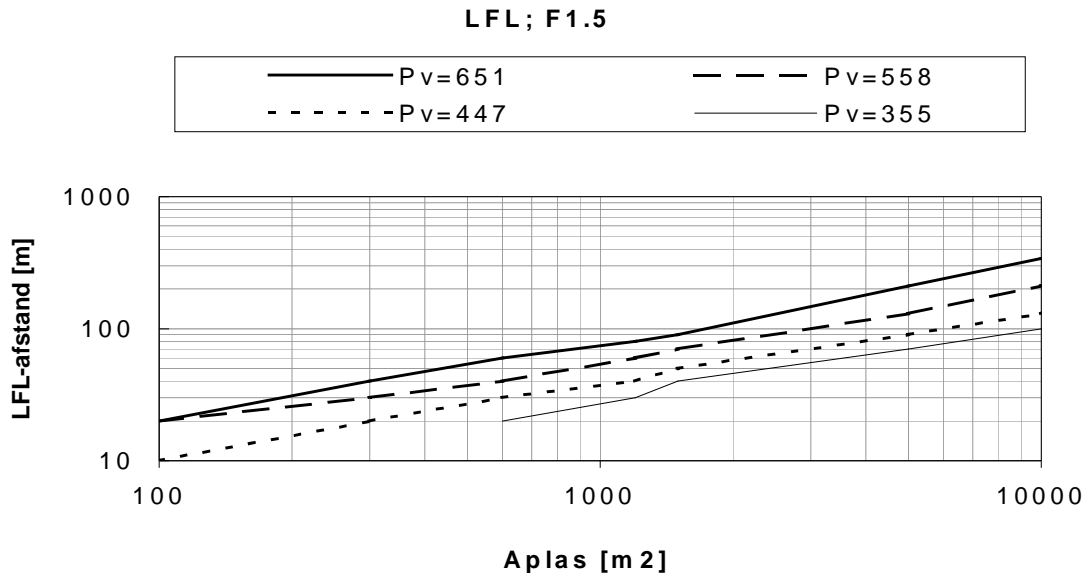
DA-tabel 1 Bovengrondse (BG) bulkopslag/procesinstallaties en ondergrondse (OG) bulkopslag (druk)

Msys (ton)	Barsten/piekoverdruk (bar)				Frag-menten	BLEVE (R _{vuurbal}) in m)	Gaswolkexplosie/piekoverdruk (bar)					Plasbrand/warmtebelasting (kW/m ²)			Maximale domino-afstand (m)	
	0.1	0.2	0.3	0.45			LFL-afstand (m)	0.1	0.2	0.3	0.45	D _{max} (m)	8	37.5	BG	OG
≤ 5					296	52										
GF1	30	21	16	11			40	141	90	72	58	24.8	67	39	296	141
GF2	35	23	18	16			120	204	168	157	150	23.9	97	54	296	204
GF3	61	37	27	21		115	187	146	138	135	-	-	-	296	187	
>5 -10						65										
GF1	37	26	20	14			55	177	113	90	73	35.0	89	53	296	177
GF2	43	29	23	16			157	266	220	205	195	33.4	130	74	296	266
GF3	77	47	34	27		134	237	172	161	155	-	-	-	296	237	
>10 -20						81										
GF1	47	33	25	18			74	223	142	113	93	49.4	120	68	296	223
GF2	55	37	28	20			207	345	286	266	250	46.8	167	95	345	345
GF3	97	59	43	34		190	299	235	223	215	-	-	-	299	299	
>20 -50						109										
GF1	64	44	34	24			108	304	193	154	125	77.3	172	98	304	304
GF2	74	50	38	28			297	490	411	384	370	72.4	235	137	490	490
GF3	131	79	58	46		263	411	325	308	295	-	-	-	411	411	
>50 -100						137										
GF1	80	56	43	30			144	383	244	194	158	109	229	131	383	383
GF2	93	63	48	35			389	631	530	497	475	102	308	178	631	631
GF3	165	100	73	57		287	518	393	354	330	-	-	-	518	518	
>100 -200						171										
GF1	101	70	54	38			181	482	307	249	239	113	242	142	482	482
GF2	117	79	61	44			493	799	670	628	595	113	354	207	799	799
GF3	207	125	92	72		388	667	505	463	450	-	-	-	667	667	
>200 -500					231											
GF1	136	95	74	52		264	657	419	349	330	113	248	148	657	657	
GF2	158	107	82	59		754	1221	1036	970	920	113	597	348	1221	1221	
GF3	280	169	124	97	538	919	704	644	620	-	-	-	919	919		
>500- 1000					289											
GF1	171	119	93	65		345	829	529	451	427	113	254	255	829	829	
GF2	199	134	103	74		1025	1607	1377	1295	1230	113	772	450	1607	1607	
GF3	352	213	156	123	690	1172	905	826	780	-	-	-	1172	1172		

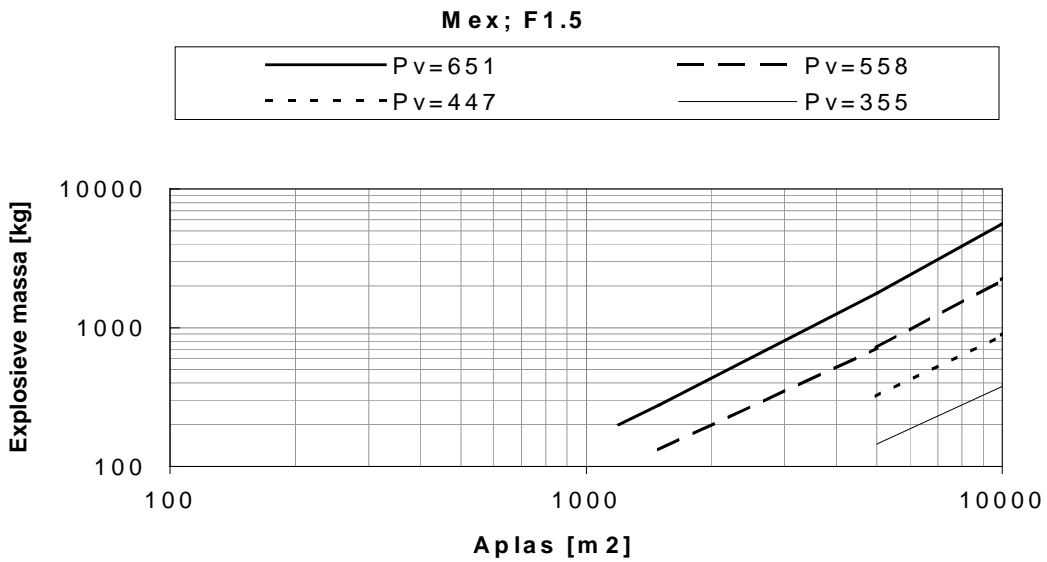
DA-tabel 2 Bovengrondse bulkopslag en procesinstallaties (atmosferisch)

M-sys (ton)	Vrij spreidende plas of bund		Domino-afstand (m)					Maximale domino-afstand (m)	
			Gaswolkexplosie/piekoverdruk (bar)				Plasbrand/warmtebelasting (kW/m ²)		
	Opp (m ²)	D _{eq} (m)	0.1	0.2	0.3	0.45	8	37.5	
Bund									
	20	5	Geen gaswolkexplosie mogelijk omdat het plasoppervlakte < 1000 m².				17	14	17
	80	10					28	21	28
	175	15					33	28	33
	315	20					36	32	36
	490	25					44	37	44
	710	30					47	40	47
Vrij spreidende plas of bund									
							Dampspanning P_v		
							≤ 300 (mbar)	> 300 (mbar)	
> 5 - 8	1000	35	Een gaswolkexplosie kan alleen optreden bij stoffen met een dampspanning P_v > 300 mbar. De domino-afstand kan berekend worden met de formule LFL-afstand/2 + R_{ex}.¹				53	45	53
>8 -10	1250	40					58	49	58
> 10 - 20	2500	55					70	61	70
> 20 - 50	6250	90					91	81	91
> 50	10000	115					103	93	103

¹ De LFL-afstand is de afstand waarbij de concentratie van de stof de Lower Flammable Limit (dit is dezelfde waarde als de LEL: de Lower Explosion Limit) heeft bereikt. Deze afstand kan met behulp van figuur 1 worden bepaald aan de hand van de dampspanning van de stof en het plasoppervlakte. Voor de dampspanning moet worden uitgegaan van de dampspanning die geldt bij de temperatuur van de vrijkomende stof. In tabel D is van een aantal stoffen de dampspanning bij 20°C gegeven. Het plasoppervlak kan uit tabel 2 worden afgeleid (aannamen: vrij spreidende plassen kunnen niet groter worden dan 10000 m² en onder de 1000 m² kunnen deze plassen geen gaswolkexplosie veroorzaken). De explosiecirckels (R_{ex}), bij overdrukken van 0.1, 0.2, 0.3 en 0.45 bar kunnen met tabel 2a worden vastgesteld aan de hand van de explosieve massa (M_{ex}). De explosieve massa kan met figuur 2 worden bepaald aan de hand van de dampspanning van de stof en het plasoppervlak.



Figuur 1. LFL-afstand als functie van A_{plas}, weersklasse F1.5



Figuur 2 M_{ex} als functie van A_{plas}, weersklasse F1.5

Tabel 2a Gaswolkexplosie (G.1a/G2.a); straal explosiecircels als functie van M_{ex}

M_{ex} [ton]	Straal expl.cirkel tot piekoverdruk [bar]			
	0.1	0.2	0.3	0.45
≤0.1	46	26	20	15
>0.1 -0.2	58	33	25	19
>0.2 -0.5	79	45	34	26
>0.5 -1	100	57	43	33
>1 -2	126	71	54	42
>2 -5	171	97	74	57
>5 -10	215	122	93	72
>10 -20	271	153	117	90
>20 -50	368	208	159	123
>50 -100	463	262	201	154

DA-tabel 3 Bovengrondse bulkopslag en procesinstallaties (cryogeen)

M-sys (ton)	Domino-afstand (m)						Maximale domino-afstand (m)
	Plasbrand/warmtebelasting (kW/m ²)		Gaswolkexplosie/ piekoverdruk (bar) bij D5				
	8	37.5	0.1	0.2	0.3	0.45	
≤ 10							
- butaan	137	68	207	127	98	77	207
- propaan	133	65	208	128	99	73	208
>10 -20							
- butaan	180	89	261	160	136	97	261
- propaan	170	85	262	182	168	160	262
>20 -50							
- butaan	255	128	356	218	197	187	356
- propaan	250	120	357	266	248	235	357
>50 -100							
- butaan	335	166	448	275	246	235	448
- propaan	320	155	450	351	327	315	450

DA-tabel 4 Overslag en transport; tankauto en spoorketelwagon (druk)

Msys (ton)	Barsten/piekoverdruk (bar)				Frag-menten	BLEVE (Rvuurbal in m)	Gaswolkexplosie/piekoverdruk (bar)					Plasbrand/warmtebelasting (kW/m ²)			Maximale domino-afstand (m)
	0.1	0.2	0.3	0.45			LFL-afstand (m)	0.1	0.2	0.3	0.45	Plasopp. (m ²)	8	37.5	
Tankauto 25															
GF1	51	35	27	19	296	87	77	241	154	122	100	1200	100	58	296
GF2	59	40	31	22			225	375	311	290	275		185	103	296
GF3	104	63	46	36			205	323	254	241	230		-	-	296
SKW 50															
GF1	64	44	34	24	109	109	108	304	193	154	125	600	77	46	304
GF2	74	50	38	28			297	490	411	384	367		240	137	490
GF3	131	79	58	46			263	411	325	308	295		-	-	411

DA-tabel 5 Overslag en transport; schip (druk)

Schip	Debiet [m ³ /hr]	m [kg/s]	Domino-afstand (m)					Maximale domino- afstand (m)
			Piekoeverdruk [bar] bij F1.5					
			0.1	0.2	0.3	0.45		
GF1	300	75	213	163	145	132	213	
GF2	300	50	472	382	350	330	472	
GF3	300	50	233	202	191	183	233	

DA-tabel 6 Overslag en transport; tankauto, spoorketelwagon, schip (atmosferisch)

Modaliteit	Opp. [m ²]	D _{eq} [m]	Domino-afstand [m] bij M _{sys} tot Plasbrand, Q [kW/m ²]		Maximale domino- afstand (m)
			8	37.5	
			Tankauto	1200	
Spoorketelwagon	600	28	47	39	47
Schip: 300 m ³	5000	80	85	75	85
Schip: Opp _{max}	10000	113	103	93	103

DA-tabel 7. Stukgoedopslag; gascylinders (gasflessen-opslag); trefkans cilinder-fragmenten als functie van de afstand (bij een trefkans van 0.005).

Aantal cylinders	Maximale domino-afstand [m]
≤ 250	163
>250 -500	194
>500 -1000	225
>1000 -5000	310
>5000 -10000	361
> 10000	500

DA-tabel 8 Stukgoedopslag; opslaggebouw (CPR15 opslag)

Opp	Domino-afstand (m)
Gebouw	Begrenzing + 30 m

DA-tabel 9a. Stukgoedopslag; Klasse 1.1
(opslag explosieven of professioneel vuurwerk)

Massa [ton]	Fragmenten	Klasse 1.1: domino-afstand [m] bij M tot				Maximale domino-afstand (m)
		Piekeerdruk [bar]				
		0.1	0.2	0.3	0.45	
≤0.5	180	87	62	48	34	180
>0.5 -1	180	110	78	60	43	180
>1 -2	180	139	98	76	54	180
>2 -5	180	188	133	103	74	188
>5 -10	180	237	168	129	93	237
>10 -20	180	299	212	163	117	299
>20 -50	180	405	287	221	158	405
>50 -100	180	511	362	278	200	511

DA-tabel 9b. Stukgoedopslag; Klasse 1.2
(opslag explosieven of professioneel vuurwerk)

Massa [ton]	Fragmenten	Klasse 1.2: domino-afstand [m] bij M tot				Maximale domino-afstand (m)
		Piekeerdruk [bar]				
		0.1	0.2	0.3	0.45	
≤0.5	148	40	29	22	16	148
>0.5 -1	173	51	36	28	20	173
>1 -2	196	64	46	35	25	196
>2 -5	226	87	62	48	34	226
>5 -10	248	110	78	60	43	248
>10 -20	270	139	98	76	54	270
>20 -50	296	188	133	103	74	296
>50 -100	315	237	168	129	93	315

DA-tabel 10a. Stukgoedopslag; Klasse 1.3
(opslag explosieven of professioneel vuurwerk))

Massa [ton]	Maximale domino-afstand [m] bij brand van M ton 1.3 explosieven
≤5	60
>5 -10	68
>10 -20	87
>20 -50	120
>50 -100	150

DA-tabel 10b Stukgoedopslag; Klasse 1.4
(opslag explosieven, professioneel vuurwerk of verpakt consumentenvuurwerk)

Opp	Afstand tot gebouwgevel [m]
Gebouw	30

DA-tabel 10c Stukgoedopslag; Klasse 1.4
(onverpakt consumentenvuurwerk, max. 5 ton)

Massa [ton]	Maximale domino-afstand bij een brand van M ton onverpakt vuurwerk [m]
≤ 0.5	20
>0.5 -1	25
>1 -2	33
>2 -3.5	42
>3.5 -5	48

Bijlage 2 Achtergronden bij het IDE

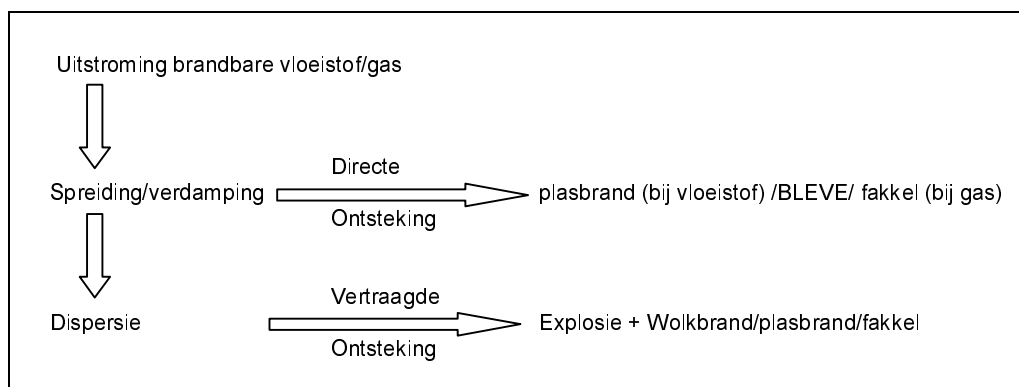
In deze bijlage wordt in hoofdstuk 1 een overzicht gegeven van de ongevalsscenario's die zijn beschouwd in het IDE. In hoofdstuk 2 zijn de gehanteerde kwetsbaarheidscriteria en in hoofdstuk 3 de rekenmodellen voor de bepaling van de domino-afstanden beschreven. In de hoofdstukken 1 en 3 wordt zoveel mogelijk verwezen naar domino-afstandentabellen (DA-tabellen) in bijlage 1, zodat duidelijk is van welke ongevalsscenario's en van welke rekenmodellen is uitgegaan bij de vaststelling van de domino-afstanden. Tenslotte is de indeling van stoffen toegelicht in hoofdstuk 4.

1. Ongevalsscenario's

1.1. Overzicht

De ongevalsscenario's die in het domino-instrument worden beschouwd, zijn ontleend aan de in een QRA te beschouwen Loss of Containment events als beschreven in het Paarse Boek [2] voor diverse typen systemen. Niet alle in het Paarse Boek [2] gegeven LOC's en effecten worden in het domino-instrument beschouwd. Het domino-instrument betreft een selectiemethodiek, zodat gekozen is voor een benadering, waarbij uitsluitend de "zware" ongevalsscenario's zijn beschouwd. Onder zware ongevallen wordt in dit verband in het algemeen catastrofaal falen verstaan. In een VR dienen deze LOC-events beschouwd te worden. Dit houdt in dat de voor de bepaling van de domino-afstanden benodigde gegevens in principe altijd aan het VR ontleend kunnen worden.

De beschouwde ongevalsontwikkelingen en effecten bij vrijkomen van brandbare stoffen (vloeistoffen, gassen) zijn schematisch weergegeven in onderstaande figuur. Bij het vrijkomen van brandbare vloeistoffen wordt bij directe ontsteking het effect plasbrand beschouwd en in geval van brandbare gassen de effecten fakkelbrand (continue uitstroming) en BLEVE (instantane uitstroming). Bij vertraagde ontsteking treden de effecten gaswolk-explosie en wolkbrand, gevolgd door fakkel of plasbrand op. Instantaan falen van een drukopslag gaat gepaard met de vorming van fragmenten en het optreden van overdrukken in de omgeving.



Figuur 1. Schema van ongevalsontwikkelingen.

De beschouwde ongevalsscenario's (uitstromingsscenario LOC-event, volgebeurtenissen en effecten) zijn per installatietype weergegeven (Bijlage 1, tabel B). Een

toelichting op deze scenario's wordt in navolgende paragraaf gegeven. De voor deze scenario's bepaalde domino-afstanden zijn gegeven in hoofdstuk 6 van bijlage 1.

1.2. Toelichting op de scenario's

Drukopslag: Stationaire vaten, reactoren en procesinstallaties (DA-tabel 1)

De categorie drukopslag omvat zowel stationaire opslagvaten, reactoren en procesinstallaties. De domino-ongevallen veroorzakende stoffen betreffen de brandbare samengeperste of tot vloeistof verdichte gassen (BRZO-categorie 8).

Het beschouwde ongevalsscenario betreft catastrofaal falen. Bij catastrofaal falen komt de gehele inhoud van de tank vrij. Catastrofaal falen betreft niet alleen instantaan falen (G.1), maar ook grote lekken (G.2 = uitstroming tankinhoud in 10 minuten) [2]. Het scenario G.2 wordt niet beschouwd.

Instantaan falen (G.1) gaat gepaard met de vorming van fragmenten en het optreden van overdrukken in de omgeving. Afhankelijk van de oorspronkelijk in het vat aanwezige fase wordt een schokgolf gegenereerd.

Niet alle in een QRA te beschouwen volgebeurtenissen en effecten worden beschouwd. Conform de uitgangspunten wordt er van uit gegaan dat alleen de vrijwel onmiddellijk werkende overdrachtsmechanismen (fragmenten, overdruk/impuls) en langdurige warmtestraling en langdurig direct vlamcontact, kunnen leiden tot falen van equipment bij de secundaire inrichting. De ontwikkeling wolkbrand (flashfire) en het effect warmtestraling bij BLEVE worden derhalve niet beschouwd.

Ook de effecten van het falen van ondergrondse of ingeterpte druktanks zijn meegenomen. Hierbij treden geen overdrukeffecten door barsten, geen fragmenteffecten en geen BLEVE-effecten op. Ook is de ontwikkeling van een wolkbrand, om dezelfde reden als bij bovengrondse druktanks, niet beschouwd. De resterende effecten voor falende ondergrondse druktanks zijn warmtestraling door plasbrand en overdruk door gaswolkexplosies. Hoewel de kans op het (instantaan) falen van een ondergrondse opslagtank klein is en het scenario dat de tankinhoud in 10 minuten vrijkomt meer voor de hand ligt, zijn de effectafstanden van het scenario instantaan falen meegenomen (deze effectafstanden zijn overigens niet veel groter dan de effectafstanden van het 10 minutenscenario).

Dit betekent dat de effectafstanden die optreden naar aanleiding van een gaswolkexplosie of een plasbrand als gevolg van het instantaan falen van een bovengrondse of een ondergrondse druktank in dit domino-instrument gelijk zijn. De maximale domino-afstanden wijken, bij kleinere stofhoeveelheden, wel af, omdat de effecten van barsten, fragmenten en een BLEVE bij een ondergrondse druktank niet optreden.

Atmosferische opslag van vloeistoffen (DA-tabel 2)

De categorie atmosferische vaten omvat de stationaire vaten voor de atmosferische opslag van brandbare vloeistoffen bij omgevingstemperatuur conform het Paarse Boek [2] worden verschillende typen vaten onderscheiden.

Het beschouwde ongevalsscenario betreft catastrofaal falen gevolgd door plasbrand of gaswolkexplosie. Catastrofaal falen betreft niet alleen instantaan falen (G.1), maar ook grote lekken (G.2=uitstroming tankinhoud in 10 minuten) [2]. Bij catastrofaal falen komt afhankelijk van het tanktype de gehele inhoud van de tank in de atmosfeer (G.1a, G.2a) dan wel in een secundaire container vrij (G.1b, G.2b). Bij vrijkomen in de atmosfeer is sprake van een vrij spreidende plas of een begrensde plas. Een tot de tankput begrensde plas wordt beschouwd indien de opslagtank in een tankput is geplaatst (overtopping van de tankput wordt vooralsnog niet beschouwd).

Bij vertraagde ontsteking treedt het effect explosie en wolkbrand gevolgd door plasbrand op. Een gaswolkexplosie wordt bij uitstroming en verdamping van een atmosferische, niet-gekoelde vloeistof in een secundaire tank (G.1b + G.2b) vanwege het beperkte verdampend oppervlak niet mogelijk geacht.

Bij uitstroming in de atmosfeer (G.1a + G.2a) is in principe een vrij grote plas mogelijk. Door verdamping ontstaat een gaswolk met mogelijk een concentratie groter dan de LFL-concentratie en voldoende explosieve massa in de wolk (>100 kg.). De vluchtigheid van de vloeistof (dampspanning) en het plasoppervlak zijn bepalend. Indien de uitstroming plaatsvindt in een tankerpark zal conform [10, diverse EVR-en] sprake zijn van voldoende opsluiting van de gaswolk dat een explosie niet is uit te sluiten.

In tabel 1 is aangegeven welke scenario's volgens het Paarse Boek [2] mogelijk zijn bij de onderscheiden tanktypen. Opgemerkt wordt dat in het Paarse Boek [2] is aangegeven dat de waarschijnlijkheid dat deze scenario's bij de onderscheiden tanks optreden nogal uiteen kan lopen. Voor ondergrondse atmosferische tanks zijn geen scenario's beschouwd in het domino-instrument. Voor al de overige tanktypen is het scenario G.1a + G.2a beschouwd.

Type tank	G.1a + G.2a	G.1b + G.2b
Enkelwandig (fixed roof)	X	-
Enkelwandig (floating roof)	X	-
Tank met beschermwand	X	X
Double containment	X	X
Membraantank	X	X
Ondergronds	-	X
Ingeterpt	X	-

Tabel 1 Bij onderscheiden tanktypen onderscheiden scenario's.

De ongevalseffecten boilover en fragmenten worden niet beschouwd. Uit de casuïstiek van ongevallen blijkt dat bij brandende (of bij brand betrokken) opslagtanks met sommige brandbare vloeistoffen een boil-over mogelijk is. Onder een boil-over wordt verstaan de plotselinge en heftige uitworp van brandende vloeistof uit een reeds in brand staande of aan warmtestraling blootgestelde atmosferische opslagtank. De uitworp wordt veroorzaakt door het plotselinge koken van een tweede fase (meestal water), die een lager kookpunt maar een hogere dichtheid heeft dan de eerste fase en zich derhalve onder in de tank bevindt. De uitworp gaat gepaard met een vuurbal en de verspreiding van brandende vloeistof in de omgeving van de tank. Boil-over treedt pas naar verloop van tijd (ordegrootte van uren, dagen) op. Boil-over is mogelijk door een tweetal mechanismen, zie [12, 13], "heat-wave" en "heat-conduction" (hier wordt in [14] ook wel over frothover i.p.v. boil-over gesproken). In het Gele en Paarse Boek zijn geen modellen of scenario's voor het effect boil-over opgenomen. De effecten van de vuurbal worden in [1] als kortdurend aangemerkt. In [1] wordt derhalve boil-over gemodelleerd als een plasbrand van roetend brandende koolwaterstoffen. De diameter van de plasbrand wordt in [1], op basis van een analyse van plaatsgevonden ongevallen, vast op 200 meter gesteld. In het domino-instrument wordt om bovenstaande reden en omdat reeds een tankputbrand-scenario wordt beschouwd vooralsnog geen afzonderlijk boil-over scenario beschouwd. Onderkend wordt dat ook bij atmosferische opslagtanks in geval van tankexplosies fragmenten gevormd kunnen worden, zie de voorbeelden in [7, pag. 17.209]. Voor atmosferische opslagtanks wordt in [1] ten aanzien van de verspreiding van fragmenten gesteld dat 80% binnen 100 meter en 100% binnen 300 meter terrecht komt. Aantallen fragmenten worden niet gegeven. Vooralsnog wordt om deze reden de ongevalsontwikkeling fragmenten in het domino-instrument niet beschouwd.

Cryogene opslag (tot vloeistof gekoelde gassen, DA-tabel 3)

De categorie cryogene vaten omvat de stationaire vaten voor de atmosferische opslag van tot vloeistof gekoelde brandbare gassen (cryogene opslag van bijvoorbeeld propaan of LNG). Verschillende typen vaten kunnen worden onderscheiden. In principe worden in het Paarse Boek [2] vergelijkbare scenario's als bij een atmosferische opslag onderscheiden. In het domino-instrument wordt het scenario G.1a (instantaan vrijkomen tankinhoud in atmosfeer) beschouwd.

Een cryogene opslag vergt wat de scenario's (G1.b, G.2b) betreft een zeer specifieke analyse. Bij uitstroming in een omhullende wand wordt de verdamping bijvoorbeeld bepaald door zowel de buitenwand van de opslagtank als de omhullende wand. Een gedetailleerde analyse en bepaling van de dampbronsterkte zal in voorkomende gevallen in het VR zijn gemaakt.

Bij cryogene opslag vindt geen boil-over plaats. Vooralsnog wordt de ongevalsontwikkeling fragmenten in het domino-instrument voor cryogene vaten niet beschouwd.

Overslag en transportmiddelen in de inrichting (DA-tabellen 4-6)

Overzicht te beschouwen scenario's volgens het Paarse Boek [2]

De beschouwde activiteit betreft de overslag van en naar transportmiddelen en de aanwezigheid van deze transportmiddelen in de inrichting. De overslag kan tankwagens (weg), ketelwagens (spoor) en schepen betreffen. De stoffen betreffen brandbare vloeistoffen en brandbare tot vloeistof verdichte gassen.

De beschouwde ongevalsscenario's voor tankwagens en spoorketelwagens betreffen:

- intrinsiek falen (G.1)
- falen grootste (vloeistof)aansluiting (G.2) tijdens het verblijf in de inrichting
- full bore-breuk van de overslagverbinding (L.1a-laadslang of L.1b-laadarm)
- brand (S.1)

Externe impact-scenario's (botsingen, rangeren, etc) worden bij tankwagens en ketelwagens in het domino-instrument op voorhand niet beschouwd.

De beschouwde ongevalsscenario's voor schepen betreffen:

- full bore-breuk van de overslagverbinding (L.1-laadarm)
- external impact

External impact, dat wil zeggen lekwaren van het aangemeerde schip, resulteert in een scheepstype afhankelijke grote (E1) of een kleine lozing (E2) gedurende 30 minuten, zie tabel 2. Bij gastankers betreft het twee-fasen uitstroming uit een 3"-gat (E1) of een 6"-gat (E2) in een 180 m³ tank.

Type schip	E1-Kleine spill [m ³]	E2-Grote spill [m ³]
Gastanker	90	180
Semi-gastanker	32	126
Enkelwandig vloeistof	30	75
Dubbelwandig vloeistof	20	75

Tabel 2 Lozingen bij external impact van schepen

De uitstromingsduur bij breuk van de overslagverbinding wordt bepaald door de inbloevoorzieningen (afhankelijk van de uitvoering worden tijden van 2, 10 of 30 minuten aangehouden). In het Parse Boek [2] worden navolgende inbloksystemen onderscheiden:

- volautomatisch gasdetectie- en inbloksysteem (2 minuten uitstroming)
- gasdetectie en op afstand bedienbare afsluiters (10 minuten uitstroming)
- gasdetectie en ter plaatse bedienbare afsluiters (30 minuten uitstroming)

De systeemreactie beperkt bij vloeistoffen de totaal uitstromende hoeveelheid en daarmee het plasoppervlak. Bij tot vloeistof verdichte gassen heeft de systeemreactie in het domino-instrument geen invloed op de bepaling van de domino-afstanden. De primaire ongevallen betreffen brandbare stoffen. Als vervolgebeurtenis wordt alleen het gaswolkexplosie beschouwd (de effecten van een fakkel zijn wel beschouwd, maar zijn niet relevant in het kader van domino-effecten).

Beschouwde scenario's en overzicht vereenvoudigingen

Als vereenvoudiging is bij de bepaling van de domino-afstanden uitgegaan van de in tabel 3 vermelde karakteristieke hoeveelheden voor tankinhouden, overslagdebiet en maximale plasoppervlakte.

Type transportmiddel	Inhoud [ton]	Overslagdebiet [m ³ /uur]	Plasoppervlakte [m ²]
Tankauto	20	-	1200
Spoorketelwagen	50	-	600
Schip (compartiment)	-	300	5000
Zeeschip (crude-oil)	-	4000	10000

Tabel 3 Standaardinhouden en overslagdebieten van transportmiddelen

Daarnaast is het aantal te beschouwen scenario's en vervolggebeurtenissen gereduceerd. Eén en ander wordt in het navolgende toegelicht.

Weg/spoor-druk (DA-tabel 4)

In het domino-instrument wordt uitsluitend het scenario instantaan falen (G.1) beschouwd. De beschouwde ongevalsontwikkelingen en de berekening van domino-afstanden zijn identiek aan die bij stationaire drukvaten.

Schip-druk (DA-tabel 5)

In het domino-instrument wordt uitsluitend het scenario breuk van de overslagverbinding L.1 beschouwd. Bij een dergelijke continue uitstroming zal een deel van de uitstromende hoeveelheid tot vloeistof verdicht gas eveneens kunnen uitregenen. Conservatief wordt echter verondersteld dat via verdamping deze fractie weer onmiddellijk in de gaswolk wordt opgenomen. De beschouwde ongevalsontwikkelingen betreffen fakkelbrand en gaswolkexplosie. Het effect fakkelbrand is uiteindelijk niet in de domino-afstandentabel opgenomen omdat de effectafstanden relatief klein zijn ten opzichte van de effectafstanden die worden veroorzaakt door een gaswolkexplosie.

In het domino-instrument is de massastroom bepaald door een uitstroming gedurende 10 minuten met het overslagdebiet te veronderstellen.

Weg/spoor-atmosferisch (DA-tabel 6)

Uit berekeningen is geconcludeerd dat bij vrijkomen van brandbare vloeistoffen uit een tankauto of een spoorketelwagon uitsluitend het effect plasbrand hoeft te worden beschouwd. Bij de plasoppervlakken die volgens [2, transportdeel] mogelijk zijn (zie tabel 3) is er in de meeste gevallen geen brandbare wolk buiten de vloeistofplas.

Op grond van het bovenstaande is in het domino-instrument uitsluitend het scenario intrinsiek (instantaan) falen van de tankauto of de spoorketelwagon (G.1) beschouwd en daaropvolgend plasbrand.

Schip-atmosferisch (DA-tabel 6)

In het domino-instrument wordt uitsluitend het scenario breuk van de overslagverbinding L.1 beschouwd. De beschouwde ongevalsontwikkeling betreft plasbrand. Explosie van door uitstroming op en verdamping vanaf water gevormde gaswolken wordt niet mogelijk geacht (geen opgesloten gaswolk).

De volgens het Paarse Boek [2] te beschouwen scenario's zijn FB-breuk van de overslagverbinding en (eventueel) lekken van het aangemeerde schip. De mogelijkheid van lekken van het schip zal in het VR zijn aangegeven. Dit is uitsluitend het geval bij aan drukke vaarwegen of havenkommen gelegen ligplaatsen. Breuk van de overslagverbinding (L.1) is het meest waarschijnlijk scenario. Veelal wordt de uitstroming gelijk verondersteld aan het overslagdebiet gedurende een aan de systeemreactie gerelateerde uitstroomduur. In verschillende EVR-en wordt voor tankschepen (binnenvaart) een overslagdebiet van 300 m³/uur aangehouden. Voor crude-tankers (zeevaart) is het overslagdebiet circa 4000 m³/uur per arm, overslag kan via meerdere armen tegelijk plaatsvinden. In het IDE is een uitstromingsduur van 10 minuten verondersteld (in verschillende EVR-en wordt een kortere uitstromingsduur verondersteld). In alle gevallen wordt uitstroming op water verondersteld. De uitstroming resulteert in een vrij spreidende plas.

Zowel de verdamping, het eventueel oplossen van de stof en de aanwezigheid van fysieke begrenzingen beperken het maximale plasoppervlak. Bij de bepaling van het plasoppervlak is (conservatief) een minimale laagdikte van 0.01 meter verondersteld. Met het eventueel oplossen van de stof in water wordt geen rekening gehouden. Het veronderstellen van evenwicht tussen verdamping en uitstroming geeft een kleiner plasoppervlak. Het maximale plasoppervlak is in verschillende EVR-en gesteld op 10.000 m².

Stukgoedopslag gascylinders (DA-tabel 7)

De beschouwde activiteit betreft de opslag van gascylinders in grotere aantallen. Het beschouwde ongevalsscenario betreft het gelijktijdig falen van cilinders ten gevolge van brand (S.1), waarbij fragmenten van de cilinders in de omgeving vrijkomen. Het falen van individuele verpakkingen en brandoverslag door "verspreiding" van cilinders wordt niet beschouwd.

Stukgoedopslag CPR-15 (DA-tabel 8)

De beschouwde activiteit betreft de opslag van gevaarlijke stoffen in emballage. Het beschouwde ongevalsscenario betreft een (grote ontwikkelde) brand (S.1).

Het beschouwde effect betreft warmtestraling. Het falen van individuele verpakkingen wordt niet beschouwd. Brandoverslag door "verspreiding" van individuele verpakkingen (spuitbussen, drums, etc) of via tussenliggende begroeiing wordt niet beschouwd.

Opslag explosieven/vuurwerk (DA-tabellen 9a, 9b en 10a-10c)

De beschouwde ongevalsscenario's betreffen (massa-)explosie (G.1 voor Klasse 1.1 en 1.2 explosieven en professioneel vuurwerk) en (massa)brand (G.2 voor Klasse 1.3 en 1.4 explosieven en professioneel vuurwerk en voor consumentenvuurwerk). De massa-explosie bij Klasse 1.1 explosieven omvat de gehele opslag, bij Klasse 1.2 wordt uitgegaan van deelexplosies van 0.1 maal de opgeslagen hoeveelheid.

Bij (massa-)explosies worden de ongevalseffecten "piekoverdruk" en "fragmenten" beschouwd. De warmtestraling is kortdurend.

In voorkomende gevallen kan een nadere analyse van de mogelijkheid van sympatische reacties tussen dicht bij elkaar gelegen opslagen van explosieven aan de orde zijn. In voorkomende gevallen zal een dergelijke analyse in het VR zijn uitgevoerd.

2. Kwetsbaarheidscriteria

In deze paragraaf wordt de bij de bepaling van domino-afstanden gehanteerde effectcriteria voor falen toegelicht.

Explosieschade wordt gerelateerd aan piekoverdruk

De effecten van explosies uiten zich door drukgolven, (eventueel) hittestraling en door scherfwerking. De optredende warmtestraling bij BLEVE en detonatie van Klasse 1.1 en 1.2 explosieven is te kortdurend om schade leidend tot catastrofaal falen te veroorzaken. De schade aan een constructie door drukgolven wordt bepaald door de combinatie van piek(over)druk en de positieve faseduur van de druk- of schokgolf en de dynamische sterkte van een constructie. Het uitvoeren van een gedetailleerde analyse per object valt buiten de scope van het domino-instrument. In het domino-instrument is het optreden van een bepaalde schade door explosies uitsluitend gerelateerd aan de piekoverdruk.

Langdurig vlamcontact en warmtestraling

In geval van branden is verondersteld dat uitsluitend door langdurig direct vlamcontact en langdurige warmtestraling schade aan constructies kan ontstaan. Er wordt derhalve bij een BLEVE vanwege de kortstondige duur van de warmtestraling geen schade aan installaties verwacht buiten de afstand waarbij direct vlamcontact mogelijk is (de vuurbalstraal). In het domino-instrument wordt wolkbrand op zich niet beschouwd als een domino-ongevallen veroorzakend effect bij installaties. Door terugbranden van de gaswolk naar de bron kan een fakkelbrand (of plasbrand) ontstaan, waarvan de effecten wel worden beschouwd. In het domino-instrument is het optreden van een bepaalde mate van schade verder uitsluitend gerelateerd aan de stralingsintensiteit [kW/m^2].

Fragmenten

In [4] is een review gegeven van de literatuur met betrekking tot impact schade en penetratie van (druk)vaten en leidingen door fragmenten. In het domino-instrument is een pragmatische benadering gevolgd. Enerzijds omdat de karakteristieken van de fragmenten (massa, snelheid, vorm) die bij de onderscheiden explosies gevormd kunnen worden nogal verschillen, anderzijds past een gedetailleerde analyse niet in globale analyse als het domino-instrument. In het domino-instrument wordt conservatief verondersteld dat ieder fragment dat gevormd wordt bij een explosie van een drukvat of gascylinder en een kwetsbare installatie treft, leidt tot falen van deze installatie. Voor explosieven worden in het domino-instrument indicatieve afstanden gehanteerd.

Literatuuroverzicht effect-schadecriteria

In [4] is voor warmtestraling en explosie piekoverdruk een overzicht van in de literatuur aanbevolen effect-schadecriteria gegeven voor verschillende typen systemen. In [7] is eveneens een overzicht opgenomen [overdruk: pg. 17.200; warmtestraling pg.16.260 en pg. 22.27]. In tabel 4 is een overzicht van de verwachte schade bij bepaalde piekoverdrukken gegeven [27]. De in [1, 4] gehanteerde effectcriteria zijn vermeld in tabel 5 en tabel 6. Er is in [1] een onderscheid gemaakt tussen thermisch beschermde en thermisch onbeschermde installaties. Beschermde installaties zijn beveiligd middels waterschermen, deluge-systemen, stralingsschermen, isolatie, etc. In [18] is een onderscheid gemaakt tussen explosiebestendige (falen bij piekoverdruk 0.3 bar) en niet-explosiebestendige gebouwen en installaties (falen bij 0.1 bar). Voor alle typen explosies en systemen wordt in [1] als criterium een piekoverdruk van 0.16 bar aangehouden (lower limit for severe damage to structures).

Schade	Overdruk [bar]
5 % window shattering	0.005
50 % window shattering	0.02
Collapse of roof of a tank	0.07
Connection failure of corrugated panelling	0.07-0.14
Minor damage of steel framework	0.08-0.1
Wall of concrete blocks shattered	0.15-0.2
Collapse of steel framework	0.2
Collapse of self-framing steel panel building	0.2-0.3
Ripping of empty oil tanks	0.2-0.3
Small deformations on pipe bridge	0.2-0.3
Big trees topple over	0.2-0.4
Panelling torn off	0.3
Displacement of pipe bridge, failure of piping	0.35-0.4
Damage to distillation columns	0.35-0.8
Collapse of pipe bridge	0.4-0.55
Loaded train wagons overturned	0.5
Brick wall (0.2-0.3 m thick) shattered	0.5
Movement of round tank, failure of connecting piping	0.5-1.0

Tabel 4 Verwachte explosieschade als functie van piekoverdruk [27]

Equipment-type	Criterium falen- HSE-[4] Warmtestraling [kW/m ²]	Devosalle [1] Onbeschermd	Devosalle [1] Beschermd
Drukvat	37.5	8	44
Atmosferisch vat	37.5	8	32
Cryogeen vat		8	32
Leidingen	37.5		
Process equipment		8	32
Verlading equipment		8	
Vaten/leidingen (water deluged)	-		
Gebouwen	12.5		
Control room	25		

Tabel 5 Gehanteerde effect-criteria voor warmtestraling [1, 4]

Equipment-type	Criterium falen HSE [4], overdruk [bar]	
	Catastrofaal	Gedeeltelijk
Drukvat	0.48	0.38
Atmosferisch vat (fixed roof)	0.21	0.07
Atmosferisch vat (floating roof)	0.45	0.45
Leidingen	0.4	0.24
Gebouw	0.07	0.01
Control building	Afh. Ontwerp	Afh. Ontwerp

Tabel 6 Gehanteerde effect-criteria voor overdruk [4]

In domino-instrument gehanteerde kwetsbaarheidscriteria

In het domino-instrument is het noodzakelijk de te hanteren effectcriteria zodanig te kiezen dat deze corresponderen met de in het Paarse Boek onderscheiden ongevalsscenario's voor catastrofaal falen. De gekozen criteria zijn gegeven in tabel 7. Een aantal typen opslagvaten zijn als niet kwetsbaar voor fragmenten aan te merken. Het betreft double containment, full containment, membraan, ondergrondse en ingeterpte tanks. De kwetsbaarheid voor fragmenten van explosievenopslagen en cryogene opslagtanks dient specifiek te worden onderzocht. Ondergrondse en ingeterpte tanks zijn niet kwetsbaar voor warmtestraling en overdruk.

Equipmenttypes	Overdruk [bar]	Warmtestraling [kW/m ²]		Kwetsbaar voor fragmenten? J/N
		Beschermd	Onbeschermd	
Drukopslag				
Bovengronds	0.45	37.5	8	J
Ondergronds/ingeterpt	-	-	-	N
Procesinstallaties en reactoren (druk)	0.45	37.5	8	J
Atmosferische en cryogene opslag				
Enkelwandig (fixed roof)	0.2	37.5		J
Enkelwandig (floating roof)	0.3	37.5	8	J
Met beschermwand	0.2	37.5	8	J
Double containment	0.3	37.5	-	N
Full containment	0.3	37.5	-	N
Membraantank	0.3	37.5	-	N
Ondergronds	-	-	-	N
Ingeterpt	-	-	-	N
Cryogene opslag	0.3	37.5	-	J
Transportleidingen (bovengronds)	0.45	37.5	8	J
Overslag en transportmiddelen				
Weg-druk	0.45	37.5	8	J
Weg-atmosferisch	0.2	37.5	8	J
Spoor-druk	0.45	37.5	8	J
Spoor-atmosferisch	0.2	37.5	8	J
Schepen-druk	0.45	37.5	8	J
Gastanker	0.45	37.5	8	J
Semi-gastanker	0.45	37.5	8	J
Schepen-atmosferisch	0.2	37.5	8	J
Enkelwandig	0.2	37.5	8	J
Dubbelwandig	0.2	37.5	8	J
Opslaggebouw (stukgoed-opslag CPR-15)	0.1(*)	8		J
Gasflessen/cylindropslag	0.45	8		J
Opslag explosieven	Specifiek	specifiek		J/N
Controlegebouwen (beschermd)	0.3 (0.7-0.3)	25		
Gebouwen (onbeschermd)	0.1	8 (4-15)		
Personen (onbeschermd)	0.1	3 (1.5-5)		

(*) Uitgangspunt: bij 0.1 bar overdruk faalt het CPR15-opslaggebouw en ontstaat er een brand

Tabel 7 In domino-instrument gehanteerde faalcriteria voor overdruk en warmtestraling

Ter beoordeling van mogelijke loss of control-ongevallen zijn in tabel 7 tevens schadecriteria voor controlegebouwen, gebouwen en personen opgenomen.

In geval van een incident dienen de noodzakelijke meet-, regel- en voedingssystemen beschikbaar en bedienbaar te blijven. De nog regelbare procesinstallaties dienen op een zo veilig mogelijke wijze uit bedrijf genomen te kunnen worden. De voor de bestrijding van incidenten aanwezige voorzieningen moeten beschikbaar blijven. Het controlegebouw mag bij incidenten buiten het gebouw geen extra gevaar vormen voor de daarin verblijvende personen. Dit stelt eisen aan de explosiebestendigheid, de brandwerendheid en warmte-isolatie, het ventilatievoud en de aanwezigheid van veilige vluchtroutes. De explosiebestendigheid van een controlegebouw is afhankelijk van het ontwerp van het gebouw. De brandwerendheid en warmte-isolatie van een het gebouw dienen zodanig te worden gekozen, dat de in het gebouw aanwezige personen nog ruimschoots de tijd hebben om een aantal handelingen te verrichten (alarm geven, brandbestrijdingssystemen activeren, processen veilig stellen, enz.) alvorens het gebouw te verlaten. De warmte-isolatie is zodanig dat na een half uur de temperatuur in het gebouw niet meer dan 10°C is gestegen. Vooral bescherming tegen continue toxische bronnen is van belang. Voor een gesloten gebouw is uit te gaan van een ventilatievoud van 1/25 per uur (het normale ventilatievoud van een gebouw is circa 1 maal per uur).

Bij personen is ervan uitgegaan dat hulpverleningsacties (emergency-operations) in de open lucht op een veilige wijze dienen te kunnen worden uitgevoerd.

3. Gehanteerde rekenmodellen bij de bepaling van domino-afstanden

De domino-ongevallen veroorzakende effecten betreffen brand, explosie en fragmenten. In het navolgende worden de gehanteerde rekenmodellen en de keuzes toegelicht. Bij elk effect wordt gerefereerd naar de domino-afstandentabel(len) waarin het effect is gekwantificeerd in domino-afstanden.

3.1. Brand (DA-tabellen 1-4, 6, 8, 10a-10c)

Naar hun verschijningsvorm zijn de volgende typen branden te onderscheiden:

- Plasbrand
- Fakkelfbrand
- Vuurbal-BLEVE
- Brand stukgoedopslag
 - Klasse 1.3 explosieven
 - CPR15, opslag Klasse 1.4 explosieven en Klasse 1.4 professioneel vuurwerk en verpakt consumentenvuurwerk
 - onverpakt consumentenvuurwerk
- Vrije gaswolkbrand (flash-fire)

Plasbrand (DA-tabellen 1-4 en 6)

Een plasbrand ontstaat bij ontsteking van een brandbare vloeistofplas. Een vloeistofplas wordt gevormd bij uitstroming van een brandbare vloeistof, echter ook bij uitstroming van een tot vloeistof verdicht gas met een relatief hoog kookpunt (lage flash-fractie). In geval van vertraagde ontsteking zal de door verdamping gevormde gaswolk terugbranden naar de bron en zal eveneens een plasbrand het gevolg zijn. In de berekeningen van de domino-afstanden is uitgegaan van weerklasse D5.

Plasbrand na vrijkomen van brandbare vloeistoffen

Toegepast is het model uit [6], waarin de plasbrand is gemodelleerd als een scheefstaande cilinder. In essentie is daarbij uitgegaan van de relaties voor vlamhoogte, vlamafbuiging en "flamedrag" vermeld in het Gele boek.

Een belangrijk invoergegeven van het model betreft de stralingssterkte E van de plasbrand. Deze wordt bepaald door de stof maar ook door de maximale diameter van de plasbrand. In de bepaling van de domino-afstanden is uitgegaan van roetend brandende vloeistoffen. De gekozen voorbeeldstof voor roetend brandende vloeistoffen is benzine.

De omvang van de vloeistofplas wordt gegeven door de equivalente plasdiameter D_{eq} . Bij een niet vrij spreidende plas wordt D_{eq} gegeven door de tankdiameter, dan wel het tankputoppervlak (laad/losplaats).

$$\pi \cdot D_{eq}^2 = 4 \cdot (\text{Oppervlak})$$

Bij een vrij-spreidende plas op land en water wordt D_{eq} uitstroming berekend uit het volume van de vloeistof in de plas en een veronderstelde minimale laagdikte H_{min} . In de berekeningen is uitgegaan van $H_{min} = 0.01$ meter. Het effect van uitstromingsduur en verdamping (voor en tijdens de brand) op de spreiding van de plas wordt (conservatief) verwaarloosd.

$$D_{eq} = 2 * \sqrt{(Volume/H_{min} * \pi)}$$

Bij overslag wordt het volume voor niet-kokende vloeistoffen in principe berekend uit het overslagdebiet gedurende 10 minuten. Defaultwaarden voor scheepsverladingen zijn gegeven in tabel 3 van deze bijlage.

Voor bepaalde scenario's zijn maximale plasoppervlakken aangehouden. Voor vrij spreidende plassen wordt aangenomen dat in de praktijk het plasoppervlak nooit groter wordt dan 10.000 m². Een en ander is in paragraaf 1.2 van deze bijlage toegelicht.

Plasbrand na vrijkomen van tot vloeistof verdichte of gekoelde gassen

Toegepast is Phast versie 6.1 [5]. Bij tot *vloeistof verdichte gassen* wordt het maximale volume gegeven door het vrijkomend volume minus de fractie die direct in de gaswolk terecht komt. Deze fractie is gegeven in tabel 8. De resulterende vloeistofplas is gedurende een beperkte tijd aanwezig. Een begrenzing van de plas (tankput) wordt niet verondersteld, wel wordt er, net als bij het vrijkomen van atmosferisch opgeslagen vloeistoffen, van uitgegaan dat in de praktijk het plasoppervlak nooit groter wordt dan 10.000 m².

Categorie	Fractie in wolk	Fractie in plas
GF1-methylmercaptaan	0.10	0.90
GF2-butaan	0.44	0.56
GF3-propaan	1	0

Tabel 8. Fractie vrijkomende massa in wolk en plas voor de voorbeeldstoffen bij tot vloeistof verdichte gassen

Uit deze tabel blijkt dat er bij het vrijkomen van tot vloeistof verdicht propaan geen plasvorming en dus ook geen plasbrand optreedt. Ook bij continue uitstroming van tot vloeistof verdicht gas (overslag en transport) is verondersteld dat geen plasvorming optreedt.

Bij instantaan vrijkomen van de tot *vloeistof gekoelde gassen* butaan en propaan komt meer dan 99% als vloeistof in een plas terecht.

Uitstroming en spreiding van tot vloeistof verdicht of tot vloeistof gekoeld gas op water is vooralsnog niet beschouwd. Volledige verdamping is verondersteld.

Fakkelfbrand (niet opgenomen in een DA-tabel)

Een fakkel ontstaat bij een directe ontsteking van een continue uitstroming uit een drukvat. In geval van vertraagde ontsteking zal een kortdurende wolkbrand optreden, door terugbranden naar de bron zal eveneens een fakkelbrand (en/of plasbrand) ontstaan.

Het aanbevolen fakkelmodel uit het Gele Boek, TRC-model, geldt uitsluitend voor gasuitstroming. Voor een horizontale uitstroming (nabij grond) wordt geen model gegeven. De viewfactorberekening van TRC-model is niet gedocumenteerd in Gele Boek. Om deze reden is gekozen voor de toepassing van een eenvoudig model [21]. In het model in [21] wordt de lengte van de fakkel berekend uit de lengte van de jet volgens [11]. Dit omvat mede de bepaling van de uitstroomcondities en equivalente uitstroomdiameter. De berekende fakkellengtes van het model uit [21] zijn voor verschillende bronsterktes gegeven in tabel 9.

M [kg/s]	Model [21]		
	GF1	GF2	GF3
0.2	5	4	3
0.3	7	6	5
0.8	11	9	7
2.5	19	16	13
3.3	22	19	15
8.3	35	30	23
16.7	49	43	33
33.3	69	61	47
83.3	109	97	74

Tabel 9. Berekende fakkellengtes [m] volgens [21].

Het optreden van een fakkel speelt in het kader van domino-effecten alleen een rol bij breuk van de laad/losarmen bij scheepsverlading. Bij deze gebeurtenis is echter het effect van het optreden van gaswolkexplosie dominant ten opzichte van de effecten van een fakkel. Uitgaande van de gekozen LOC-events die van belang kunnen zijn voor het vaststellen van domino-effecten kan worden geconcludeerd dat de effecten van een fakkel geen rol van betekenis spelen voor het bepalen van domino-afstanden.

Vuurbal-BLEVE (DA-tabellen 1 en 4)

De bepaling van het thermisch effect van een BLEVE omvat verschillende parameters, zoals de vuurbaldiameter D, hoogte H van het centrum van de vuurball, brandduur t van de vuurball en de stralingssterkte E [kW/m²] aan het oppervlak van de vuurball. De stralingssterkte E is via de stralingsfractie F, een functie van de dampdruk P [Pa] van de betreffende stof in het vat op het moment van falen. Uitgegaan is van het model beschreven in het Gele Boek.

Er wordt vanwege de kortstondige duur van de warmtestraling geen schade aan installaties verwacht buiten de afstand waarbij direct vlamcontact mogelijk is (de vuurballstraal).

De straal van de vuurball wordt gegeven door de formule:

$$R = 3.24 * M^{0.325} \quad [m]$$

Brand stukgoedopslag (DA-tabellen 8, 10a-10c)

Klasse 1.3 explosieven (DA-tabel 10a)

Bij brand van 1.3 explosieven zal er vanuit de deuropening van de opslagplaats kortdurend (enkele seconden) een grote warmte-intensiteit optreden als gevolg van de ontsteking van de explosieven. Vervolgens zal de brand doorwoeden met een veel lagere warmte-intensiteit voor de omgeving dan gedurende de eerste seconden. Het is niet eenvoudig om op basis van warmte-intensiteiten (kW/m²) tot domino-afstanden te komen, omdat niet duidelijk is wat de blootstellingsduur is van de verschillende warmte-intensiteiten. Daarom is ervoor gekozen om de veiligheidsafstanden te hanteren die in de NATO-richtlijn [19, Annex I-A; table 3b Q-D table for hazard division 1.3] worden vermeld. Deze afstanden zijn berekend met de formule $3.2Q^{(1/3)}$ [m]. Waarbij de Q de hoeveelheid explosieven is in kg die bij de brand betrokken is. De afstanden gelden voor blootgestelde (omringende) installaties en gebouwen zonder bijzondere beschermingsvoorzieningen.

CPR15, Klasse 1.4 explosieven of verpakt consumenten- vuurwerk) (DA-tabel 8 en 10b)

Bij branden in gebouwen, denk hierbij in dit verband aan CPR15-opslagen met gevaarlijke stoffen, opslagen van 1.4 explosieven en opslagen van verpakt consumenten vuurwerk, worden de gevaren van brandoverslag door de warmtestraling naar belendende gebouwen en installaties bepaald door de straling of de vlammen, die door openingen in de gevels naar buiten treden.

In [8] zijn voor diverse oppervlakken van een opslagplaats en brandbestrijdingssystemen aan te houden afstanden tussen naburige installaties berekend. De minimaal aan te houden afstand is in verband met de bereikbaarheid bij brand 20 meter, de maximale afstand is *circa 30 meter* voor een opslagplaats van 2500 m² (met bedrijfsbrandweer). Uitgangspunt van de berekeningen in [8] is dat de relatieve kans op brand in een buurobject (= kans op brand in buurobject gegeven brand in opslagplaats = faalkans brandbestrijdingssysteem * kans op overslag door straling) kleiner moet zijn $5 \cdot 10^{-3}$. De kans op overslag door straling is 1 bij een warmtestralingsniveau van 15 kW/m² en is 0.01 gesteld bij een warmtestralingsniveau van 4 kW/m². De faalkans van het bestrijdingssysteem bepaald derhalve mede het stralingsniveau waaraan getoetst wordt. De stralingsintensiteit van de bron in de berekeningen bedroeg 50 kW/m². Verder is uitgegaan van een gebouwhoogte van 6 meter. De berekeningen betreffen een vlakke straler (eventuele vlamafbuiging is niet beschouwd, als vlamhoogte is uitgegaan van de gebouwhoogte). Resultaten van een zelfde type berekening zijn gegeven in [9] uitgaande van een stralingsintensiteit van 75 kW/m². Afhankelijk van het geveloppervlak (= gevellengte*gevelhoogte) en het percentage openingen in de gevel, zijn afstanden gegeven tot waarop warmtestralingsniveau's van 10 kW/m² respectievelijk 3 kW/m² kunnen optreden. De resultaten zijn vergelijkbaar.

Een brand in een opslaggebouw met 1.4 explosieven heeft op *10 meter* buiten het gebouw een warmtestraling van maximaal 10 kW/m² [26].

Als domino-afstand voor bewaarplaatsen van verpakt consumentenvuurwerk is de veiligheidsafstand van *20 meter* gekozen, die wordt genoemd in het Vuurwerkbesluit [24, pag. 47]. Deze veiligheidsafstand is de afstand die in acht genomen dient te worden tussen de vuurwerkbewaarplaats en het kwetsbare object.

Als domino-afstand voor een gebouwbrand wordt op basis van het bovenstaande de grootste domino-afstand aangehouden: 30 meter.

Onverpakt consumentenvuurwerk (DA-tabel 10c)

Voor een brand in een opslaggebouw met *onverpakt* consumentenvuurwerk zijn de veiligheidsafstanden overgenomen, zoals deze zijn vermeld in het Vuurwerkbesluit [24, pag. 47]. Hierbij zijn de voorwaartse veiligheidsafstanden tot kwetsbare objecten voor verschillende hoeveelheden opgeslagen consumentenvuurwerk (variërend van 0 tot 5000 kg) genomen.

Vrije gaswolkbrand (niet opgenomen in een domino-afstandentabel)

In geval van vertraagde ontsteking van gaswolk zal naast de mogelijkheid van een explosie een kortdurende wolkbrand optreden. Door terugbranden naar de bron zal vervolgens een fakkelbrand (of plasbrand) kunnen ontstaan.

In het domino-instrument wordt wolkbrand niet beschouwd als een domino-ongevallen veroorzakend effect bij installaties.

3.2. Explosie (DA-tabellen 1-5, 9a en 9b)

Bij een explosie komt een grote hoeveelheid energie vrij in een kort tijdsbestek. De belangrijkste vormen waarin deze energie vrijkomt zijn (eventueel) hittestraling (zie voorgaande paragrafen), drukverhoging en weggeslingerde fragmenten. In het domino-instrument is alleen drukverhoging en fragmenten beschouwd. De optredende warmtestraling is te kortdurend.

De schade aan een constructie wordt bepaald door de combinatie van piek(over)druk en de positieve fase-duur van de druk- of schokgolf en de dynamische sterkte van een constructie. In het domino-instrument is het optreden van een bepaalde mate van schade uitsluitend gerelateerd aan de piekoverdruk.

Bij de berekening van piekoverdrukken zijn de volgende typen explosies onderscheiden:

- Barsten drukvat
- Gaswolkexplosie
- Detonatie van ontplofbare stoffen

Barsten drukvat (DA-tabellen 1 en 4)

Te onderscheiden zijn drukvaten:

- Gevuld met tot vloeistof verdicht gas (vloeistof/damp).
- Uitsluitend gevuld met samengeperst gas.

Drukvat-tot vloeistof verdicht gas

Bij de berekening van piekoverdrukken is het model uit het oude Gele Boek [11] toegepast. In dit model is de geschaalde piekoverdruk als functie van de geschaalde afstand [$r' = R / (2 \cdot M)^{1/3}$] voor verschillende waarden van de oververhitting ΔT (vloeistoftemperatuur bij barsten minus het atmosferisch kookpunt van de vloeistof) gegeven.

Piekoverdruk [bar]	Relatie tussen r' en ΔT Bij piekoverdruk
0.1	$r' = 0.0796 \cdot \Delta T^{0.8117}$
0.2	$r' = 0.0974 \cdot \Delta T^{0.6532}$
0.3	$r' = 0.0958 \cdot \Delta T^{0.5867}$
0.45	$r' = 0.0431 \cdot \Delta T^{0.7123}$

Tabel10. Geschaalde afstand voor piekoverdrukken als functie van de oververhitting.

Er is nagegaan of toepassing van het nieuwe Gele Boek tot grote afwijkingen leidt. Voor overdrukken tussen de 0.05 en 1 bar blijken er nauwelijks verschillen te zijn tussen de twee modellen, zodat de rekenresultaten met het model uit het oude Gele Boek zijn gehandhaafd.

Bij het bepalen van de domino-afstanden is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- De druk bij falen bij tot vloeistof verdicht gas is gelijk aan $1.21 \cdot P_{\text{svp}}(T = 308 \text{ K})$. De oververhitting is te bepalen door te veronderstellen dat de vloeistoftemperatuur overeenkomt met de evenwichtdampdruk = faaldruk (zie tabel 13).
- Uitgegaan is van de maximale vullingsgraad (overdruk wordt bepaald door de explosieve verdamping van de vloeistoffractie en niet door de expansie van de in de tank aanwezige gas-dampfase).

Drukvat-samengeperst gas

Deze categorie stoffen wordt vooralsnog niet beschouwd.

Gaswolkexplosie (DA-tabellen 1-5)

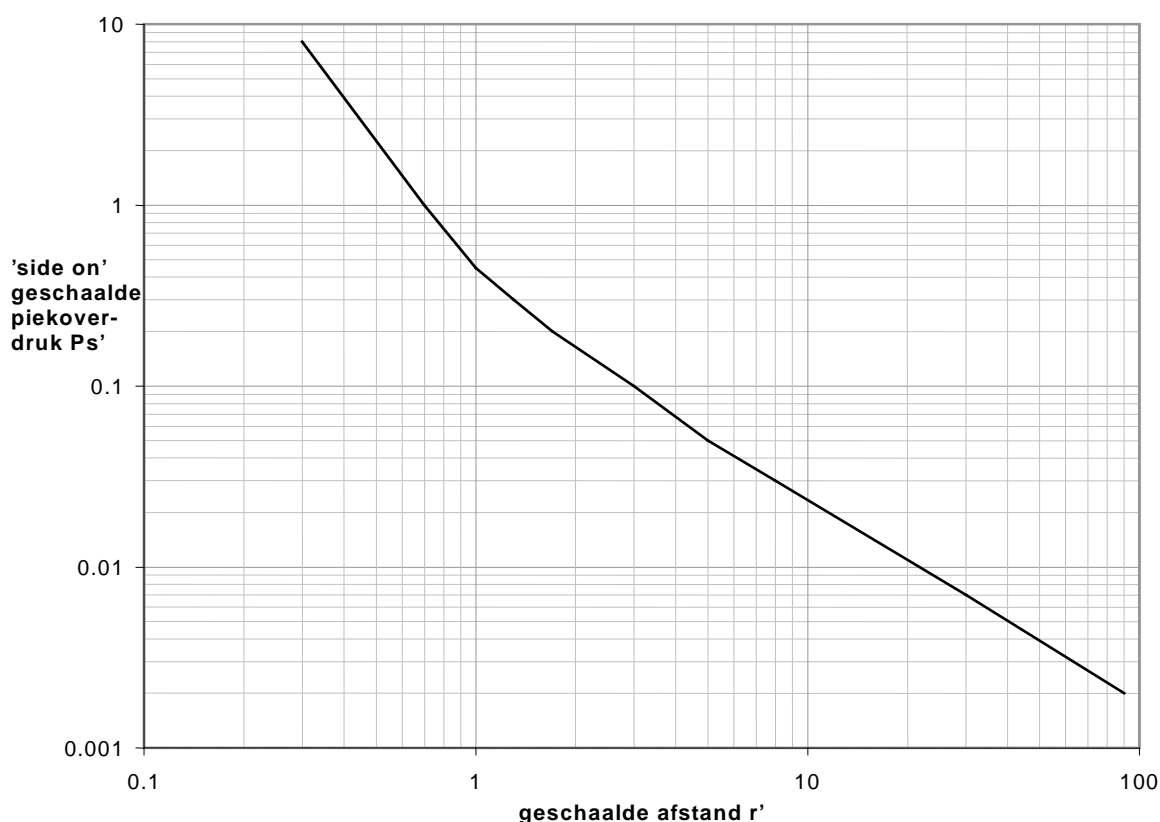
Bij verbranding van een vertraagd ontstoken gaswolk ontstaan alleen drukgolven als de gaswolk in meer of mindere mate opgesloten is. Bij uitstroming op land (tankenpark) wordt verondersteld dat aan deze conditie is voldaan. Bij uitstromingen op water is geen sprake van opgesloten gaswolven.

Het fenomeen gaswolkexplosie treedt na een LOC-event op nadat zich 2 processen hebben afgespeeld:

- Vorming en dispersie van een gaswolk
- Explosieve ontsteking van de gaswolk

In het domino-instrument is voor de vorming en dispersie van een brandbare gaswolk door vrijkomen van brandbare vloeistoffen uit een *atmosferisch insluitsysteem* (opslag/procesinstallatie/overslag/transport) gebruik gemaakt van het dispersiemodel van AVIV [21]. Voor de vorming en dispersie van een brandbare gaswolk door vrijkomen van brandbare vloeistoffen uit een *gekoeld of onder druk staand insluitsysteem* (opslag/procesinstallatie/overslag/transport) is gebruik gemaakt van het dispersiemodel van Phast 6.1 [5].

Vervolgens is de (side-on) piekoverdruk P die optreedt na ontsteking van de gedispergeerde gaswolk in beide situaties berekend met de multi-energie-methode, confined strenght Klasse 10 (fig. 2). De piekoverdruk P [Pa] is als functie van de afstand R [m] en de beschikbare explosie-energie E [J] ($= M_{\text{wolk}} * H_c$) in geschaalde grootheden weergegeven in figuur 2 waarbij de geschaalde piekoverdruk is $P_s = P/P_a$, met $P_a =$ de omgevingsdruk [Pa] en de geschaalde afstand is $r' = R/(E/P_a)^{1/3}$.



Figuur 2. Piekoverdruk als functie van de afstand bij een gaswolkexplosie [10, pag. 5.33, fig. 5.8a curve 10)

Piekoverdruk [bar]	Relatie tussen R en M bij piekoverdruk
0.1	$R = 23.158 * M^{0.3333}$
0.2	$R = 13.123 * M^{0.3333}$
0.3	$R = 10.035 * M^{0.3333}$
0.45	$R = 7.7194 * M^{0.3333}$

Tabel 11. Domino-afstand bij piekoverdruk voor massa M in kg (voor H_c is $4.6 \cdot 10^7$ J/kg)

Bepaling explosiecentrum en explosie-energie

In het domino-instrument zijn bij de berekening van de beschikbare explosie-energie en het bepalen van de locatie van het explosiecentrum een aantal eenvoudige rekenregels toegepast.

Er is gekozen voor een aanpak die overeenkomt met die in [4] en beter aansluit met de praktijk van risico-analyse als in het Paarse Boek geschetst. De volgende uitgangspunten met betrekking tot de explosie-energie (exploderende massa in de wolk) en het explosiecentrum zijn gehanteerd:

- De massa in de wolk M is in principe gelijk aan de massa binnen de LFL-contour.
- Een fractie 0.08 van de massa M in de wolk bevindt zich in “obstructed regions” [zie 11] en draagt bij aan de explosie.

Toelichting op de berekening van de domino-afstanden voor gaswolkexplosies

De domino-afstand voor een gaswolkexplosie is berekend uit de LFL-afstanden en de explosiecircels. Voor instantane bronnen wordt de LFL-afstand gegeven door de driftafstand van de wolk plus de straal van de wolk (tot de LFL-concentratie). De domino-afstand wordt gegeven door de driftafstand plus de straal van de explosiecircels. Het tijdstip van ontsteking is gekozen voor het moment dat effectafstand (som van de driftafstand en de straal van de explosiecircel) maximaal is. De domino-afstanden voor gaswolkexplosies zijn berekend voor weerklassen F1.5 en D5. Van deze 2 berekende afstanden is steeds de grootste afstand in de domino-afstandentabellen opgenomen. Als oppervlakte ruweheidsparemeter is steeds 0.1 gehanteerd.

Voor niet-kokende vloeistoffen is de massa in de wolk binnen de LFL-contour berekend met RiskCalc (AVIV) en voor kokende vloeistoffen met Phast.

RiskCalc-modellering

Bij de bepaling van de LFL-afstanden dient voor elk type ongevalsscenario een koppeling gemaakt te worden tussen enerzijds het uitstromings- en spreidingsmodel/verdampingsmodel en anderzijds het dispersiemodel. Met het dispersiemodel van AVIV [21] kunnen uitsluitend puur instantane en puur continue bronnen berekend worden. De koppeling van de tijdsafhankelijke verschijnselen is in de gehanteerde versie van RISKCALC [21] nog niet altijd conform de in het Paarse Boek [2] en [10] de vermelde uitgangspunten. Bijvoorbeeld het effect van uitstromingsduur en verdamping op de spreiding van de plas wordt in [21] (conservatief) verwaarloosd. Voor zover mogelijk is getracht aan de uitgangspunten van het Paarse Boek [2] te voldoen. De daartoe gemaakte veronderstellingen worden in het navolgende toegelicht.

Bij *niet-kokende vloeistoffen* is zowel bij continue als instantane uitstromingen uitgegaan van een verondersteld plasoppervlak. De verdamping van niet-kokende vloeistoffen is bepaald met het verdampingsmodel uit [11]. De berekeningen betreffen de explosieve massa in de wolk en de bepaling van de LFL-afstand als functie van het plasoppervlak en de dampspanning. De berekeningen zijn uitgevoerd met pentaan. De dampspanning P_v is gevarieerd tussen 200-700 mbar. Het plasoppervlak A_{plas} is gevarieerd tussen 100 en 10.000 m². De berekeningen kunnen als volgt worden samengevat:

- Plasoppervlakten kleiner dan 1000 m² resulteren niet in explosieve gaswolken
- Voor weerklassen D5 is er geen LFL-contour buiten de plas indien de dampspanning P_v kleiner is dan 550 mbar.
- De explosieve massa in de wolk is voor weerklassen D5 groter dan 100 kg, indien P_v groter is dan 650 mbar en A_{plas} is groter dan 5000 m².
- Voor weerklassen F1.5 is er geen LFL-contour buiten de plas indien de dampspanning P_v kleiner is dan 200 mbar.
- De explosieve massa in de wolk is voor weerklassen F1.5 groter dan 100 kg, indien P_v groter is dan 650 mbar en A_{plas} is groter dan 1200 m².

Phast-modellering

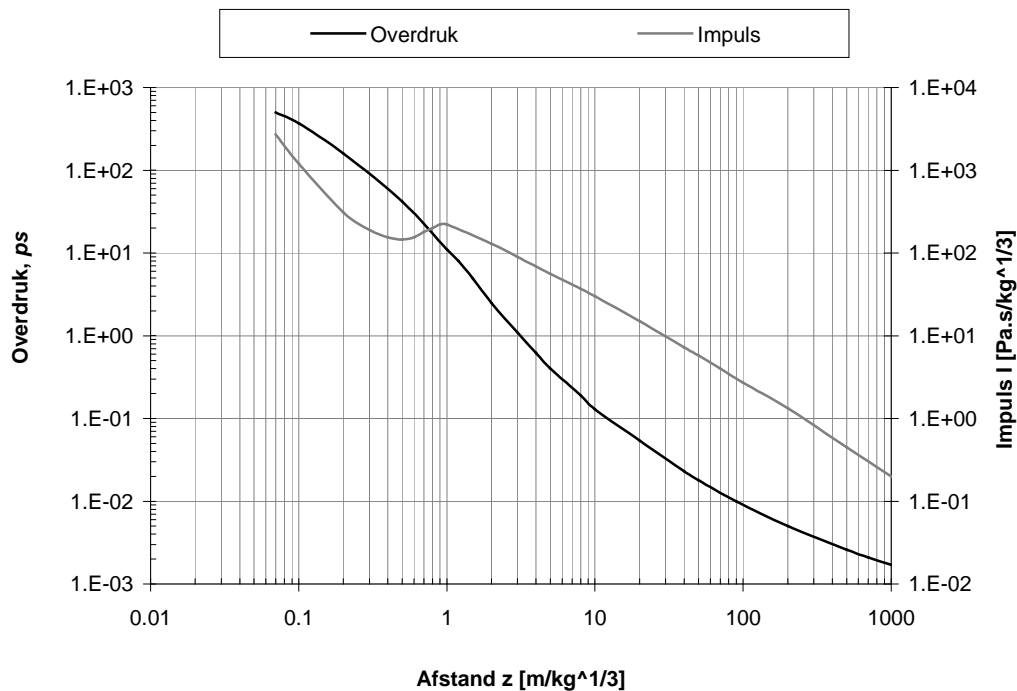
Voor de scenario's waarbij *kokende vloeistoffen* (onder druk verdichte of gekoelde gassen) vrijkomen is gerekend met de modellen van Phast 6.1. Hierbij is steeds uitgegaan van het instantaan vrijkomen van de volledige inhoud van het insluitsysteem.

Bij het vrijkomen van onder druk (tot vloeistof) verdichte gassen onderscheidt het Unified Dispersion Model van Phast 6.1 vier stadia:

- initiële turbulente expansie van de wolk (in dit stadium neemt de concentratie sterker af dan in de drie andere stadia); de snelheid van de wolk wordt bepaald door de initiële energie, waardoor de wolk sneller voortbeweegt dan de wind;
- hoge mate van luchttoetreding door turbulente menging en nog steeds beweegt de wolk sneller dan de wind;
- de snelheid van de wolk daalt en de wolk begint uit te zakken onder invloed van de zwaartekracht; luchtmenging vindt nog wel plaats, maar veel minder dan in voorgaande stadia;
- de wolk heeft de snelheid van de wind aangenomen en menging vindt nu uitsluitend turbulente in de atmosfeer plaats

(Massa-)explosie van explosieven Klasse 1.1 en 1.2 (tabellen 9a en 9b)

De (side-on) piekoverdruk P [Pa] van de schokgolf als functie van de hoeveelheid exploderende stof M [kg] en de afstand R [m] tot het explosiecentrum voor een "surface burst explosion" van TNT zijn ontleend aan [7] en in geschaalde grootheden ($P_s = P/P_a$; en $z = R/(M^{1/3})$) weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3. Piekoverdruk en impuls bij detonatie van explosieven

3.3. Fragmenten (DA-tabellen 1, 4, 7, 9a en 9b)

Bij een explosie komt een deel van de beschikbare energie vrij in de vorm van weggeslingerde fragmenten. De analyse van domino-effecten door fragmenten beperkt zich in het domino-instrument tot de volgende drie typen installaties:

- Drukvaten en procesinstallaties.
- Opslag gascilinders.
- Opslag explosieven.

Onderkend wordt dat ook bij andere installatietypen in geval van explosie fragmenten gevormd kunnen worden. Als voorbeelden, zie [7, pag. 17.209], kunnen genoemd worden interne explosies in atmosferische opslagtanks of desintegratie van roterend equipment (compressoren, turbines). De casuïstiek m.b.t. fragmenten bij roterend equipment is beperkt. Voor atmosferische opslagtanks wordt in [1] ten aanzien van de verspreiding van fragmenten gesteld dat 80% binnen 100 meter en 100% binnen 300 meter terechtkomt. Aantallen fragmenten worden niet gegeven.

De analyse van domino-effecten door fragmenten omvat het bepalen van:

- het aantal en de massa (energie) van de vrijkomende fragmenten,
- de verspreiding van deze fragmenten (bepalen trefkans als functie van de afstand),
- de uitwerking van fragmenten op getroffen installaties.

In overeenstemming met [1, 4] is bij het bepalen van de verspreiding van fragmenten een benadering gevolgd die is gebaseerd op de casuïstiek van plaatsgevonden ongevallen, aangezien de theoretische bepaalde maximale afstanden tot waarop fragmenten terecht kunnen komen, onrealistisch groot zijn.

3.3.1. Opslagtanks, procesvaten, tankauto's en SKW's (druk) (DA-tabellen 1 en 4)

Het aantal fragmenten blijkt niet alleen een functie te zijn van de vatgrootte, de vorm van het vat (cilinder of bol) en de stof, maar ook van de wijze van falen. Onderscheid kan gemaakt worden tussen ductiel falen ten gevolge van een lokale verzwakking van de tankwand (BLEVE), en koud falen door andere oorzaken ("brittle failure"). Bij ductiel falen van cilinders kunnen bij het afscheuren van een "cap" zogenaamde "end tubs" gevormd worden. De nog gedeeltelijk met tot vloeistof verdicht gas gevulde "end tub" kan zich als een raket over grote afstanden in een voorkeursrichting (langs de as van de cilinder) verspreiden.

Navolgende situaties worden in [4] onderscheiden:

- Bolvormig drukopslag -koud falen
- Bolvormig drukopslag -ductiel falen
- Cilindervormige drukopslag -koud falen
- Cilindervormige drukopslag -ductiel falen-end tubs
- Cilindervormige drukopslagvat -ductiel falen -non-end tubs
- Procesinstallatie -koud falen

Verspreiding fragmenten (ductiel falen)

Op basis van gegevens van plaatsgevonden ongevallen en experimenten zijn in [4] voor verschillende situaties aanbevelingen gegeven voor het aantal fragmenten en de relaties voor de bepaling van de kans P_a dat een fragment op een afstand groter dan R zal terechtkomen. Deze empirisch bepaalde relaties hebben voornamelijk betrekking op LPG-BLEVEs. Voor koud falen wordt in [4] het Scilly-Crowther-model aanbevolen. Dit model wordt in het navolgende toegelicht. De kans-afstand relaties voor ductiel falen zijn van de vorm $P_a = e^{-C.R}$. De constanten C die in een aantal onderzoeken zijn bepaald (zie [4]) zijn weergegeven in tabel 12.

Onderscheiden situatie	Aantal fragmenten (TNO)	Constante C $P_a = e^{-C.R}$	Model/Data
Bol-koud falen	20 (10-20)	Scilly	
Bol-ductiel falen	8 (2)	0.00567	Holden [16]
Cilinder-koud falen	20 (2-3)	Scilly	
Cilinder-ductiel falen-end tubs	1 (1)	0.006 0.004 0.03	Holden Pietersen[17] Birk
Cilinder-ductiel falen –non-end tubs	3 (1)	0.006 0.0093 0.03	Schulz Holden/Pietersen Birk
Procesinstallatie-koud falen	10-50 (?)	Scilly	

Tabel 12. Overzicht fragmentmodellen [4]

Scilly-Crowther-model (koud falen)

Voor koud falen wordt in [4] het Scilly-Crowther-model [4, 7, 15] aanbevolen. De toepassing van het model omvat de bepaling van de probitrelatie $Y = m \cdot \log(R) + C$. Uit de probit Y kan de kans worden afgeleid dat een fragment op afstand R terechtkomt.

De bepaling van de constanten m en C in de probitrelatie, omvat de volgende stappen:

- Schat het aantal fragmenten N (vergelijk hiertoe de beschouwde situatie met één van de in [15] beschreven incidenten, die ten grondslag liggen aan het model).
- Bepaal $R_m = 2.8 \cdot P$ [m]. Op deze afstand geldt $Y = 5$ ($P_a = 0.5$). Hierbij is P [bar] de druk bij falen van de tank.
- Bepaal $R_{pen} = 4.1 \cdot R_m$ [m]. Op deze afstand komt de waarde van de probit Y overeen met de kans $= (N-1)/N$ [NB: $P(Y) = (1 - P_a) = (N-1)/N$].
- Bepaal de probitconstanten m en C uit de vergelijkingen voor $R = R_m$ en $R = R_{pen}$.

De veronderstellingen ten aanzien van het aantal gevormde fragmenten N en de druk P bij falen zijn derhalve bepalend. De volgende waarden worden in dit model voorgesteld:

- $N = 20$ zowel voor opslagvaten als procesinstallaties
- $P = 1.21 \cdot P_{svp}(T = 308 \text{ K})$

Zodat:

$$m \cdot \log(2.8 \cdot P) + C = 5$$

$$m \cdot \log(11.48 \cdot P) + C = 6.64 \text{ (voor } N=20\text{)}$$

De resultaten van het Scilly-Crowther-model voor de verspreiding van fragmenten zijn voor een aantal situaties gefit met een relatie van de vorm $P_a = e^{-C \cdot R}$

De resultaten zijn weergegeven in tabel 13.

Faaldruk [bar]	Resultaten voor C als functie aantal fragmenten N en faaldruk		
	N = 10	N = 20	N = 35
20	0.0073	0.0103	0.0134
40	0.0047	0.0062	0.0074
80	0.0028	0.0034	0.0039

Tabel 13 Resultaten voor C ($P_a = e^{-C \cdot R}$) als functie aantal fragmenten N en faaldruk

Trefkansbepaling

Bij de bepaling van de trefkansen is de vereenvoudigde methodiek als beschreven in [4] toegepast. In deze benadering wordt conservatief verondersteld dat bij de bepaling van de trefkans op een installatie (gelegen op afstand R van de bron), het trefvlak van deze installatie een gebied omvat dat gegeven wordt door de cirkelsector vanaf afstand R . (Een iets realistischer model is als trefvlak een cirkelsectorsegment te beschouwen). Verondersteld wordt verder dat ieder fragment dat in deze sector terecht leidt tot catastrofaal falen van de installatie. De openingshoek van de sector wordt bepaald door de breedte B [m] van de installatie en is daarmee een functie van de afstand tot de bron

De kans P_{top} (tenminste 1 van de N fragmenten treft de installatie) wordt gegeven door:

$$P_{top} = 1 - (1 - P_s \cdot P_a)^N$$

$$P_s = \alpha/360 = B/2\pi R$$

$P_a =$ een te kiezen relatie uit tabel 13.

In het domino-instrument is uitgegaan van vereenvoudigende veronderstellingen:

- Geen onderscheid tussen ductiel en koud falen, en tussen bollen, cylinders, of procesinstallaties wat oriëntatie en faaldruk betreft. $P_a = e^{-0.006 \cdot R}$ voor alle situaties en stoffen.
- Het aantal fragmenten is 10 (arbitraire keuze).
- Breedte B en effectieve diepte van de secundaire installatie is 30 meter.

De resultaten voor de kans P_{top} (tenminste 1 van de N fragmenten treft de installatie) kunnen als volgt worden samengevat:

$$P_{top} = 0.1153 e^{-0.0106 R} \text{ (cirkelsegmentbenadering)}$$

$$P_{top} = 0.5937 e^{-0.0098 R} \text{ (cirkelsectorbenadering)}$$

De domino-afstand voor fragmenten is arbitrair gedefinieerd als de afstand R waarbij P_{top} in de cirkelsegmentbenadering gelijk is aan $5 \cdot 10^{-3}$. De segmentbenadering is gekozen omdat deze een realistischer beeld geeft dan de sectorbenadering. De kans dat 1 van de N fragmenten de betreffende installatie treft $5 \cdot 10^{-3}$. Als vervolgekans is dit een relatief laag gekozen P_{top} die tot conservatieve domino-afstanden leidt.

Afstand [m]	Trefkans P_{top}	
	Segment	Sector
10	1.04E-01	5.38E-01
20	9.33E-02	4.88E-01
50	6.79E-02	3.64E-01
100	3.99E-02	2.23E-01
200	1.38E-02	8.36E-02
296	5.00E-03	3.62 E-02
400	1.66E-03	1.18E-02
487	6.57 E-04	5.00E-03
600	1.99E-04	1.66E-03
800	2.39E-05	2.34E-04
1000	2.87E-06	3.29E-05
1500	1.43E-08	2.45E-07

Tabel 14 Trefkans drukvat-fragmenten als functie van de afstand

3.3.2. Opslag gascilinders (DA-tabel 7)

De volgende veronderstellingen worden gehanteerd in diverse TNO-studies [28]:

- Bij brand faalt de helft van het aantal cilinders.
- Buiten de opslag komt 10% van de fragmenten terecht.
- Per cilinder ontstaan 2 fragmenten; een groot (1 m^2) en een klein (2 dm^2).
- De verspreiding van de fragmenten is weergegeven in tabel 15.

Een onderbouwing van deze veronderstellingen is bij AVIV niet bekend.

Afstand [m]	Verspreiding fragmenten over de gegeven afstand [%]		
	Totaal fragmenten	Grote fragmenten	Kleine fragmenten
0 – 80	80	100	60
80 – 350	15	0	30
350 – 500	5	0	10
TOTAAL	100	100	100

Tabel 15 Verspreiding cilinder-fragmenten over een gegeven afstand (TNO)

In het Canvey-rapport [18] zijn soortgelijke veronderstellingen gehanteerd. Uitgegaan wordt van een op de casuïstiek veronderstelde initiële snelheidsverdeling, waaruit een afstandsverdeling voor rondvliegende gascilinders (grote fragmenten) wordt afgeleid. De veronderstelde verspreiding is weergegeven in tabel 16.

Tot afstand	Aantal	%	Cum.%	P_a
25	20000	81.9	81.9	0.1813
100	3000	12.3	94.1	0.0585
220	1000	4.1	98.2	0.0176
310	300	1.2	99.5	0.0053
400	100	0.4	99.9	0.0012
500	30	0.1	100.0	0.0000

Tabel 16. Verspreiding cilinder-fragmenten over een gegeven afstand [18]

Voor de in tabel 16 vermelde verspreiding van fragmenten kan een relatie voor P_a worden opgesteld. Het blijkt dat voor $R > 25$ m. $P_a = 0.2482 e^{-0.0128.R}$

Het Canvey-rapport geeft tevens een analyse van het mogelijk falen van een drukopslagvat en pijpen indien deze door een gascilinder (gewicht circa 15 kg, snelheid 100 m/s) worden getroffen. Geconcludeerd wordt dat bollen niet falen (de gascilinder ketst af) maar dat cilinders en pijpen kunnen falen.

In het domino-instrument wordt conservatief verondersteld dat ieder fragment leidt tot catastrofaal falen van een installatie. Het aantal fragmenten N wordt berekend op basis van de TNO-veronderstellingen:

- $N = \text{aantal cilinders in opslag} * 0.5 * 0.1 * 1 = \text{aantal} / 20$
- Voor de verspreiding wordt uitgegaan van $P_a = 0.2482 e^{-0.0128.R}$
- Breedte B en effectieve diepte van de secundaire installatie is 30 meter.

De resultaten voor de kans P_{top} (tenminste 1 van de fragmenten treft de installatie) kunnen dan als volgt worden samengevat:

$P_{top} = (\text{cirkelsegmentbenadering}) = 0.0011 \cdot N^{0.8355} e^{-R(0.0191-2E-7 \cdot N)}$
 waarbij N het aantal opgeslagen cilinders is.

De domino-afstand voor fragmenten is ook hier arbitrair gedefinieerd als de afstand R waarbij P_{top} in de cirkelsegmentbenadering gelijk is aan $5 \cdot 10^{-3}$. Voor grotere hoeveelheden van 50000 en meer cilinders moet een afstand van 500 meter in acht worden genomen.

Afstand [m]	Segmentbenadering				
	Trefkans Ptop bij n cilinders				
	250	500	1000	5000	10000
10	9.17E-02	1.64E-01	2.92E-01	1.13E+00	2.04E+00
20	7.58E-02	1.35E-01	2.42E-01	9.43E-01	1.72E+00
50	4.28E-02	7.65E-02	1.37E-01	5.48E-01	1.03E+00
100	1.65E-02	2.96E-02	5.33E-02	2.22E-01	4.37E-01
163	5.00E-03	9.00E-03	1.63E-02	7.13E-02	1.50E-01
194	2.77E-03	5.00E-03	9.10E-03	4.08E-02	8.83E-02
225	1.52E-03	2.74E-03	5.00E-03	2.30E-02	5.14E-02
247	9.98E-04	1.80E-03	3.30E-03	1.54E-02	3.52E-02
264	7.20E-04	1.30E-03	2.38E-03	1.13E-02	2.63E-02
285	4.91E-04	8.88E-04	1.63E-03	7.86E-03	1.86E-02
310	3.05E-04	5.53E-04	1.02E-03	5.00E-03	1.22E-02
361	1.13E-04	2.06E-04	3.81E-04	1.95E-03	5.00E-03
376	8.63E-05	1.57E-04	2.91E-04	1.51E-03	3.92E-03
504	7.53E-06	1.38E-05	2.59E-05	1.48E-04	4.38E-04

Tabel 17 Trefkans cilinder-fragmenten als functie van de afstand

3.3.3. Explosieven (DA-tabellen 9a en 9b)

De uitwerking van fragmenten en brokstukken wordt bepaald door de massa, eindsnelheid en vorm van de fragmenten. Bij explosieven in voorwerpen (munitie) kunnen zeer kleine, maar zeer snelle fragmenten gevormd worden. Onderscheid is verder te maken in primaire en door de explosie gegenereerde secundaire fragmenten. Voor de bepaling van de trefkans de ruimtelijke verspreiding, het aantal fragmenten en hun karakteristieken van belang. Dit is zeer afhankelijk van het type opslag en de aard van de explosieven. In de openbare literatuur zijn hierover weinig empirische gegevens bekend. Een specifieke analyse is in bijna alle gevallen noodzakelijk.

Voor Klasse 1.1 explosieven spelen de effecten van fragmenten uitsluitend een rol bij hoeveelheden onder de 6 ton. Boven de 6 ton worden de effecten van een explosie gedomineerd door piekoverdrukken (zie paragraaf 3.2 *Detonatie van explosieven*). Onder de 6 ton kan een maximale domino-afstand gehanteerd worden van 180 meter [19, I-4-41].

Voor Klasse 1.2 explosieven spelen de effecten van fragmenten wel een overheersende rol ten opzichte van de overdrukeffecten. De domino-afstanden die voor fragmenteffecten zijn gehanteerd zijn de effectafstanden waarbij naburige procesinstallaties kunnen falen [23].

Voor Klasse 1.3 en 1.4 explosieven: *geen fragmenten*

4. Indeling stoffen

4.1. Inleiding

Inrichtingen vallend onder het BRZO 1999 worden aangewezen op grond van de aanwezigheid van individuele stoffen (bijlage 1, deel 1) of stofcategorieën (bijlage 1, deel 2) boven een bepaalde drempelwaarde. Voor stofcategorieën is de indeling volgens de WMS maatgevend. De in bijlage 2 gegeven domino-afstanden zijn voor een beperkt aantal ongevalsscenario's en een beperkt aantal stofcategorieën en voorbeeldstoffen bepaald. In deze bijlage wordt toegelicht welke stofcategorieën bij de bepaling van de domino-afstanden zijn onderscheiden en welke stofcategorie in een concreet geval van toepassing is. Hoewel de vooraf berekende domino-afstanden betrekking hebben op stoffen behorend tot de BRZO-1999 categorieën 4, 5, 6, 7a, 7b en 8, is in het domino-instrument een andere, aan de S3b-methodiek [3] gerelateerde, stofindeling aangehouden. Een overzicht van de in het BRZO-1999 gehanteerde stofindeling wordt in het navolgende gegeven. Een stoffenlijst met beide indelingen is in bijlage 1.5 (tabel D) opgenomen. Een eenduidige correspondentietabel is niet te geven tussen de in BRZO-1999 onderscheiden categorieën, waarbij de indeling volgens de WMS wordt aangehouden, en de in het domino-instrument onderscheiden categorieën en voorbeeldstoffen. De reden hiervan is dat de in het BRZO-1999 onderscheiden categorieën nogal ruim gedefinieerd zijn. In het domino-instrument is wat risico's betreft een groter onderscheidend vermogen wenselijk. Alle brandbare gassen bijvoorbeeld behoren tot de BRZO-categorie 8 "zeer licht ontvlambaar". In de praktijk blijkt dat de risico's (effectafstanden) voor de betreffende stoffen nogal uiteen kunnen lopen.

4.2. Overzicht en toelichting op de onderscheiden stofcategorieën en voorbeeldstoffen

Op basis van de in de kennisgeving en het veiligheidsrapport vermelde proces- en opslagcondities is bij bulkopslag van stoffen een indeling in de in het instrument onderscheiden systemen druk, cryogene en atmosferische opslag te maken. Bij drukopslag worden onderscheiden de categorieën tot vloeistof verdichte gassen en samengeperste gassen (zie tabel 18). Bij de berekening van de domino-afstanden is een verdere indeling op "vluchtigheid" van de stof gemaakt. Deze indeling wordt in het navolgende toegelicht.

Stysteem	Categorie	Subcategorie	Voorbeeldstof
Druk	Tot vloeistof verdicht gas	GF1	methylmercaptaan
		GF2	butaan
		GF3	propaan
	Samengeperst gas	Niet beschouwd	-
Cryogeen	Tot vloeistof gekoeld gas	GF0-liquid	butaan
			propaan
Atmosferisch	Vloeistof	Dampspanning	

Tabel 18 Indeling opslag/proces systemen (bulk)

Tot vloeistof verdichte brandbare gassen

De drie onderscheiden categorieën voor de tot vloeistof verdichte en tot vloeistof gekoelde brandbare gassen (GF1, GF2, GF3) betreffen die van de S3b-methodiek [3]. De basis van indeling betreft de vluchtigheid van de stof (flash-fractie), volgens onderstaande indelingscriteria.

Gas	$T_{\text{kook}} < 293 \text{ K}$
Vloeistof	$T_{\text{kook}} > 293 \text{ K}$ en $T_{\text{smelt}} < 293 \text{ K}$
T_{krit}	Kritische temperatuur bij atm. druk [K]
T_{kook}	Kooktemperatuur bij atm. druk [K]
T_{flash}	Vlampunt [K]

T_{krit}	GF	T_{kook}
< 293	GF0	< 182
> 440	GF1	> 273
400 - 440	GF2	253 - 273
293 - 400	GF3	182 - 253

Samengeperste brandbare gassen

Samengeperste brandbare gassen (GF0-pressurised) worden vooralsnog niet beschouwd in het domino-instrument. Voor samengeperst waterstofgas wordt een uitzondering gemaakt. Om de domino-afstand van het vrijkomen van samengeperste waterstof te bepalen wordt aanbevolen om uit te gaan van een directe ontsteking en explosie van de volledige hoeveelheid waterstofgas. Dit is een conservatieve bepaling. De domino-afstand kan worden berekend door met behulp van de multi-energiemethode de side-on piekoverdruk P te berekenen die optreedt na ontsteking van de gaswolk (zie tabel 11 van paragraaf 3.2 Gaswolkexplosie van bijlage 2).

Tot vloeistof gekoelde brandbare gassen

Opslag van tot vloeistof gekoelde gassen (GF0-liquid) is als een afzonderlijke activiteit beschouwd. De domino-afstanden zijn bepaald voor de voorbeeldstoffen propaan en butaan.

Brandbare vloeistoffen

De domino-afstanden voor brandbare vloeistoffen zijn een functie van de bepalende parameters dampspanning en plasoppervlak. Vooralsnog is niet uitgegaan van stofcategorieën (zie bijlage 2). Dit houdt in dat de dampspanning van de beschouwde stof of van het beschouwde mengsel bij toepassing van het domino-instrument bekend dient te zijn. De dampspanning bij 20 °C is voor een groot aantal stoffen in de stoffenlijst vermeld. Uiteraard dient zoveel mogelijk de dampspanning gehanteerd te worden die hoort bij de opslag- of procestemperatuur van de betreffende stof. Opgemerkt kan worden dat de dampspanning van de stoffen in de BRZO-1999 categorie 6 ontvlambaar zodanig is dat geen LFL-contour buiten de vloeistofplas voorkomt (zie bijlage 2). Voor deze stoffen dient alleen het effect plasbrand te worden beschouwd.

Explosieven

Voor explosieve stoffen is in het domino-instrument uitgegaan van de in de regelgeving en rekenmodellen gebruikelijke indeling (Klasse 1.1., etc.). Een correspondentie tussen deze indeling en de BRZO-indeling (categorieën 4 en 5) is niet beschikbaar. In voorkomende gevallen kan conservatief voor explosieven Klasse 1.1 verondersteld worden.

4.3. BRZO-1999 indeling van stoffen

Inrichtingen vallend onder het BRZO 1999 worden aangewezen op grond van de aanwezigheid van individuele stoffen (bijlage 1, deel 1) of stofcategorieën (bijlage 1, deel 2) boven een bepaalde drempelwaarde. Voor stofcategorieën is de indeling volgens de WMS maatgevend. De domino-ongevallen veroorzakende stoffen betreffen ontplofbare, ontvlambare, licht ontvlambare of zeer licht ontvlambare stoffen, als bedoeld in bijlage I, deel 2 van het BRZO 1999. In het navolgende is een overzicht van de indeling gegeven.

Symbool WMS	Categorie	Omschrijving WMS categorie	BRZO-categorie
E	a.	Ontpofbaar	4 (R2) 5 (R3)
O	b.	Oxiderend	3
F	d.	Licht ontvlambaar	7a (R17) 7b (R11)
F+	c.	Zeer licht ontvlambaar	8 (R12)
T	g.	Vergiftig	2
T+	f.	Zeer vergiftig	1
C	i.	Bijtend (corrosief)	-
Xn	h.	Schadelijk	-
Xi	j.	Irriterend	-
N	o.	Milieugevaarlijk	9a (R50) 9b (R51 en R53)
-	e.	Ontvlambaar (R10)	6 (R10)
Xn Xi	k.	Sensibiliserend (R42 en/of R43 Bij inhalatie Bij huidcontact	
T Xn	l.	Kankerverwekkend Cat.1 en 2 Cat.3	
T Xn	m.	Mutageen Cat.1 en 2 Cat.3	
T Xn	n.	Voor de voortplanting vergiftig Cat.1 en 2 Cat.3	
			Stoffen en preparaten die niet zijn ingedeeld in een van de bovengenoemde categorieën in combinatie met navolgende waarschuwingzinnen: 10a. Reageert heftig met water (R14, R14/15) 10b. In contact met water komt toxisch gas vrij (R29)

Onder ontplofbare stoffen en preparaten worden in het BRZO-1999 verstaan:

Categorie a (4).

1. Stoffen en preparaten die ontplofingsgevaar opleveren door schok, wrijving, vuur of andere ontstekingsoorzaken (waarschuwingzin R2).

2. Pyrotechnische stoffen. Onder een pyrotechnische stof wordt verstaan een stof of een mengsel van stoffen die tot doel heeft warmte, licht, geluid, gas of rook of een combinatie van dergelijke verschijnselen te produceren door middel van niet-ontploffende, zichzelf onderhoudende exotherme chemische reacties.
3. Ontplofbare of pyrotechnische stoffen en preparaten die in voorwerpen zijn vevat.

Categorie b (5).

1. Stoffen en preparaten die ernstig ontploffingsgevaar opleveren door schok, wrijving, vuur of andere ontstekingsoorzaken (waarschuwingzin R3).

Onder ontvlambare stoffen en preparaten worden in BRZO-1999 verstaan:

Stoffen en preparaten met een vlampunt van ten minste 21 °C en ten hoogste 55 °C (waarschuwingzin R10), die blijven branden.

Onder licht ontvlambare stoffen en preparaten worden in BRZO-1999 verstaan:

Licht ontvlambare vloeistoffen:

1. Stoffen en preparaten die warm kunnen worden en tenslotte in contact met de lucht bij de omgevingstemperatuur zonder toevoer van energie vlam kunnen vatten (waarschuwingzin R17);
2. Stoffen die een vlampunt hebben dat lager is dan 55 °C en die onder druk vloeibaar blijven, wanneer onder bepaalde verwerkingsmethoden, zoals hoge druk en hoge temperatuur, gevaar voor een zwaar ongeval kan ontstaan;
3. Stoffen en preparaten die een vlampunt hebben dat lager is dan 21 °C en die niet zeer licht ontvlambaar zijn (waarschuwingzin R11, tweede streepje).

Onder zeer licht ontvlambare stoffen en preparaten worden in BRZO-1999 verstaan:

Zeer licht ontvlambare gasen en vloeistoffen:

1. Vloeibare stoffen en preparaten die een vlampunt hebben dat lager is dan 0 °C en een kookpunt of, in geval van een kooktraject, een eerste kookpunt, dat bij normale druk ten hoogste 35 °C is (waarschuwingzin R12, eerste streepje);
2. Gasvormige stoffen en preparaten die in contact met de lucht bij kamertemperatuur en normale druk ontvlambaar zijn (waarschuwingzin R12, tweede streepje), ongeacht of zij als gas of onder druk als vloeistof worden bewaard, met uitzondering van de in bijlage 1, deel 1, bedoelde zeer licht ontvlambare vloeibare gasen (inclusief LPG) en aardgas;
3. Vloeibare stoffen en preparaten die op een temperatuur worden gehouden die hoger is dan hun kookpunt.

De categorie-indeling voor (zeer) (licht) ontvlambare stoffen is toegelicht in tabel 19.

Vlampunt Tf [°C]	R-zin	Fase-toestand	Andere voorwaarden	BRZO-categorie
Tf < Tp		Vloeistof	Tp > Tk	8
Tf < 21	R12	Gas of vloeistof	(vloeibaar) gas	8
Tf < 0	R12	Gas of vloeistof	Tk < 35 °C	8
Tf < 21	R11	Vloeistof		7b
Tf < 55		Vloeistof	Blijft vloeibaar onder druk	7a
	R17	Vloeistof		7a
21 < Tf < 55	R10	Vloeistof		6

Tabel 19 Categorie-indeling (zeer) (licht) ontvlambare stoffen (Tp = procestemperatuur, Tf = vlampunt, Tk = kooktemperatuur)

Bijlage 3. Overzicht regelgeving domino-effecten

1. Toelichting verplichtingen

1.1. Domino-effect verplichtingen in de Seveso-II richtlijn

De Seveso-II richtlijn (nr. 96/82/EG: artikel 8) verplicht de bevoegde autoriteit om te bepalen of de waarschijnlijkheid en de omvang van een zwaar ongeval bij een inrichting groter kan worden, als gevolg van de aanwezigheid van een buurinrichting (domino-effect). De betrokken exploitanten dienen gegevens uit te wisselen om in hun beleid rekening te houden met de effecten van het door hen veroorzaakte risico op de risico's van naburige inrichtingen. In de aanwijzing kunnen zowel inrichtingen zijn begrepen waarvoor een plicht geldt tot het voeren van een preventiebeleid ter voorkoming van zware ongevallen en het daartoe invoeren van een veiligheidsbeheersysteem (Seveso-II, artikel 6 inrichtingen), als voor inrichtingen die daarboven een veiligheidsrapport moeten opstellen (Seveso-II, artikel 9 inrichtingen). Middels het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO 1999) wordt in Nederland voor een substantieel deel uitvoering gegeven aan de Seveso-II richtlijn. Een overzicht is gegeven in [20].

1.2. Aanwijzing domino-inrichtingen

Artikel 7 van het BRZO 1999 regelt de aanwijzing van de Seveso II-inrichtingen die domino-effecten kunnen veroorzaken. Een en ander kan nader gedetailleerd worden (art.7 lid 1BRZO 1999).

In artikel 7.lid 4 van het BRZO 1999 is een termijn van vier jaar opgenomen waarbinnen de aanwijzing voor de eerste maal moet hebben plaatsgevonden, indien de ontvangen gegevens daartoe aanleiding geven.

De aanwijzing dient door het BG ex Wm te geschieden in overeenstemming met:

- Het/de college(s) B&W van de betrokken gemeente(n)
- Het bestuur/de besturen van de betrokken Regionale Brandwe(e)r(en);
- De aangewezen ambtenaar van de Arbeidsinspectie.

1.3. Uitwisseling gegevens tussen domino-inrichtingen

Artikel 7.lid 3 van het BRZO 1999 regelt de onderlinge gegevensuitwisseling en afstemming tussen inrichtingen, die daartoe worden aangewezen door het bevoegd gezag krachtens artikel 7.lid 1. Deze gegevens dienen te worden gebruikt bij het opstellen van het interne noodplan en het veiligheidsrapport en bij het beleid ter voorkoming en beheersing van zware ongevallen.

Het ligt voor de hand aan te nemen dat de gegevens in elk geval de volgende betreffen:

- a. gegevens betreffende de ligging van de onderdelen van de inrichting die een domino-effect kunnen veroorzaken;
- b. gegevens betreffende de ligging van de onderdelen van de inrichting die door een domino-effect kunnen worden getroffen;
- c. de geïdentificeerde fysische effecten die een domino-effect kunnen veroorzaken;
- d. de maatregelen die zijn genomen om de fysische effecten te beperken dan wel de kans op die effecten te beperken;
- e. de noodmaatregelen die zijn getroffen, waaronder de wijze waarop degenen die de betrokken inrichtingen drijven worden geïnformeerd, indien een zwaar ongeval dreigt te ontstaan of is ontstaan.

1.4. Intern noodplan/Rampbestrijdingsplan

In het intern noodplan moet rekening worden gehouden met eventuele domino-effecten. In geval van een calamiteit zijn niet alleen de maatregelen uit het interne noodplan van belang, maar ook die uit het rampbestrijdingsplan (RBP). Uiteraard is het van belang dat de inhoud van beide plannen op elkaar is afgestemd. Het Besluit rampbestrijdingsplannen inrichtingen (BRI) legt aan de burgemeester de verplichting op om in ieder geval voor VR-plichtige inrichtingen een rampbestrijdingsplan vast te stellen. Op basis van het definitief ingediende VR en/of Wm-vergunningsaanvraag stelt de burgemeester het ontwerp-RBP op. Daarbij is het sterk aan te raden dat de burgemeester rekening houdt met de beoordeling van het eventuele domino-effect. Deze informatie wordt verkregen uit, de kennisgeving, het VR (waarin het bedrijf onder andere aangeeft hoe met domino-effecten wordt omgegaan), de vergunningaanvragen en de verslagen van de besprekingen tijdens de VR-beoordelingsprocedure.

Een voorlopige beoordeling van het mogelijk optreden van domino-effecten kan daardoor in eerder stadium dan de aanwijzing in de "BRZO 1999-procedures" aan de orde zijn.

1.5. Kennisgeving

De Seveso-II richtlijn is van toepassing op inrichtingen waarin gevaarlijke stoffen aanwezig zijn of kunnen zijn in hoeveelheden die een bepaalde drempel overschrijden. Degene die een onder de richtlijn vallende inrichting drijft is verplicht een aantal elementaire gegevens met betrekking tot de in de inrichting aanwezige gevaarlijke stoffen bij het bevoegd gezag op grond van de Wet milieubeheer in te dienen. Deze kennisgeving heeft ten eerste tot doel om het bevoegd gezag te informeren over het feit dat de desbetreffende inrichting onder de werking van het BRZO 1999 valt, maar vervult ook een belangrijke hulpfunctie voor het bevoegd gezag bij de aanwijzing krachtens artikel 7 van de inrichtingen die domino-effecten kunnen veroorzaken vanuit de inrichting naar de omgeving.

Artikel 26 van het BRZO 1999 regelt de eerste kennisgeving voor bestaande inrichtingen. Onder voorwaarden kan volstaan worden met een schriftelijke mededeling met verwijzing naar eerder verstrekte gegevens (artikel 26.2). Voor de meeste gegevens zal naar de vergunning(aanvraag), of in voorkomend geval, naar een ingediend arbeidsveiligheidsrapport (AVR) of extern veiligheidsrapport (EVR) kunnen worden verwezen.

Met het oog op de vaststelling van domino-effecten dienen volgens artikel 26.1f van het BRZO 1999 voor gevaarlijke stoffen behorend tot de categorie ontplofbaar, ontvlambaar, licht ontvlambaar of zeer licht ontvlambaar, bedoeld in bijlage I, deel 2, bij dat besluit navolgende gegevens te worden verstrekt:

1. Een aanduiding van het grootste insluitsysteem.
2. De maximale hoeveelheid van de betrokken gevaarlijke stof die daarin aanwezig kan zijn.
3. een aanduiding van de betrokken gevaarlijke stof alsmede een aanduiding van de categorie waartoe die stof behoort.
4. De plaats van het insluitsysteem in die inrichting.
5. De druk en de temperatuur van de betrokken stoffen en preparaten in het insluitsysteem.

De bovenvermelde gegevens, behoeven niet te worden geleverd indien ten genoegen van het bevoegd gezag wordt aangetoond dat daartoe geen noodzaak bestaat; dat wil zeggen dat voor een verhoging van de risico's door domino-effecten niet behoeft te worden gevreesd (art. 26.4). Een voorbeeld van een stramien voor een kennisgeving is gegeven in het Rapport Informatie-eisen BRZO 1999 (RIB). Het RIB licht voor de doelgroep inrichtingen en betrokken overheden de regels, zoals die in het BRZO 1999 en in de Regeling risico's zware ongevallen 1999 zijn vastgelegd toe en geeft aan hoe aan een en ander (informatievoorziening) invulling kan worden gegeven. In de identificatiemethode (domino-instrument) die in de aangekondigde ministeriële regeling op grond van het BRZO 1999 zal worden vastgelegd, zal worden aangegeven op grond van welke criteria een inrichting van de verplichting van artikel 26.1f kan worden vrijgesteld.

Artikel 6 van het BRZO 1999 regelt de kennisgeving bij veranderingen van de inrichtingsgegevens en de doorgeleiding naar het bevoegd gezag. Indien deze gegevens al op grond van een ander wettelijk voorschrift (vergunningaanvraag, of melding Wm) aan het bevoegd gezag zijn verstrekt, kan in de kennisgeving worden volstaan met een verwijzing naar die gegevens.

Artikel 30 van het BRZO 1999 (waarin de wijzigen en aanvullingen in artikel 5.15 van het Inrichtingen en vergunningenbesluit milieubeheer (Ivb) zijn opgesomd) beschrijft de kennisgeving bij nieuwe inrichtingen respectievelijk veranderingen van de (werking van de) inrichting, leidend tot een vergunningaanvraag.

Indien de aanvraag (voor het oprichten of in werking hebben) betrekking heeft op een inrichting waarop paragraaf 2 en niet tevens paragraaf 3 van het BRZO 1999 van toepassing is (PBZO-inrichtingen), dienen in aanvulling op de gegevens die reeds krachtens artikel 5.1 van het Ivb moeten worden verstrekt, tevens in of bij de aanvraag gegevens vermeld te worden waarop de kennisgeving, bedoeld in artikel 6, tweede lid van de (Seveso-II) richtlijn, betrekking heeft (artikel 5.15a, eerste lid, Ivb). Voor wat betreft de aanvraag om een vergunning voor het veranderen van (de werking van) de inrichting bevat artikel 5.17a van het Ivb een soortgelijke regeling.

Indien de aanvraag betrekking heeft op een inrichting waarop paragraaf 3 van het BRZO 1999 van toepassing is (VR-inrichtingen, de aanvraag gaat vergezeld van een veiligheidsrapport), bevat de aanvraag, in aanvulling op de gegevens die zijn genoemd in artikel 5.1 van het Ivb, alleen een opgave, per gevaarlijke stof en per categorie gevaarlijke stoffen en preparaten, van de maximale hoeveelheid waarvoor vergunning wordt gevraagd. Een aparte "kennisgeving" is dan niet nodig: de gegevens die, indien op de inrichting paragraaf 2 en niet tevens paragraaf 3 van toepassing zou zijn geweest, in de vergunningaanvraag zouden zijn opgenomen, worden nu opgenomen in het veiligheidsrapport.

1.6. Afstemming tussen bestuursorganen

Ter wille van een goede afstemming tussen de bestuursorganen die bij de uitvoering van het BRZO 1999 zijn betrokken, is een bestuurlijke leidraad Seveso-II (BLS) ontwikkeld. In deze leidraad wordt onder andere ingegaan op de samenwerking bij de beoordeling en aanwijzing van inrichtingen die domino-effecten kunnen veroorzaken. In het BLS wordt hierover het navolgende opgemerkt.

Zodra er van een inrichting gegevens inzake veiligheid binnenkomen, dan moet het Bevoegd Gezag (BG) ex Wm beoordelen of er inrichtingen of groepen van inrichtingen aangewezen moeten worden als inrichtingen die domino-effecten hebben. De gegevens inzake veiligheid kunnen via verschillende wegen binnen komen, te weten:

- Een kennisgeving ex art. 6 BRZO 1999 inzake significante wijzigingen van de inrichting (met of zonder Wm-melding);
- Een veiligheidsrapport (VR) ex art. 10 BRZO 1999
- Een eenmalige kennisgeving ex art. 26 BRZO 1999 voor de eerste keer en wel binnen één jaar na inwerkingtreding van het BRZO 1999
- Een Wm-vergunningaanvraag ex. art. 5.15a Ivb

De aanwijzing dient door het BG ex Wm te geschieden in overeenstemming met:

- Het/de college(s) B&W van de betrokken gemeente(n)
- Het bestuur/de besturen van de betrokken Regionale Brandwe(e)r(en);
- De aangewezen ambtenaar van de Arbeidsinspectie.

Om deze afstemming te bewerkstelligen dient het BG ex Wm in ieder geval de gegevens inzake veiligheid, die via de vier bovengenoemde wegen kunnen binnenkomen, door te sturen naar deze drie bestuursorganen. Indien het BG ex Wm, in overeenstemming met de drie genoemde bestuursorganen, tot een aanwijzing heeft besloten dan dient het BG ex Wm de betrokken inrichtingen zo spoedig mogelijk hiervan in kennis te stellen. Het BG ex Wm doet de aanwijzing voor de eerste maal na inwerkingtreding van het BRZO 1999 uiterlijk binnen vier jaar en daarna tenminste om de vijf jaar. De door het BG ex Wm aangewezen inrichtingen dienen onderling te komen tot wisseling van gegevens noodzakelijk voor de beoordeling van het cumulatieve risico. Elk afzonderlijk inrichting dient met de aard en omvang van de risico's van een zwaar ongeval bij naburige inrichtingen rekening te houden in haar PBZO/VBS, VR en intern noodplan. Hiertoe dienen dus de PBZO/VBS-en, VR-en en de interne noodplannen door de inrichtingen aangepast te worden.

Het BG ex Wm dient in ieder geval de daardoor gewijzigde onderdelen van het VR te ontvangen van de inrichtingen. Het BG ex Wm zal er vervolgens voor zorgen dat (kopieën van) die wijzigingen zo spoedig mogelijk doorgestuurd worden naar bovengenoemde bestuursorganen en naar de betrokken handhavers.

In verband met een effectieve en efficiënte handhaving is het zeer raadzaam (maar niet verplicht), dat de inrichtingen de gewijzigde onderdelen van het PBZO/VBS en het intern noodplan ook zo spoedig mogelijk doorsturen aan het BG ex Wm. Het BG ex Wm zorgt er dan voor dat (kopieën van) de gewijzigde onderdelen zo spoedig mogelijk doorgestuurd worden naar de bovengenoemde betrokken bestuursorganen en naar de betrokken handhavers te weten; de handhaver BG ex Wm, de aangewezen ambtenaar van de Arbeidsinspectie en de handhaver van de regionale en/of gemeentelijke brandweer.

2. Teksten regelgeving

2.1. Seveso-II richtlijn (96/82/EG)

Artikel 8. Domino-effect

1. De Lid-Staten dragen er zorg voor dat de bevoegde autoriteit aan de hand van de door de exploitant overeenkomstig de artikelen 6 en 9 verstrekte informatie bepaalt, voor welke inrichtingen of groepen inrichtingen de waarschijnlijkheid en de mogelijkheid of de gevolgen van een zwaar ongeval groter kunnen zijn ten gevolge van de ligging en de nabijheid van die inrichtingen en de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen.
2. De Lid-Staten moeten zich ervan vergewissen dat bij de aldus aangewezen inrichtingen:
 - a) op passende wijze toereikende informatie wordt uitgewisseld om die inrichtingen in staat te stellen rekening te houden met de aard en de omvang van het totale gevaar van een zwaar ongeval in hun beleid ter preventie van zware ongevallen, hun veiligheidsbeheerssystemen, hun veiligheidsrapporten en hun interne noodplannen;
 - b) voorzieningen worden getroffen voor samenwerking met het oog op de voorlichting van de bevolking, en bij het verstrekken van informatie aan de bevoegde autoriteit voor de opstelling van de externe noodplannen.

2.2. BRZO 1999

Artikel 7

1. Het bevoegd gezag wijst op grond van de gegevens, bedoeld in de artikelen 6, eerste lid, 10, eerste lid, 26, eerste lid, van dit besluit en 5.15a, eerste lid, van het inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer, inrichtingen of groepen inrichtingen aan ten aanzien waarvan de risico's van een zwaar ongeval of de gevolgen daarvan ten gevolge van de ligging van die inrichtingen ten opzichte van elkaar en de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen in die inrichtingen groter kunnen zijn dan op grond van de in die afzonderlijke inrichtingen aanwezige hoeveelheden kan worden verwacht. De aanwijzing geschiedt in overeenstemming met:
 - a. de daartoe door Onze Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid aangewezen ambtenaar, bedoeld in artikel 32 van de Arbeidsomstandighedenwet;
 - b. burgemeester en wethouders van de gemeente of gemeenten waarin de inrichtingen geheel of gedeeltelijk zijn gelegen, en
 - c. het bestuur van de regionale brandweer of de besturen van de regionale brandweren in wier gebied de inrichtingen geheel of gedeeltelijk zijn gelegen.

2. Van een aanwijzing als bedoeld in het eerste lid stelt het bevoegd gezag degenen die de betrokken inrichtingen drijven in kennis.
3. Degene die een inrichting drijft als bedoeld in het eerste lid, wisselt met de andere op grond van het eerste lid aangewezen inrichtingen de gegevens uit die noodzakelijk zijn voor de beoordeling van het in dat lid bedoelde risico. Deze houdt in zijn beleid ter voorkoming van zware ongevallen, bedoeld in artikel 5, tweede lid, en, voor zover van toepassing, in het interne noodplan, bedoeld in artikel 22, en in het veiligheidsrapport rekening met de aard en de omvang van de risico's van een zwaar ongeval bij de naburige inrichtingen.
4. Het bevoegd gezag doet de aanwijzing als bedoeld in het eerste lid voor de eerste maal uiterlijk vier jaar, na de inwerkingtreding van dit besluit en vervolgens tenminste om de vijf jaar.
5. Onze Ministers kunnen gezamenlijk nadere regels stellen met betrekking tot het eerste en derde lid.

Artikel 6

1. Degene die de inrichting drijft stelt het bevoegd gezag onverwijld schriftelijk in kennis van:
 - a. iedere significante wijziging van de inrichting die betrekking heeft op een of meer onderwerpen waaromtrent in of bij de aanvraag gegevens zijn verstrekt als bedoeld in artikel in artikel 5.15a, eerste lid, onderdeel a tot en met f, van het Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer, of waaromtrent in de kennisgeving, bedoeld in artikel 26, eerste lid, gegevens zijn verstrekt;
 - b. iedere significante wijziging van processen waarbij een gevaarlijke stof wordt gebruikt.
 - c. De sluiting van een installatie.
2. Het bevoegd gezag zendt zo spoedig mogelijk, doch uiterlijk binnen twee weken na ontvangst, een exemplaar van de kennisgeving, bedoeld in het eerste lid, aan:
 - a. Onze Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer;
 - b. De inspecteur;
 - c. De daartoe door Onze Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid aangewezen ambtenaar, bedoeld in artikel 32 van de Arbeidsomstandighedenwet;
 - d. Het college van gedeputeerde staten van de provincie waar de inrichting geheel of gedeeltelijk is is gelegen, tenzij dat het bevoegd gezag is;
 - e. Het college van burgemeester en wethouders van de gemeente waar de inrichting geheel of gedeeltelijk is gelegen, tenzij dat dat het bevoegd gezag is, en de burgemeester van die gemeente en
 - f. Het bestuur van de regionale brandweer binnen wier gebied de inrichting geheel of gedeeltelijk is gelegen.
3. Indien de gegevens, bedoeld in het eerste lid, reeds op grond van een ander wettelijk voorschrift aan het bevoegd gezag zijn verstrekt, kan in de kennisgeving worden volstaan met een verwijzing naar die gegevens.
4. Het bevoegd gezag zendt zo spoedig mogelijk, doch uiterlijk binnen twee weken na ontvangst, een exemplaar van de kennisgeving, bedoeld in het eerste lid, aan:
 - g. Onze Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer;
 - h. De inspecteur;
 - i. De daartoe door Onze Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid aangewezen ambtenaar, bedoeld in artikel 32 van de Arbeidsomstandighedenwet;
 - j. Het college van gedeputeerde staten van de provincie waar de inrichting geheel of gedeeltelijk is is gelegen, tenzij dat het bevoegd gezag is;

- k. Het college van burgemeester en wethouders van de gemeente waar de inrichting geheel of gedeeltelijk is gelegen, tenzij dat dat het bevoegd gezag is, en de burgemeester van die gemeente en
 - l. Het bestuur van de regionale brandweer binnen wier gebied de inrichting geheel of gedeeltelijk is gelegen.
5. Indien de gegevens, bedoeld in het eerste lid, reeds op grond van een ander wettelijk voorschrift aan het bevoegd gezag zijn verstrekt, kan in de kennisgeving worden volstaan met een verwijzing naar die gegevens.

Artikel 10, eerste lid

1. Een veiligheidsrapport bevat de gegevens en beschrijvingen, bedoeld in bijlage III bij dit besluit. Een veiligheidsrapport dient zodanig te zijn ingericht dat wordt aangetoond dat:
 - a. een beleid ter voorkoming van zware ongevallen en een veiligheidsbeheerssysteem is ingevoerd;
 - b. de gevaren van zware ongevallen geïdentificeerd zijn en de nodige maatregelen zijn getroffen om die te voorkomen en de gevolgen van dergelijke ongevallen voor mens en milieu te beperken;
 - c. het ontwerp, de constructie, de exploitatie en het onderhoud van alle met de werking van de inrichting samenhangende installaties, opslagplaatsen, apparatuur en infrastructuur die samenhangen met de gevaren van een zwaar ongeval binnen de inrichting voldoende veilig en betrouwbaar zijn.
 - d. een intern noodplan, als bedoeld in artikel 22, is gemaakt.

Artikel 26

1. Binnen een jaar na de inwerkingtreding van dit besluit zendt degene die een inrichting drijft als bedoeld in artikel 4 een kennisgeving aan het bevoegd gezag. Deze kennisgeving bevat de volgende gegevens:
 - a. het adres van de inrichting;
 - b. de naam of de handelsnaam van degene die de inrichting drijft en zijn adres;
 - c. de naam en de functie van de met de feitelijke leiding van de inrichting belaste persoon, indien deze een ander is dan degene die de inrichting drijft;
 - d. de aard van de in de inrichting aanwezige gevaarlijke stoffen;
 - e. per stof genoemd in bijlage I, deel 1, en per categorie stoffen en preparaten genoemd in bijlage I, deel 2:
 - 1^o. de maximale hoeveelheid waarvoor vergunning is verleend dan wel, indien de vergunning hierin niet voorziet, de hoeveelheid behorend bij de vergunde maximale capaciteit van de inrichting;
 - 2^o. de hoeveelheid die bij een normale bedrijfsvoering in de inrichting aanwezig is;
 - 3^o. de fysische vorm van de betrokken gevaarlijk stof of stoffen;
 - f. met het oog op de vaststelling van domino-effecten: voor gevaarlijke stoffen behorend tot de categorie ontplofbaar, ontvlambaar, licht ontvlambaar of zeer licht ontvlambaar, bedoeld in bijlage I, deel 2:
 - 1^o. een aanduiding van het grootste insluitsysteem;
 - 2^o. de maximale hoeveelheid van de betrokken gevaarlijke stof die daarin aanwezig kan zijn;
 - 3^o. een aanduiding van de betrokken gevaarlijke stof alsmede een aanduiding van de categorie waartoe die stof behoort;
 - 4^o. de plaats van het insluitsysteem in die inrichting;

- 5°. de druk en de temperatuur van de betrokken stoffen en preparaten in het insluitsysteem;
- g. de activiteiten die in de inrichting worden uitgeoefend;
- h. de met de onmiddellijke omgeving van de inrichting samenhangende omstandigheden die een zwaar ongeval kunnen veroorzaken of de gevolgen daarvan ernstiger kunnen maken.
2. Indien de in het eerste lid bedoelde gegevens op grond van een ander wettelijk voorschrift schriftelijk aan het bevoegd gezag zijn verstrekt op een tijdstip, niet eerder dan 5 jaar voorafgaande aan het in het eerste lid genoemde tijdstip, en ten aanzien van de onderwerpen waarop die gegevens betrekking hebben geen wijzigingen zijn opgetreden, kan worden volstaan met een schriftelijke mededeling aan het bevoegd gezag, waarin naar die gegevens wordt verwezen.
3. Op een kennisgeving als bedoeld in het eerste lid of een mededeling als in het bedoeld in het tweede lid, is artikel 6, tweede lid, van overeenkomstige toepassing. Indien overeenkomstig het tweede lid wordt verwezen naar eerder verstrekte gegevens, draagt het bevoegd gezag tevens zorg voor de verzending van die gegevens.
4. De in het eerste lid, onderdeel f, bedoelde gegevens behoeven niet te worden verstrekt indien naar genoegen van het bevoegd gezag wordt aangetoond dat voor een verhoging van de risico's, bedoeld in artikel 7, eerste lid, niet behoeft te worden gevreesd.
5. Onze Ministers kunnen gezamenlijk nadere regels stellen met betrekking tot eerste lid.

Artikel 30

Het Inrichtingen- en vergunningenbesluit milieubeheer wordt gewijzigd als volgt.

- a. Artikel 5.15 wordt vervangen door:

Artikel 5.15

Indien de aanvraag betrekking heeft op een inrichting waarop paragraaf 3 van het Besluit risico's zware ongevallen 1999 van toepassing is, gaat zij vergezeld van die onderdelen van het veiligheidsrapport, bedoeld in artikel 10 van dat besluit, die betrekking hebben op de risico's voor personen buiten de inrichting en voor het milieu.

1. In een geval als bedoeld in het eerste lid vermeldt de aanvrager in of bij de aanvraag, onverminderd hetgeen is bepaald in enig ander artikel van dit hoofdstuk, per stof, genoemd in bijlage 1, deel 1, bij dat besluit en per categorie van stoffen en preparaten, genoemd in bijlage 1, deel 2, bij dat besluit, de maximale hoeveelheid waarvoor vergunning wordt gevraagd.
2. Het bevoegd gezag zendt uiterlijk twee weken na ontvangst van de aanvraag, bedoeld in het eerste lid, een afschrift daarvan aan:
- a. de daartoe door Onze Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid aangewezen ambtenaar, bedoeld in artikel 32 van de Arbeidsomstandighedenwet;
- b. de burgemeester van de gemeente waar de inrichting geheel of gedeeltelijk zal zijn of is gelegen;
- c. het bestuur van de regionale brandweer binnen wier gebied de inrichting geheel of gedeeltelijk zal zijn of is gelegen.
- d. voor zover de onderdelen van het veiligheidsrapport betrekking hebben op de risico's voor het oppervlaktewater: het bestuursorgaan dat tot het verlenen van de vergunning krachtens de Wet verontreiniging oppervlaktewateren bevoegd is, behoudens in een geval als bedoeld in artikel 8.28 van de Wet milieubeheer.

3. Het bevoegd gezag zendt, indien tijdens de behandeling van de aanvraag een aanvulling op het veiligheidsrapport is ontvangen, deze aanvulling uiterlijk twee weken na ontvangst aan de in het derde lid genoemde bestuursorganen en aan de daar bedoelde ambtenaar.
 - b. Na artikel 5.15 wordt een artikel ingevoegd, luidende:

Artikel 5.15a

1. Indien de aanvraag betrekking heeft op een inrichting waarop paragraaf 2 en niet tevens paragraaf 3 van het Besluit risico's zware ongevallen 1999 van toepassing is, vermeldt de aanvrager in of bij de aanvraag, onverminderd hetgeen is bepaald in enig ander artikel van dit hoofdstuk, de volgende gegevens:
 - a. het adres van de inrichting;
 - b. de naam of de handelsnaam van degene die de inrichting drijft en zijn adres;
 - c. de naam en de functie van de met de feitelijke leiding van de inrichting belaste persoon. Indien deze een ander is dan degene die de inrichting drijft;
 - d. de aard van de in de inrichting aanwezige gevaarlijke stoffen;
 - e. per stof, genoemd in bijlage 1, deel 1, bij dat besluit, en per categorie van stoffen en preparaten, genoemd in bijlage 1, deel 2, bij dat besluit:
 - 1°. de maximale hoeveelheid waarvoor vergunning wordt gevraagd;
 - 2°. de hoeveelheid die bij een normale bedrijfsvoering in de inrichting aanwezig is;
 - 3°. de fysische vorm van de betrokken gevaarlijke stof of stoffen;
 - f. met het oog op de vaststelling van domino-effecten: voor gevaarlijke stoffen behorend tot de categorie ontplofbaar, ontvlambaar, licht ontvlambaar of zeer licht ontvlambaar, bedoeld in bijlage 1, deel 2, bij dat besluit:
 - 1°. een aanduiding van het grootste insluitsysteem;
 - 2°. de maximale hoeveelheid van de betrokken gevaarlijke stof die daarin aanwezig kan zijn;
 - 3°. een aanduiding van de betrokken gevaarlijke stof alsmede een aanduiding van de categorie waartoe die stof behoort;
 - 4°. de plaats van het insluitsysteem in de inrichting;
 - 5°. de druk en de temperatuur van de betrokken stoffen en preparaten in het insluitsysteem;
 - g. de activiteiten die in de inrichting worden uitgeoefend;
 - h. de met de onmiddellijke omgeving van de inrichting samenhangende omstandigheden die een zwaar ongeval kunnen veroorzaken of de gevolgen daarvan ernstiger kunnen maken.
2. Artikel 5.15, derde lid, is van overeenkomstige toepassing.
3. Onze Minister kan in overeenstemming met Onze Ministers van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en van Sociale Zaken en Werkgelegenheid nadere regels stellen met betrekking tot de gegevens bedoeld in het eerste lid.
 - c. Artikel 5.17 wordt gewijzigd als volgt:
 1. In artikel 5.17 wordt 'Besluit risico's zware ongevallen' telkens gewijzigd in: Besluit risico's zware ongevallen 1999.
 2. Aan artikel 5.17 worden twee leden toegevoegd, luidende:
 3. Op een aanvraag als bedoeld in het eerste en tweede lid is artikel 5.15, tweede lid, van overeenkomstige toepassing, voor zover de gegevens met betrekking tot de maximale hoeveelheid nodig zijn voor het nemen van de beslissing op de aanvraag.
 4. Artikel 5.15, derde lid en vierde lid, is van overeenkomstige toepassing.
 - d. Na artikel 5.17 wordt een artikel ingevoegd, luidende:

Artikel 5.17a

1. Indien de aanvraag betrekking heeft op het veranderen van een inrichting of van de werking daarvan, als bedoeld in artikel 8.1, eerste lid, onder b, van de wet, vermeldt de aanvrager in of bij de aanvraag, onverminderd hetgeen is bepaald in enig ander artikel van dit hoofdstuk, de gegevens, bedoeld in artikel 5.15a, eerste lid, indien de aanvraag betrekking heeft op een inrichting waarop paragraaf 2 en niet tevens paragraaf 3 van het Besluit risico's zware ongevallen 1999 ten gevolge van het veranderen van de inrichting of het veranderen van de werking daarvan voor de eerste maal van toepassing wordt.
2. Indien de aanvraag betrekking heeft op het veranderen van een inrichting of van de werking daarvan, als bedoeld in artikel 8.1, eerste lid, onder b, van de wet, vermeldt de aanvrager in of bij de aanvraag, onverminderd hetgeen is bepaald in enig ander artikel van dit hoofdstuk, herziene gegevens als bedoeld in artikel 5.15a, eerste lid, indien de aanvraag betrekking heeft op een inrichting waarop paragraaf 2 en niet tevens paragraaf 3 van het Besluit risico's zware ongevallen 1999 van toepassing is en ten aanzien waarvan reeds gegevens als bedoeld in die paragraaf zijn overgelegd, voor zover de herziening van die gegevens nodig is voor het nemen van de beslissing op de aanvraag.
3. Artikel 5.15, derde lid, is van overeenkomstige toepassing.
 - e. Na artikel 6.3 wordt een artikel toegevoegd, luidende:

Artikel 6.4

In gevallen waarin de melding betrekking heeft op een inrichting waarop het Besluit risico's zware ongevallen 1999 van toepassing is, zendt het bevoegd gezag binnen twee weken na ontvangst van de melding een exemplaar daarvan aan:

- a. Onze Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer;
- b. de inspecteur;
- c. de daartoe door Onze Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid aangewezen ambtenaar, bedoeld in artikel 32 van de Arbeidsomstandighedenwet;
- d. het college van burgemeester en wethouders van de gemeente waar de inrichting geheel of gedeeltelijk is gelegen, tenzij dat het bevoegd gezag is;
- e. het bestuur van de regionale brandweer binnen wier gebied de inrichting geheel of gedeeltelijk is gelegen.
- f. In artikel 7.1, tweede lid, onderdeel b, wordt "artikel 4, tweede lid, onder c, van het Besluit risico's zware ongevallen" vervangen door: bijlage III, onder 2, sub c, van het Besluit risico's zware ongevallen 1999.
- g. In artikel 7.2, tweede lid, onderdeel d, wordt "artikel 4, tweede lid, onder c, van het Besluit risico's zware ongevallen" vervangen door: bijlage III, onder 2, sub c, van het Besluit risico's zware ongevallen 1999.
- h. In artikel 7.3, tweede lid, onder c, wordt "artikel 4, tweede lid, onder c, van het Besluit risico's zware ongevallen" vervangen door: bijlage III, onder 2, sub c, van het Besluit risico's zware ongevallen 1999.
- i. Artikel 8.2 komt te luiden:
 1. Het bevoegd gezag zendt in een geval als bedoeld in de artikelen 5.15 en 5.17 met het oog op de voorbereiding van de bestrijding van rampen en zware ongevallen de daar bedoelde onderdelen van het veiligheids-rapport en, indien tijdens de behandeling van de aanvraag een aanvulling op het veiligheidsrapport is ontvangen, deze aanvulling aan:

- a. de burgemeester van de gemeenten waarvan het grondgebied is gelegen binnen de lijn van 10^{-8} individueel risico, bedoeld in bijlage III, onder 2, onder c, van het Besluit risico's zware ongevallen 1999;
 - b. de commissaris van de Koningin in de provincie waarin een gemeente is gelegen waarin de inrichting geheel of gedeeltelijk zal zijn of is gelegen;
 - c. de commissaris van de Koningin in de provincie waarin een gemeente als bedoeld onder a is gelegen;
 - d. het bestuur van de regionale brandweer binnen wier gebied een gemeente als bedoeld onder a of c is gelegen.
2. Het bevoegd gezag zendt een exemplaar van de stukken, bedoeld in het eerste lid, aan Onze Minister.
 3. Onze Minister zendt een exemplaar van de stukken, bedoeld in het eerste lid, indien de lijn van 10^{-8} individueel risico, bedoeld in bijlage III, onder 2, onder c, van het Besluit risico's zware ongevallen 1999 zich uitstrekt over het grondgebied van een andere staat, aan die staat. In dat geval zendt hij tevens een exemplaar aan Onze Minister van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. In afwijking van de eerste volzin zendt Onze Minister, indien krachtens artikel 19.3 van de wet een tweede tekst is overgelegd, een exemplaar van deze tekst aan de betrokken staat..
- j. In bijlage I, onderdeel 10.2, wordt 'artikel 1g, eerste lid, onder b of c, van het Besluit risico's zware ongevallen' vervangen door: artikel 8 van het Besluit risico's zware ongevallen 1999.