Verkennende studie naar (petro)chemische clusters en veiligheid:

Veiligheidsparameters binnen (petro)chemische clusters en losstaande (petro)chemische bedrijven



Karolien van Nunen
Genserik Reniers
Paul Swuste

Mei 2019

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Inhoudstafel

Samenvatting 4

1. Achtergrond 20

2. (Petro)chemische clusters in Nederland 21

2.1. Definitie (petro)chemische cluster 21

2.2. (Petro)chemische clusters in Nederland 22

2.3. Bedrijven versus inrichtingen 22

2.4. Ontstaansreden van een (petro)chemische cluster 24

3. Probleemstelling 25

4. Onderzoeksvragen 26

5. Onderzoeksmethode 27

5.1. Multi-method design 27

5.2. Gebruikt model: bow-tie 28

6. Resultaten 30

6.1. Worst-credible ongevalsscenario's in clusterbedrijven en losstaande bedrijven 30

6.1.1. Definitie worst-credible ongevalsscenario 30

6.1.2. Geïdentificeerde worst-credible ongevalsscenario's 33

a) Worst-credible ongevalsscenario's: mogelijke gevaren en centrale gebeurtenissen bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven 33

b) Worst-credible ongevalsscenario's: mogelijke gevolgen bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven 35

Escalatie-effecten en domino-effecten 35

Keteneffecten 41

6.2. Beïnvloedende veiligheidsparameters in clusterbedrijven en losstaande bedrijven 44

6.2.1. Samenwerking en kennisuitwisseling 45

a) Samenwerking en kennisuitwisseling binnen in de (petro)chemische industrie 45

b) Samenwerking en kennisuitwisseling: verschillen tussen losstaande en geclusterde (petro)chemische bedrijven 48

c) De impact van samenwerking en kennisuitwisseling op het veiligheidsniveau 52

6.2.2. Uitwisselen van informatie over ongevalsscenario's 52

6.2.3. Standaardisatie en uniformiteit 53

6.2.4. (Gezamenlijke) bedrijfsbrandweer en (centrale) noodorganisatie 55

6.2.5. Beïnvloedende veiligheidsparameters aan de linkerkant van de bow-tie 57

6.2.6. Schaalgrootte binnen clusters 58
6.2.7. Voldoen aan wet- en regelgeving 59
a) Drempelwaarden voor BRZO-bedrijven 59
b) Aandacht voor domino-effecten én escalatie-effecten 59
c) Toezicht en handhaving: reactieve en regelgerichte focus 60
d) Toezicht en handhaving: focus op individuele bedrijven 60
6.2.8. Veiligheidsmaatregelen bij geïntegreerde bedrijven 62
6.3. Transport van gevaarlijke stoffen bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven 64
6.3.1. Worst-credible ongevalsscenario's tijdens transport van gevaarlijke stoffen 64
6.3.2. Transport van gevaarlijke stoffen: beïnvloedende veiligheidsparameters en verschillen tussen geclusterde en niet-geclusterde bedrijven 65
a) Het aantal transportbewegingen 65
b) De hoeveelheid (tussen)opslag 65
c) Problemen met cruciale transportassen 65
d) De mogelijkheid tot minder risicovolle transportmodaliteiten 66
e) Beschikbare kennis en deskundigheid 66
f) Het volume van en verscheidenheid aan gevaarlijke stoffen 66
g) Aantal handelingen en overdracht van verantwoordelijkheden 67
h) Domino- en keteneffecten 67
6.4. Security aspecten bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven 69
6.4.1. Security-incidenten als worst-credible ongevalsscenario? 69
6.4.2. Security-incidenten: verschillen tussen losstaande en geclusterde (petro)chemische bedrijven 71
7. Conclusies 72
7.1. Worst-credible ongevalsscenario's in clusterbedrijven en losstaande bedrijven 72
7.2. Beïnvloedende veiligheidsparameters in clusterbedrijven en losstaande bedrijven 74
7.3. Verschillen en gelijkenissen tussen de (petro)chemische clusters in Nederland 81
7.4. Transport van gevaarlijke stoffen bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven 83
7.5. Security aspecten bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven 84
8. Aanbevelingen 86
Referenties 91
Bijlage 1. Overzicht van de geïnterviewde personen 94
Bijlage 2. Functies respondenten vragenlijst inspectiediensten BRZO+ 96

Samenvatting

Inleiding en probleemstelling

Het programma Duurzame Veiligheid 2030 omvat verschillende initiatieven om tot een nog veiligere (petro)chemische sector in Nederland te komen. Eén van de onderdelen (roadmaps) van dit programma heeft als doel de veiligheid in bestaande (petro)chemische clusters duurzaam en significant te verbeteren. Dit onderzoek kadert binnen deze roadmap, en is een verkennende studie om in kaart te brengen welke parameters een invloed hebben op de veiligheid van (petro)chemische clusters, en in welke mate zijn deze parameters aanwezig bij losstaande (petro)chemische bedrijven.

(Petro)chemische clusters kunnen immers opportuniteiten met zich meebrengen op het vlak van veiligheid, maar kunnen evengoed zorgen voor beperkingen of nadelen op het vlak van veiligheid. Op basis van een duidelijk zicht op de verschillen tussen beïnvloedende veiligheidsparameters bij (petro)chemische clusters en losstaande (petro)chemische bedrijven kan er meer gericht ingezet worden (o.a. door overheden en bedrijven) om de veiligheid te verbeteren in zowel clusters als losstaande bedrijven.

Een (petro)chemische cluster wordt gedefinieerd als een geografisch gebied waarbinnen verschillende BRZO-bedrijven gevestigd zijn, al dan niet omgeven door niet-BRZO-bedrijven. De geografische afbakening impliceert de mogelijkheid van directe effecten tussen de verschillende bedrijven ten gevolge van een procesgerelateerd incident (brand, explosie, toxische wolk). De samenwerking tussen de bedrijven kan variëren van niet of zeer licht georganiseerd tot intensief georganiseerd. Uitgaande van deze definitie zijn er in Nederland zes (petro)chemische clusters: Amsterdam, Delfzijl-Eemshaven, Moerdijk, Rotterdam-Rijnmond (met als sub-clusters Pernis, Botlek, Europoort, Maasvlakte), Sittard-Geleen (Chemelot) en Zeeland (Terneuzen).

Onderzoeksvragen

Volgende hoofdonderzoeksvraag werd geformuleerd: “Welke parameters hebben een invloed op de veiligheid (safety & security) van (petro)chemische clusters en in welke mate zijn deze parameters aanwezig bij niet-geclusterde, losstaande (petro)chemische bedrijven?”. Om hierop een antwoord te formuleren worden volgende deelvragen bekeken:

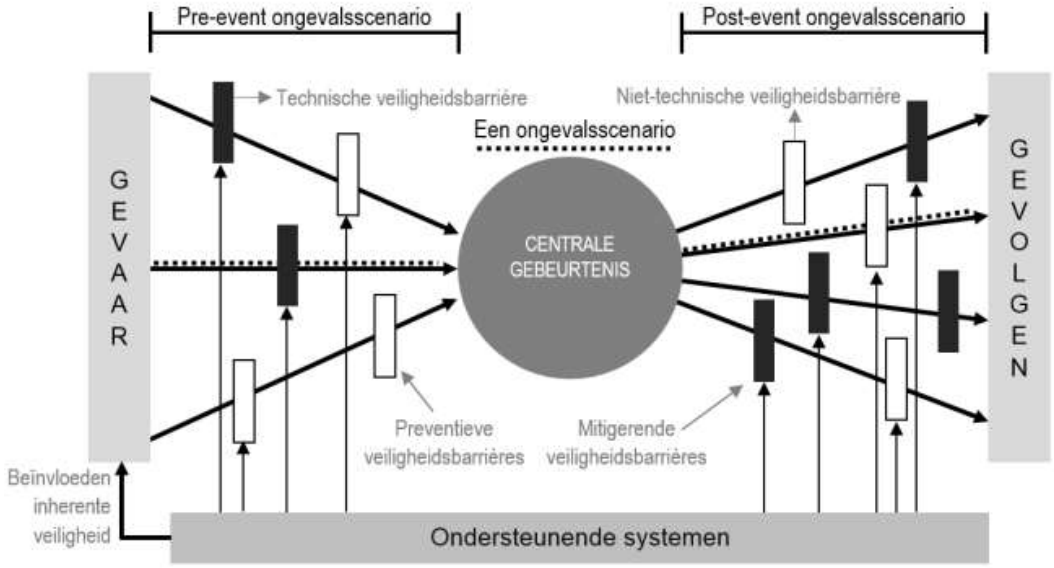
1) Wat zijn de worst-credible ongevalsscenario’s voor een clusterbedrijf en wat zijn de worst-credible ongevalsscenario’s voor een niet-clusterbedrijf?
2) Welke parameters kunnen het verloop van de worst-credible ongevalsscenario’s beïnvloeden, respectievelijk voor clusterbedrijven en niet-clusterbedrijven?
3) Wat zijn verschillen en gelijkenissen tussen de beïnvloedende veiligheidsparameters van worst-credible ongevallenscenario’s binnen de verschillende (petro)chemische clusters in Nederland?

Het onderzoek is een *verkennende studie* waarbij de parameters die een invloed hebben op de veiligheid van al dan niet geclusterde (petro)chemische bedrijven worden geïdentificeerd en geïnventariseerd op *kwalitatieve wijze*. Het valt niet binnen de scope van het onderzoek om na te gaan of een (petro)chemische cluster veiliger of onveiliger is dan een losstaand (petro)chemisch bedrijf.

Onderzoeksmethode

Er wordt gebruik gemaakt van een multi-method design waarbij verschillende onderzoeksmethoden gecombineerd worden en elkaar aanvullen. Ten eerste wordt relevante nationale en internationale literatuur bekeken. Vervolgens worden semi-gestructureerde interviews gevoerd met relevante actoren (verbonden aan een (petro)chemische cluster of aan een losstaand (petro)chemisch bedrijf) om mogelijke ongevalsscenario's en beïnvloedende veiligheidsparameters in kaart te brengen. Ook worden relevante documenten en data (aangeleverd door de geïnterviewde personen) geanalyseerd. Tot slot wordt een vragenlijst afgenomen bij toezichthouders inspectie SZW (Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid), BRZO-Omgevingsdiensten en veiligheidsregio's die geclusterde BRZO-bedrijven en losstaande BRZO-bedrijven onder hun toezicht hebben.

Om de hoofd- en deelonderzoeksvragen te beantwoorden wordt er gebruik gemaakt van het vlinderdasmodel of de bow-tie. Een bow-tie illustreert een ongevalsproces dat start met een gevaar aan de linkerkant. Verschillende ongevalsscenario's (zie deelonderzoeksvraag 1), weergegeven als de pijlen van links naar rechts, kunnen leiden tot het centrale punt van de bow-tie, de centrale gebeurtenis. Op dit punt is het gevaar in die mate oncontroleerbaar geworden, dat het een ongewenste gebeurtenis is met het vermogen om letsels of schade aan te richten. De centrale gebeurtenis gaat vervolgens via de pijlen verder naar de gevolgen aan de rechterkant van de figuur, zijnde letsels aan personen of schade aan materiaal of de omgeving. De sterkte van de bow-tie is dat er aan de ongevalsscenario's beïnvloedende parameters gelinkt kunnen worden (zie deelonderzoeksvraag 2). Deze parameters kunnen het ongeval (de centrale gebeurtenis) voorkomen (aan de linkerkant van de figuur) of kunnen de gevolgen mitigeren (aan de rechterkant van de figuur).



Het vlinderdasmodel of bow-tie

Resultaten

Deelonderzoeksvraag 1

"Wat zijn de worst-credible ongevalsscenario's voor een clusterbedrijf en wat zijn de worst-credible ongevalsscenario's voor een niet-clusterbedrijf?"

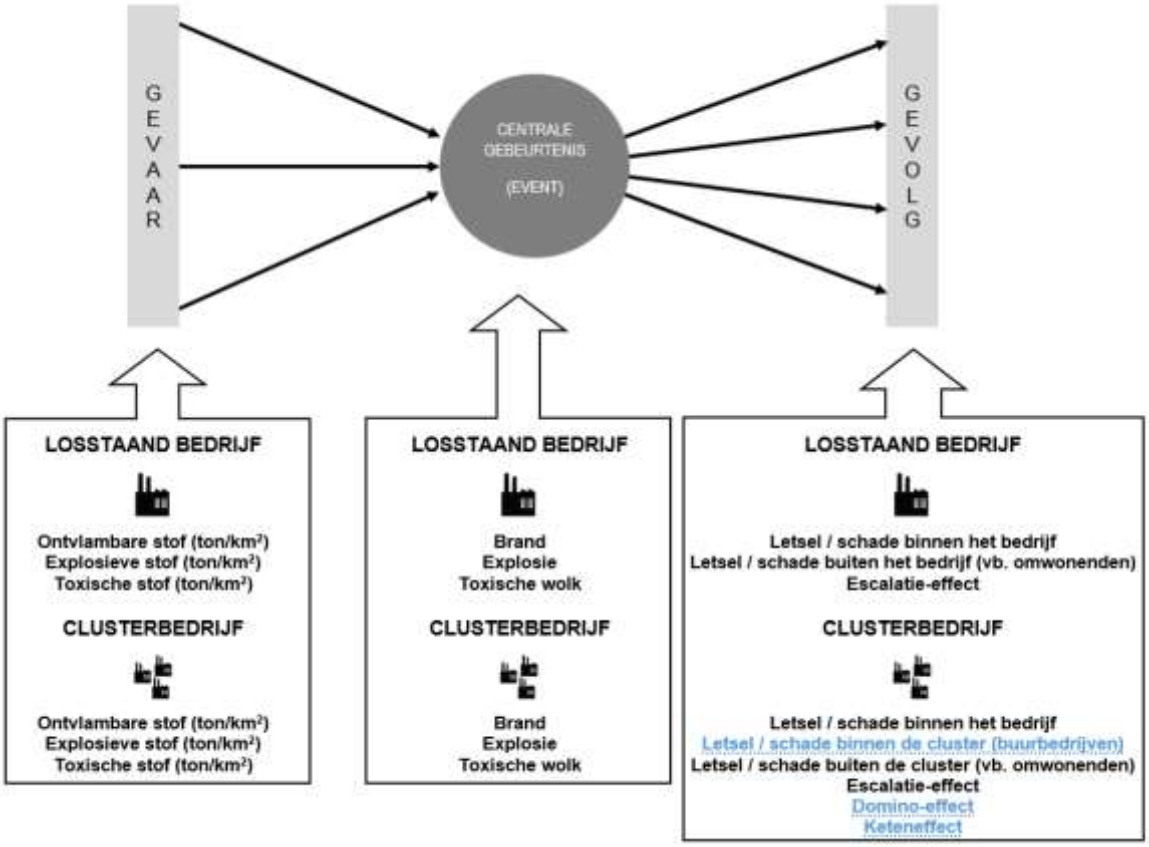
Worst-credible ongevalsscenario's zijn scenario's met enerzijds een geloofwaardige waarschijnlijkheid en anderzijds een ernstig of zeer ernstig gevolg. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de worst-credible ongevalsscenario's binnen losstaande bedrijven en binnen geclusterde bedrijven. De worst-credible centrale gebeurtenissen zijn brand, explosie en het vrijkomen van toxische stoffen. De gevaren die hieraan voorafgaan zijn respectievelijk de aanwezigheid van ontvlambare stoffen, explosieve stoffen en toxische stoffen. Hierin zijn geen verschillen op te merken tussen (petro)chemische clusters en losstaande bedrijven.

Wat betreft de mogelijke gevolgen van een ongevalsscenario zijn er wel verschillen op te merken tussen geclusterde en losstaande bedrijven. Bij zowel geclusterde als losstaande bedrijven kan letsel/schade binnen het eigen bedrijf, letsel/schade buiten het bedrijf (bijvoorbeeld naar omwonenden en bebouwing), of een escalatie-effect[1] optreden als gevolg van een ongevalsscenario. Bij een clusterbedrijf komt hier bovenop dat er letsel/schade kan optreden bij andere bedrijven binnen de cluster. Ook (externe) domino-effecten[2] en keteneffecten[3] zijn mogelijke gevolgen van een ongevalsscenario die enkel bij clusterbedrijven kunnen plaatsvinden, en niet bij losstaande bedrijven.

[1] Een ongevalsscenario in één bedrijf veroorzaakt een ongevalsscenario in hetzelfde bedrijf

[2] Een ongevalsscenario in één bedrijf veroorzaakt een ongevalsscenario in een ander bedrijf

[3] Een ketenscenario kan optreden wanneer nabijgelegen bedrijven gebruik maken van dezelfde utilities, of wanneer bedrijven gebruik maken van elkaars productstromen. De essentie van een ketenscenario is dat, door uitval van gezamenlijke systemen, installaties van verschillende bedrijven stilgelegd moeten worden, en nadien weer opgestart moeten worden. Ook binnen eenzelfde bedrijf kan het uitvallen van een installatie of problemen met de aanvoer van grondstoffen ertoe leiden dat andere installaties uit bedrijf moeten gaan (of met een mindere capaciteit moeten draaien). In dit onderzoeksrapport spreken we echter enkel van een ketenscenario als er sprake is van verbondenheid of onderlinge samenhang tussen *verschillende* bedrijven



Worst-credible ongevalsscenario's binnen losstaande en geclusterde bedrijven

Deelonderzoeksvraag 2

"Welke parameters kunnen het verloop van de worst-credible ongevalsscenario's beïnvloeden, respectievelijk voor clusterbedrijven en niet-clusterbedrijven?"

Verschillende parameters kunnen het verloop van de worst-credible ongevalsscenario's beïnvloeden. Met beïnvloeden wordt bedoeld in welke mate de ongewenste gebeurtenis voorkomen kan worden of, wanneer de ongewenste gebeurtenis zich toch voordoet, de gevolgen beperkt kunnen worden.

Samenwerking en kennisdeling

Samenwerking en kennisdeling kan leiden tot een hogere kwaliteit en professionalisering van veiligheidsmaatregelen. In een cluster is veiligheidswinst mogelijk indien de bedrijven niet opereren als losstaande bedrijven. Niet enkel binnen clusters zijn samenwerkingsnetwerken van belang, samenwerkingsnetwerken kunnen er ook voor zorgen dat de veiligheid van niet-geclusterde bedrijven op een hoger niveau wordt getild. De regionale veiligheidsnetwerken, die zijn opgericht om samenwerking en kennisdeling binnen een geografisch gebied te bevorderen, en andere bestaande veiligheidsplatforms op branche- en sectorniveau, vervullen op dit vlak reeds een belangrijke rol.

Binnen chemische clusters zijn er aspecten die op het vlak van samenwerking en kennisdeling bevorderend werken. Zo maakt de geografische nabijheid van bedrijven binnen een cluster samenwerking en kennisdeling vaak makkelijker dan in vergelijking met bedrijven die geen buurbedrijven om zich heen hebben. Net daarom moet deze laatste groep bijkomend gestimuleerd worden om samenwerkingsverbanden aan te gaan. Ook zijn binnen clusters zogenaamde 'trusted communities' vaak makkelijker op te bouwen door de geografische nabijheid. Bovendien komt *peer pressure*, waarbij verschillende bedrijven elkaar aansporen en controleren om bepaalde veiligheidsstandaarden te behalen, binnen clusters makkelijker tot stand.

Verschillende aspecten kunnen binnen clusterbedrijven echter ook remmend werken op vlak van samenwerking en kennisdeling. Zo kan de mogelijke veiligheidswinst door samenwerking niet altijd even zichtbaar zijn, bijvoorbeeld wanneer onderlinge verbondenheid en afhankelijkheid tussen verschillende bedrijven beperkt is. Nabijgelegen bedrijven kunnen echter steeds geconfronteerd worden met risico's die worden veroorzaakt door de beslissingen van naburige bedrijven. Bedrijven moeten zich hiervan bewust zijn. Ook kan het verdelen van kosten voor gezamenlijke clusterinitiatieven een moeilijke opgave zijn. Deze verdeling is immers niet evident als bepaalde bedrijven minder of meer baat hebben bij het genomen initiatief. Samenwerkingsverbanden binnen clusters kunnen er bovendien voor zorgen dat bedrijven een deel van hun autonomie verliezen. Het kan ook een opdracht zijn om samenwerking te realiseren tussen verschillende bedrijven (en eventuele moederbedrijven) die elks een eigen bedrijfsvoering hebben. Verschillende opvattingen over veiligheid kunnen ervoor zorgen dat veranderingsprocessen moeilijker te realiseren zijn en dat het besluitvormingsproces wordt vertraagd. Vaak is intensief overleg met de verschillende partijen nodig om tot een consensus te komen. Met deze mogelijke remmende factoren moet rekening gehouden worden bij het stimuleren van bedrijven om meer samen te werken.

Verder zijn er nog enkele aandachtspunten wat betreft samenwerkingsverbanden binnen clusters. Zo zijn gedeelde verantwoordelijkheden niet altijd evident en kunnen er onduidelijkheden optreden op dit vlak. Duidelijke afspraken hierover zijn belangrijk. Ook kunnen verantwoordelijkheden binnen een cluster makkelijker afgeschoven of doorgeschoven worden. Verder zijn niet alle samenwerkingsverbanden die een positief effect hebben op het veiligheidsniveau afdwingbaar. Het niet of slechts gedeeltelijk deelnemen van bedrijven binnen een cluster aan gezamenlijke initiatieven kan echter voor (veiligheids)problemen of een toegenomen complexiteit zorgen. Een duidelijke centrale aansturing van alle bedrijven binnen een cluster kan een oplossing bieden om de rollen en verantwoordelijkheden van alle bedrijven binnen een cluster duidelijk vast te leggen. Tot slot is niet enkel samenwerking en kennisdeling binnen clusters, maar ook *tussen* clusters van belang. Een kritische reflectie van buitenaf met andere inzichten moet toegelaten worden om een 'tunnelvisie' te voorkomen.

Uitwisselen van informatie over ongevalsscenario's

Deze beïnvloedende veiligheidsparameter is voornamelijk relevant voor bedrijven die in elkaars geografische nabijheid liggen. Deze bedrijven kunnen immers directe effecten of gevolgen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's. De informatie-uitwisseling is momenteel enkel verplicht indien er een

domino-aanwijzing is tussen BRZO-bedrijven. Deze informatie-uitwisseling zou echter ook gestimuleerd moeten worden voor naburige bedrijven zonder domino-aanwijzing. Immers, ook zonder domino-aanwijzing kunnen naburige BRZO-bedrijven directe effecten of gevolgen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's, en directe effecten of gevolgen van ongevalsscenario's kunnen ook plaatsvinden tussen naburige (petro)chemische bedrijven die niet BRZO-plichtig zijn. Verder blijkt dat, in het geval van een domino-aanwijzing, de informatie-uitwisseling voornamelijk plaatsvindt op papier, en op een eerder oppervlakkige manier zonder in de diepte in te gaan op de verschillende aspecten van de ongevalsscenario's.

Standaardisatie en uniformiteit

Standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid kan ervoor zorgen dat ongevalsscenario's zowel aan de rechterkant als aan de linkerkant beïnvloed worden. Zo kan uniformiteit ervoor zorgen dat veiligheid overzichtelijker wordt, dat een bepaald kwaliteitsniveau behaald wordt, en dat er een duidelijk verwachtingspatroon gecreëerd wordt. Het belang van deze standaardisatie en uniformiteit op vlak van veiligheid geldt zowel voor geclusterde als voor niet-geclusterde bedrijven.

In de praktijk zijn verschillende voorbeelden terug te vinden van standaardisatie en uniformiteit. Dit kan echter nog verder bevorderd en doorgetrokken worden. Bovendien is er voornamelijk op het vlak van arbeidsveiligheid standaardisatie vast te stellen, en minder op het vlak van procesveiligheid. Ook is binnen clusters uniformiteit voornamelijk vast te stellen binnen duidelijk afgebakende terreinen, zoals op het Chemie Park Delfzijl of op het Valuepark Terneuzen. Binnen de bredere gebieden, zoals de bredere cluster Delfzijl-Eemshaven of Zeeland, of tussen losstaande bedrijven, is er minder standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid. Huidige initiatieven rond standaardisatie manifesteren zich bovendien voornamelijk aan de rechterkant van de bow-tie (reactief) en op operationeel vlak. Ook aan de linkerkant van de bow-tie (proactieve initiatieven) en op strategisch en tactisch niveau kan standaardisatie en uniformiteit veiligheidswinst opleveren.

(Gezamenlijke) bedrijfsbrandweer en (centrale) noodorganisatie

De veiligheidsparameters 'bedrijfsbrandweer' en 'noodorganisatie' hebben een invloed op de rechterkant van de bow-tie, namelijk het mitigeren van de gevolgen indien een incident plaatsvindt.

Een bedrijfsbrandweer levert ten opzichte van een overheidsbrandweer verschillende voordelen op. Zo heeft een bedrijfsbrandweer doorgaans een kortere aanrijtijd, en is deze gespecialiseerd in industriële brandbestrijding. Ook heeft een bedrijfsbrandweer een uitgebreide kennis over de processen en mogelijke ongevalsscenario's binnen het bedrijf / de bedrijven, ze kennen er goed de weg, en kennen de operators (of ze zijn zelf operator). Bovendien kijkt een bedrijfsbrandweer niet enkel naar de veiligheid van de mensen in het effectgebied, maar ook naar de continuïteit van de fabrieken.

Bedrijven die geografisch dicht bij elkaar liggen, kunnen de bedrijfsbrandweer gezamenlijk organiseren. Dit heeft niet alleen als voordeel dat dit een kostenbesparing kan opleveren, maar ook dat het professioneler georganiseerd kan worden waardoor de kwaliteit van de hulpverlening stijgt. Om de

kwaliteit van de bedrijfsbrandweer te optimaliseren, is het wel wenselijk dat bedrijven zich aansluiten bij de gezamenlijke bedrijfsbrandweer als deze aanwezig is.

Ook het gezamenlijk en centraal organiseren van de noodorganisatie kan voordelen opleveren. Het gaat hier onder meer over het gezamenlijk organiseren van alarmering en opschalen, ontruimen en evacueren, informeren en samenwerken met externe hulpdiensten, het informeren van de omgeving, en het communiceren met media en externe stakeholders.

Beïnvloedende veiligheidsparameters aan de linkerkant van de bow-tie

Er kan vastgesteld worden dat gezamenlijke clusterinitiatieven zich grotendeels situeren aan de rechterkant van de bow-tie, dus nadat een centrale gebeurtenis heeft plaatsgevonden. Het gaat onder meer over de gezamenlijke brandweer, onderlinge alarmering bij incidenten, het opstellen van een gezamenlijk noodplan of rampenbestrijdingsplan, enzovoort. Gezamenlijke initiatieven aan de linkerkant van de bow-tie, zogenaamde proactieve initiatieven, blijven (te) beperkt. Zo is uitwisseling van informatie vooral incident-gedreven, en vindt uitwisseling aan de voorkant van de bow-tie (kennis over elkaars processen, risico's, ongevalsscenario's) veel minder plaats. Ook worden mogelijke ongevalsscenario's opgesteld door individuele bedrijven. Bij het opmaken van deze scenario's wordt er weinig tot geen rekening gehouden met gevaren, centrale gebeurtenissen en gevolgen die afkomstig kunnen zijn van naburige bedrijven. Hierdoor worden sommige ongevalsscenario's niet in kaart gebracht, en worden er geen maatregelen op dit vlak genomen. Verder gebeuren risicoanalyses en dreigingsanalyses niet gezamenlijk, en worden veiligheidsaudits meestal intern uitgevoerd. Onderlinge audits tussen nabijgelegen bedrijven, of meer samenwerking op vlak van onderhoud en inspectie, zouden een meerwaarde kunnen opleveren. Ook op het vlak van domino-effecten worden er voornamelijk beperkende/mitigerende maatregelen genomen, en veel minder maatregelen om mogelijke domino-effecten te voorkomen.

Clusterinitiatieven zijn bovendien niet enkel voornamelijk reactief, ze situeren zich ook voornamelijk op het operationele vlak. Samenwerking op strategisch en tactisch niveau vindt plaats, maar eerder in beperkte mate. Proactieve, strategische en tactische focus is minstens even belangrijk. Het is immers altijd beter om een centrale gebeurtenis te voorkomen, dan in te zetten op een beperking van de gevolgen ervan.

Schaalgrootte binnen clusters

Een belangrijk onderscheid tussen geclusterde en losstaande bedrijven is de schaalgrootte. Deze schaalgrootte kan voordelen opleveren op het vlak van veiligheid. Zo kan schaalgrootte zorgen voor organisatiekracht: meer middelen, meer kennis, en meer mogelijkheden om samen te werken aan veiligheid. Ook zijn sommige veiligheidsinitiatieven enkel rendabel bij een bepaalde schaalgrootte, en maakt de schaalgrootte het mogelijk om bepaalde activiteiten te outsourcen naar gespecialiseerde bedrijven. Verder kan clusteromvang leiden tot specifieke kennis en expertise op het vlak van (petro)chemische bedrijven bij overheidspartijen (gemeente, provincie, omgevingsdienst, veiligheidsregio,…).

De schaalgrootte kan ook nadelen opleveren op het vlak van veiligheid. Zo leidt de schaalgrootte tot een hoger volume en verscheidenheid van gevaarlijke stoffen in het betreffende gebied, en een grotere groep van werknemers die mogelijk getroffen kan worden bij een incident. Ook is er meestal pas sprake van schaalgrootte na verloop van tijd (clusters groeien), waardoor bij beginnende clusters niet altijd over alle veiligheidsaspecten wordt nagedacht, wegens (nog) niet relevant. Dit kan echter na verloop van tijd voor problemen zorgen.

Voldoen aan wet- en regelgeving

Verschillende wet- en regelgeving is erop gericht de veiligheid binnen bedrijven te verbeteren, en in die zin te fungeren als beïnvloedende veiligheidsparameter binnen geclusterde en losstaande (petro)chemische bedrijven. De invulling van deze wet- en regelgeving zorgt echter niet altijd voor een optimale veiligheidsverbetering:

- Zo kunnen volgens het BRZO 2015 domino-effecten slechts optreden tussen verschillende inrichtingen, en niet binnen eenzelfde inrichting, ook al maken verschillende bedrijven – ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering en meer specifiek een eigen veiligheidsmanagementsysteem – deel uit van deze inrichting. In de praktijk zijn domino-effecten tussen verschillende bedrijven die deel uitmaken van eenzelfde inrichting natuurlijk wel mogelijk[4].
- Bedrijven die onder de BRZO-wetgeving vallen, zijn verplicht om extra maatregelen te nemen om de veiligheid te garanderen. Bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen, zijn niet gehouden aan de BRZO-wetgeving. Voor deze bedrijven (de zogenaamde 'risicorelevante bedrijven') gelden wel andere veiligheidsregels, zoals PGS-richtlijnen, Bevi en ARIE. Veiligheidsmaatregelen om mogelijke domino-effecten te voorkomen of te beperken zijn bij bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen echter niet juridisch afdwingbaar. Het gaat hier niet enkel over bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen, maar ook om bedrijven waarbij de BRZO-status komt te vervallen door het outsourcen van bepaalde activiteiten naar naastgelegen bedrijven. Hierdoor is er geen domino-aanwijzing mogelijk, maar kan er wel de mogelijkheid bestaan op domino-effecten.
- Het BRZO 2015 heeft voornamelijk aandacht voor mogelijke domino-effecten. Mogelijke escalatie-effecten tussen installaties van eenzelfde bedrijf – 'escalatie-aanwijzingen' – zijn minstens even belangrijk. Het belang van aandacht voor escalatie-effecten geldt zowel voor (petro)chemische bedrijven die deel uitmaken van een cluster, als voor losstaande (petro)chemische bedrijven. Bijkomend geldt voor clusterbedrijven dat het nodig is om te kijken naar omliggende bedrijven die eventuele escalatie-effecten binnen het eigen bedrijf kunnen initiëren.
- Tijdens het toezicht en handhaving wordt er voornamelijk ingezet op *compliance*, en ligt de focus op het zoeken naar overtredingen. Deze manier van inspecteren is reactief, en werkt ook reactief gedrag bij de bedrijven in de hand. Bedrijven worden zo niet voldoende gestimuleerd

[4] De Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV, 2018) formuleerde in dit kader recent een aanbeveling naar aanleiding van de ernstige voorvallen die in 2016 plaatsvonden op het Chemelot terrein.

om proactief te zijn op het vlak van veiligheid. Handhaving door de overheid is zeer belangrijk, maar bedrijven kunnen samen met de overheid tot een hoger veiligheidsniveau komen als er niet enkel wordt ingezet op compliance. Dit kan door de *regelgerichte aanpak* los te laten, en te evolueren naar een meer *risicogerichte aanpak*, waarbij er op basis van de ongevalsscenario's aanwezig binnen het bedrijf, ingezet wordt op de linkerkant van de bow-tie.

- Verschillende provincies hebben het clusteren van risicovolle activiteiten benoemd als provinciaal belang. Hierbij is een belangrijke paradox op te merken. Als overheid wordt ervoor gekozen om risicovolle bedrijven te clusteren en om zo de risico's te concentreren. Daarna wordt deze clustering echter losgelaten, en wordt er tijdens het toezicht en handhaving enkel per inrichting gekeken. De wet- en regelgeving richt zich ook enkel op individuele inrichtingen. Enerzijds worden de risico's dus geconcentreerd, en vervolgens wordt de manier waarop hiermee wordt omgegaan versnipperd.

Voldoen aan wet- en regelgeving *kan* fungeren als veiligheidsparameter om ongevalsscenario's te beïnvloeden. Enkele belangrijke tekortkomingen dienen dan wel erkend en ondervangen te worden.

Veiligheidsmaatregelen bij geïntegreerde bedrijven

Binnen verschillende clusters zijn er bedrijven die zijn verbonden aan elkaar door middel van gedeelde utilities of processtromen. Bij geïntegreerde bedrijven is het van belang dat hierbij adequate veiligheidsmaatregelen worden genomen. De veiligheidsmaatregelen bij geïntegreerde bedrijven kunnen zich zowel manifesteren aan de linkerkant van de bow-tie (de preventie van mogelijke keteneffecten), als aan de rechterkant van de bow-tie (effecten van ketenscenario's beperken). Zo is het van belang dat er duidelijke afspraken worden gemaakt over de maatregelen die genomen worden bij uitval van gezamenlijke systemen zoals gedeelde utilities. De organisatie van een efficiënte centrale noodorganisatie is hierbij essentieel. Ook kan samenwerking op vlak van onderhoud en inspectie veiligheidswinst opleveren.

Als bedrijven worden ontworpen met een integratie in gedachte, is hier op voorhand meestal goed over nagedacht. Bij dergelijke bedrijven zijn de interfaces duidelijk in beeld en zijn er storingsanalyses aanwezig (wat is de impact van een storing in een bedrijf op een ander afhankelijk bedrijf). Binnen deze bedrijven zijn ook meestal voldoende buffers ingebouwd. Dit kan echter anders zijn als er na verloop van tijd wordt beslist om een deel van een fabriek of een hele installatie af te splitsen of te outsourcen naar een ander bedrijf. Deze fabrieken zijn hier niet specifiek voor ontworpen waardoor extra veiligheidsmaatregelen noodzakelijk zijn. Zo moeten er duidelijke afspraken gemaakt worden over verantwoordelijkheden voor bijvoorbeeld onderhoud van bepaalde delen. Bij overdracht naar een nieuwe eigenaar is het ook van belang dat er strenge eisen gesteld worden aan de overdracht, waarbij onder andere de veiligheidskritische informatie up-to-date moet zijn.

Deelonderzoeksvraag 3

"Wat zijn verschillen en gelijkenissen tussen de beïnvloedende veiligheidsparameters van worst-credible ongevallenscenario's binnen de verschillende (petro)chemische clusters in Nederland?"

De zes (petro)chemische clusters in Nederland zijn allen uniek en worden gekenmerkt door specifieke karakteristieken zoals ontstaansgeschiedenis, ligging (omliggende bebouwing, aanwezigheid haven,…), aanwezige bedrijven, ruimte voor uitbreiding, enzovoort. Deze verschillende karakteristieken van een cluster kunnen een invloed hebben op enerzijds de worst-credible ongevalsscenario's, en anderzijds op de beïnvloedende veiligheidsparameters.

Wat betreft de verschillen op het vlak van worst-credible ongevalsscenario's zijn verschillen op te merken op het vlak van mogelijke gevolgen:

- Letsel / schade buiten het bedrijf (naar omwonenden en bebouwing): hier is de afstand tot de woningbouw van grote invloed. Zo ligt bijvoorbeeld het Chemelot terrein zeer dicht bij de bewoning; de afstand van de woningen tot de terreingrens bedraagt op sommige plekken 120 tot 200 meter. Hierdoor zijn ongevalsscenario's mogelijk (brand, explosie, toxische emissie) met effecten die ruim tot in de woongebieden komen. Binnen bijvoorbeeld de cluster Delfzijl-Eemshaven liggen de risicovolle bedrijven dan weer veel verder gelegen van de woongebieden.
- Letsel / schade binnen de cluster (buurbedrijven): binnen afgebakende chemieterreinen, zoals het Chemelot terrein, het Chemie Park Delfzijl en het Valuepark Terneuzen, liggen de (petro)chemische bedrijven vaak veel dichter bij elkaar dan in bijvoorbeeld de bredere cluster van Zeeland (Terneuzen) en Delfzijl-Eemshaven.
- Keteneffecten: de mate van verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid varieert sterk per cluster. Clusters die in het verleden één bedrijf vormden – namelijk Chemelot (voormalig DSM), Chemie Park Delfzijl (voormalig AkzoNobel) en Valuepark Terneuzen (voormalig Dow) – vertonen de hoogste mate van integratie. Ook binnen (petro)chemische clusters die van oorsprong niet één bedrijf vormden – zoals binnen de cluster Rotterdam of Moerdijk – is een hoge mate van integratie vast te stellen. In de cluster Amsterdam (Westpoort) is er weinig verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid tussen de verschillende bedrijven. In deze cluster is de hoofdactiviteit van de meeste bedrijven opslag van brandstoffen, waarbij er weinig procesinstallaties zijn, en het delen van productstromen niet aan de orde is. Binnen deze cluster zijn keteneffecten bijgevolg niet aan de orde (domino-effecten zijn wel mogelijk).

De karakteristieken van clusters kunnen ook verschillen opleveren op het vlak van de beïnvloedende veiligheidsparameters:

- De ontstaansgeschiedenis van een (petro)chemische cluster heeft een grote invloed op de bestaande samenwerking. Clusters die in het verleden één bedrijf vormden (Chemelot terrein, Chemie Park Delfzijl en Valuepark Terneuzen) vertonen een hogere mate van samenwerking.

- Ook is er binnen de clusters die een hogere mate van verbondenheid en afhankelijkheid vertonen doorgaans meer samenwerking en kennisdeling. Binnen deze clusters zijn de voordelen van samenwerking vaak beter zichtbaar, omdat de beslissingen van één bedrijf een direct effect kunnen hebben op het nabijgelegen bedrijf. Ook kunnen de mogelijke keteneffecten een drijfveer zijn om samen te werken en de veiligheid op een hoger niveau te brengen.
- Sommige clusters vertonen veel gelijkenissen op het vlak van processen, of gelijkenissen op het vlak van gebruikte gevaarlijke stoffen. Zo is bijvoorbeeld op het Chemie Park Delfzijl chloor een belangrijke component in vele processen van verschillende bedrijven, of is binnen de cluster Amsterdam (Westpoort) de hoofdactiviteit van de meeste BRZO-bedrijven opslag van brandstoffen. Deze gelijkenissen leiden in sommige gevallen tot meer samenwerking en kennisdeling: hoe groter de gelijkenissen, hoe groter de winst van samenwerking en kennisdeling. Deze gelijkenissen kunnen ook remmend werken op de samenwerking en kennisdeling, als deze bedrijven elkaar door de gelijkenissen als concurrenten zien.
- Clusters vertonen ook verschillen wat betreft verplichtingen en vrijblijvendheid van samenwerkingsinitiatieven. Zo vallen alle bedrijven die zich op het Chemelot terrein vestigen onder een overkoepelende omgevingsvergunning, die ervoor zorgt dat de samenwerking tussen de bedrijven niet vrijblijvend is. Ook zijn binnen afgebakende chemieterreinen gedeelde initiatieven vaak opgenomen in een *Service Level Agreement* (SLA). Zo zijn er op het Chemie Park Delfzijl enkele gemeenschappelijke regelingen die contractueel zijn vastgelegd, bijvoorbeeld op het vlak van security en de infrastructuur. Binnen andere clusters is samenwerking vaak op vrijwillige basis.
- De afbakening van chemieterreinen bepaalt vaak tot hoever de samenwerking reikt. Zo is er intensieve samenwerking en kennisdeling vast te stellen binnen de afgebakende chemieterreinen, maar is deze samenwerking en kennisdeling veel beperkter met de andere bedrijven die binnen de bredere clusters gevestigd zijn. Afbakening zorgt in die zin voor beslotenheid.
- Ook standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid is voornamelijk vast te stellen binnen een duidelijk afgebakend terrein, bijvoorbeeld op het Chemie Park Delfzijl of op het Valuepark Terneuzen. Binnen een breder gebied, bijvoorbeeld de bredere cluster Delfzijl-Eemshaven of Zeeland is er minder standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid.

Aanbevelingen

Op basis van dit verkennende onderzoek worden volgende aanbevelingen geformuleerd. Aanbevelingen 1 t.e.m. 8 focussen specifiek op geclusterde (petro)chemische bedrijven, aanbeveling 9 op losstaande (petro)chemische bedrijven, en aanbevelingen 10 t.e.m. 12 zijn van toepassing op zowel losstaande als geclusterde (petro)chemische bedrijven.

1. Stimuleren en verbeteren van informatie-uitwisseling over ongevalsscenario's tussen naburige (petro)chemische bedrijven (met en zonder domino-aanwijzing)

Als er tussen naburige bedrijven geen domino-aanwijzing is, is er geen verplichting tot informatie-uitwisseling over mogelijke ongevalsscenario's. Echter, ook zonder domino-aanwijzing kunnen naburige BRZO-bedrijven directe effecten of gevolgen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's. Bijkomend kunnen directe effecten of gevolgen van ongevalsscenario's ook plaatsvinden tussen naburige (petro)chemische bedrijven die niet BRZO-plichtig zijn. Informatie-uitwisseling over mogelijke ongevalsscenario's zou gestimuleerd moeten worden tussen deze bedrijven. Ook is het belangrijk om in dit kader extra aandacht te hebben voor inrichtingen waaronder verschillende BRZO-bedrijven, ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering, vallen. Tussen deze bedrijven is immers geen domino-aanwijzing mogelijk, en bijgevolg ook geen verplichting tot informatie-uitwisseling over ongevalsscenario's. Verder blijkt uit het onderzoek dat, zelfs als er sprake is van een domino-aanwijzing, de informatie-uitwisseling over mogelijke ongevalsscenario's voornamelijk op papier gebeurt, en eerder oppervlakkig blijft zonder in te gaan op de verschillende aspecten van de ongevalsscenario's. De informatie-uitwisseling in het geval van een domino-aanwijzing zou verder verbeterd moeten worden.

2. Naar een meer proactieve en strategische samenwerking binnen clusters

Binnen verschillende clusters is reeds een hoge mate van samenwerking aanwezig. Echter, gezamenlijke clusterinitiatieven situeren zich grotendeels aan de rechterkant van de bow-tie, dus nadat een centrale gebeurtenis heeft plaatsgevonden. Niet enkel zijn de huidige clusterinitiatieven voornamelijk reactief, ze situeren zich ook voornamelijk op het operationele vlak. Zo is uitwisseling van informatie vooral incident-gedreven, en worden er vooral gezamenlijke maatregelen genomen om de gevolgen van een incident te *mitigeren*, en veel minder om incidenten te *voorkomen.* Gezamenlijke initiatieven aan de linkerkant van de bow-tie blijven te beperkt. Een meer proactieve samenwerking op tactisch en strategisch niveau zou gestimuleerd moeten worden. Zo kunnen bijvoorbeeld risicoanalyses en dreigingsanalyses gezamenlijk uitgevoerd worden, kunnen mogelijke ongevalsscenario's opgesteld worden door meerdere naburige bedrijven, kan men onderling veiligheidsaudits uitvoeren, en kan er ingezet worden op samenwerking op vlak van onderhoud en inspectie.

3. Het inrichten van een overkoepelend clusterorgaan

Een centrale aansturing van verschillende bedrijven die geografisch dicht bij elkaar liggen kan tegemoet komen aan de uitdagingen die een cluster met zich meebrengen. Zeker binnen clusters die in sterke mate gekoppeld en geïntegreerd zijn, en/of waarbij de bedrijven directe effecten of gevolgen kunnen

ondervinden van elkaars ongevalsscenario's, kan een centrale aansturing een meerwaarde bieden. Zo kan een overkoepelend clusterorgaan er binnen een cluster over waken dat alle beslissings- en uitvoeringsmandaten vastliggen, en dat verantwoordelijkheden duidelijk zijn voor elke partij. Een overkoepelend clusterorgaan kan focussen op operationele aspecten en op de rechterkant van de bow-tie, zoals het inrichten van een centrale noodorganisatie, waarbij niet enkel gezamenlijke noodplannen en afschakelschema's worden opgesteld, maar waarbij ook beslissingsmandaten en aansturing tijdens een incident op voorhand in kaart worden gebracht. Dergelijk clusterorgaan is bovendien ook een opportuniteit om aan de linkerkant van de bow-tie, en op strategisch en tactisch niveau overkoepelende zaken vast te leggen.

4. Een clusterbeleid dat verder gaat dan ruimtelijke ordening en externe veiligheid

Verschillende provincies hebben het clusteren van risicovolle activiteiten benoemd als provinciaal belang. Dit clusterbeleid is gericht op het verhogen van de *externe veiligheid*, waarbij alle risicovolle bedrijven in één gebied worden gevestigd en waarbij de rest van de (woon)omgeving op dat punt ontlast wordt. Als er als overheid voor wordt gekozen om risicovolle bedrijven te clusteren en de risico's te concentreren, is het belangrijk om ook op andere vlakken dit clusterbeleid toe te passen, zoals op het vlak van toezicht en handhaving. Op dit moment wordt er tijdens het toezicht en handhaving enkel naar individuele bedrijven gekeken als deze bedrijven deel uitmaken van een cluster; de wet- en regelgeving is hier ook zo op ingericht. Echter, als verschillende risicovolle bedrijven in een klein gebied worden samen gezet, moet er gekeken worden naar de geaggregeerde risico's. Deze geaggregeerde risico's zijn immers niet gelijk aan de optelsom van de risico's van de individuele bedrijven. Als er op het vlak van ruimtelijke ordening en externe veiligheid voor een clusterbeleid wordt gekozen, is het ook belangrijk dat dit clusterbeleid wordt doorgetrokken om de veiligheid binnen het gebied te verhogen en te optimaliseren.

5. Meer aandacht voor mogelijke domino-effecten bij (petro)chemische bedrijven binnen clusters die (net) onder de BRZO-drempel vallen

Bedrijven die onder de BRZO-wetgeving vallen, zijn verplicht om extra maatregelen te nemen om de veiligheid te garanderen. Bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen, zijn niet gehouden aan de BRZO-wetgeving. Aan deze bedrijven (de zogenaamde 'risicorelevante bedrijven') zijn echter ook vaak risico's verbonden die zware ongevallen kunnen veroorzaken, en zijn bijgevolg gehouden aan andere veiligheidsregels (zoals PGS-richtlijnen, Bevi en ARIE). Veiligheidsmaatregelen om mogelijke domino-effecten te voorkomen of te beperken zijn bij bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen echter niet juridisch afdwingbaar. Meer aandacht voor dergelijke bedrijven is aangewezen, des te meer als deze bedrijven binnen een cluster gevestigd zijn. Binnen clusters kunnen de beslissingen van risicorelevante bedrijven immers een direct effect hebben op naburige (BRZO-)bedrijven. Het gaat hier niet enkel over bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen, maar ook om bedrijven waarbij de BRZO-status komt te vervallen door het outsourcen van bepaalde activiteiten naar naastgelegen bedrijven.

6. Extra aandacht voor geïntegreerde fabrieken die onder verschillende bedrijven vallen

Clusterbedrijven kunnen een hoge mate van verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid vertonen. Bij geïntegreerde bedrijven is het van belang dat adequate veiligheidsmaatregelen worden genomen om mogelijke keteneffecten te voorkomen en eventuele effecten van ketenscenario's te mitigeren. Als bedrijven worden ontworpen met een integratie in gedachte, is hier op voorhand meestal goed over nagedacht. Bij dergelijke bedrijven zijn de interfaces duidelijk in beeld en zijn er storingsanalyses aanwezig (wat is de impact van een storing in een bedrijf op een ander afhankelijk bedrijf). Dit kan echter anders zijn als een fabriek is ontworpen als één bedrijf, en er na verloop van tijd wordt beslist om een deel van een fabriek of een hele installatie af te splitsen of te outsourcen naar een ander bedrijf. Deze fabrieken zijn hier niet specifiek voor ontworpen waardoor extra veiligheidsmaatregelen noodzakelijk zijn. Zo moeten er onder meer duidelijke afspraken gemaakt worden over verantwoordelijkheden voor bijvoorbeeld onderhoud van bepaalde delen. Bij overdracht naar een nieuwe eigenaar is het ook van belang dat er strenge eisen gesteld worden aan de overdracht, waarbij onder andere de veiligheidskritische informatie up-to-date moet zijn. Bij geïntegreerde fabrieken die onder verschillende bedrijven vallen, is het belangrijk om er niet van uit te gaan dat, als de individuele bedrijven veilig opereren, ook het geheel van geïntegreerde bedrijven optimaal veilig draait.

7. Stimuleren van samenwerking en kennisdeling binnen clusters

Samenwerking tussen (petro)chemische bedrijven, zoals het delen van middelen en deskundigheid, kan niet enkel tot een kostenbesparing leiden, maar ook tot een hogere kwaliteit en professionalisering waardoor de veiligheid verhoogd kan worden. Ook door kennisdeling en inzetten op *peer pressure* kan men elkaar samen op een hoger veiligheidsniveau brengen. Er zijn verschillende aspecten die de samenwerking tussen verschillende (al dan niet geclusterde) bedrijven kunnen beïnvloeden. Het gaat hier onder meer over de invloed van ondersteunende organisaties, zoals de VNCI en de regionale veiligheidsnetwerken, de invloed van ondersteunende wet- en regelgeving (die voornamelijk focust op een individuele benadering van bedrijven), de impact van de eventuele moedermaatschappij, en de impact van gelijkaardige processen en producten binnen verschillende bedrijven.

In een cluster is veiligheidswinst mogelijk indien de bedrijven niet opereren als losstaande bedrijven. Er zijn echter heel wat aspecten die deze samenwerking en kennisdeling kunnen beïnvloeden. Uit het onderzoek blijkt dat extra stimulansen nodig kunnen zijn voor clusters met een of meer van onderstaande kenmerken:

- Clusters die niet uit één bedrijf gegroeid zijn
- Clusters waarbinnen de bedrijven in mindere mate verbonden en van elkaar afhankelijk zijn
- Clusters die niet binnen een duidelijk afgebakend chemieterrein vallen en waarvan de geografische spreiding groter is. Zo bepaalt de afbakening van een chemieterrein vaak tot hoever de samenwerking reikt.
- Clusters met bedrijven met grote *verschillen* op het vlak van processen of gebruikte gevaarlijke stoffen (hier is de mogelijke veiligheidswinst vaak minder duidelijk)

- Clusters met bedrijven met grote *gelijkenissen* op het vlak van processen of gebruikte gevaarlijke stoffen (hier kunnen de bedrijven elkaar als mogelijke concurrenten zien)
- Aanwezigheid van bepaalde samenwerkingsverbanden die men juridisch niet afdwingbaar kan maken, maar die wel een mogelijke impact kunnen hebben op de veiligheid van de omliggende bedrijven (bijvoorbeeld aansluiting bij de gezamenlijke bedrijfsbrandweer)
- Aanwezigheid van bepaalde samenwerkingsverbanden binnen een cluster waarvan de mogelijke baten op het eerste zicht niet opwegen tegen de kosten
- Clusters met bedrijven die hun volledige autonomie willen behouden (bijvoorbeeld onder invloed van de moedermaatschappij)
- Clusters met bedrijven die (grote) verschillen vertonen op het vlak van belangen en veiligheidsvisies

8. Stimuleren van samenwerking en kennisdeling <u>tussen</u> clusters

Samenwerking en kennisuitwisseling *tussen* clusters vindt in beperkte mate plaats. Toch kan uitwisseling tussen clusters een toegevoegde waarde opleveren op het vlak van veiligheid (ook al wordt er *binnen* een cluster reeds met verschillende bedrijven samengewerkt en kennis gedeeld). Samenwerking tussen clusters levert immers een kritische reflectie op van buitenaf, en kan andere inzichten opleveren op vlak van veiligheid (zo kan een 'tunnelvisie' binnen een cluster voorkomen worden). Als reden voor de beperkte samenwerking tussen clusters wordt onder meer aangehaald dat alle clusters sterk van elkaar verschillen, waardoor maatregelen binnen een bepaalde cluster moeilijk overdraagbaar zijn. De maatregelen hoeven echter geen blauwdruk te zijn. Mits aanpassingen zijn er altijd aspecten die overdraagbaar zijn.

9. Stimuleren van samenwerking en kennisdeling bij niet-geclusterde bedrijven

Niet enkel binnen clusters zijn samenwerkingsnetwerken van belang. Samenwerkingsnetwerken kunnen er ook voor zorgen dat de veiligheid van niet-geclusterde bedrijven op een hoger niveau wordt getild. De geografische nabijheid van bedrijven binnen een cluster maakt samenwerking en kennisdeling vaak makkelijker dan in vergelijking met bedrijven die geen buurbedrijven om zich heen hebben. Net daarom moet deze laatste groep bijkomend gestimuleerd worden om samenwerkingsverbanden aan te gaan. De regionale veiligheidsnetwerken en andere bestaande veiligheidsplatforms op branche- en sectorniveau vervullen op dit vlak reeds een belangrijke rol.

10. Aandacht voor domino-effecten én escalatie-effecten

Het is niet enkel belangrijk om te focussen op domino-effecten, waarbij een ongevalsscenario in één bedrijf, een ongevalsscenario veroorzaakt in een ander bedrijf. Ook is het belangrijk om aandacht te hebben voor escalatie-effecten, waarbij een ongevalsscenario in één bedrijf, een ongevalsscenario veroorzaakt in hetzelfde bedrijf. De praktijk leert dat voornamelijk interne escalatie-effecten plaatsvinden, en in mindere mate externe domino-effecten. Het belang van aandacht voor escalatie-effecten geldt zowel voor (petro)chemische bedrijven die deel uitmaken van een cluster, als voor losstaande (petro)chemische bedrijven. Bijkomend geldt voor clusterbedrijven dat het nodig is om te kijken naar omliggende bedrijven die eventuele escalatie-effecten binnen het eigen bedrijf kunnen

initiëren. Ook is het belangrijk om in dit kader extra aandacht te hebben voor inrichtingen waaronder verschillende BRZO-bedrijven, ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering, vallen. Volgens de wetgeving zijn domino-effecten binnen eenzelfde inrichting immers niet mogelijk. De praktijk is echter anders. Dit kan ondervangen worden door eventuele 'escalatie-aanwijzingen' in kaart te brengen.

11. Bevorderen van regionale en landelijke initiatieven rond standaardisatie en uniformiteit op vlak van procesveiligheid

Standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid (veiligheidsregels, veiligheidscommunicatie, risicoanalyses, beheersmaatregelen, enzovoort) kan ervoor zorgen dat ongevalsscenario's zowel aan de rechterkant als aan de linkerkant beïnvloed worden. Zo kan uniformiteit ervoor zorgen dat veiligheid overzichtelijker en minder complex wordt, dat er een bepaald kwaliteitsniveau wordt behaald, en dat er een duidelijk verwachtingspatroon wordt gecreëerd. In de praktijk zijn verschillende voorbeelden terug te vinden van standaardisatie en uniformiteit. Bovendien is er voornamelijk op het vlak van arbeidsveiligheid standaardisatie vast te stellen, en minder op het vlak van procesveiligheid. Ook manifesteren de meeste initiatieven rond standaardisatie zich aan de rechterkant van de bow-tie (reactief) en op operationeel vlak. Verder is uniformiteit voornamelijk vast te stellen binnen relatief kleine en duidelijk afgebakende chemieterreinen. Initiatieven rond standaardisatie en uniformiteit zouden meer proactief gericht moeten zijn, meer moeten focussen op procesveiligheid, en zouden meer regionaal (binnen bredere geografische gebieden) en landelijk bevorderd moeten worden. Het belang van deze standaardisatie en uniformiteit op vlak van veiligheid geldt zowel voor geclusterde als voor niet-geclusterde bedrijven.

12. Nood aan blijvende awareness voor security (anti-terreur)

Binnen de (petro)chemische industrie worden reeds verschillende initiatieven genomen op vlak van security. Niet alleen de bedrijven, maar ook de BRZO+ toezichthouders geven echter aan in mindere mate vertrouwd te zijn met het security onderwerp. Er is nood aan een blijvende awareness voor security, en meer integratie tussen safety en security, zowel binnen clusters als losstaande (petro)chemische bedrijven. Wegens de schaalgrootte die clusters met zich meebrengen is verhoogde aandacht voor dit topic binnen geclusterde (petro)chemische bedrijven nodig. Belangrijk is dat er niet enkel gefocust wordt op aspecten zoals camerabewaking, hekwerk en toegangscontrole, maar ook op hoger niveau, zoals het uitvoeren van (gezamenlijke) dreigingsanalyses.

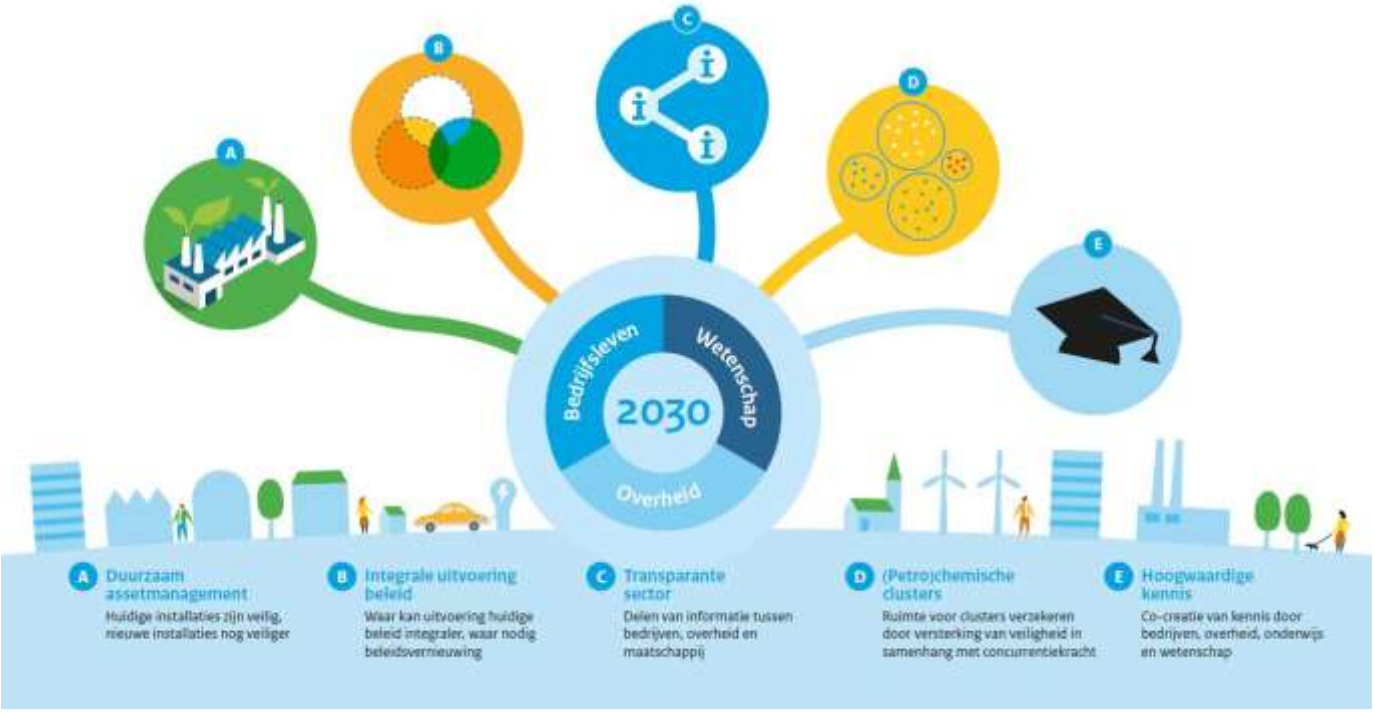
***

Verkennende studie naar (petro)chemische clusters en veiligheid:

Veiligheidsparameters binnen (petro)chemische clusters en losstaande (petro)chemische bedrijven

1. Achtergrond

In 2016 zijn afspraken gemaakt tussen de Nederlandse overheid, het bedrijfsleven en de wetenschap om tot een nog veiligere (petro)chemische sector te komen. Dat heeft geresulteerd in het programma Duurzame Veiligheid 2030 (figuur 1).



Figuur 1. Programma Duurzame Veiligheid 2030

Eén van de vijf onderdelen (roadmaps) van het programma Duurzame Veiligheid 2030 heeft betrekking op de bestaande (petro)chemische clusters in Nederland (roadmap D in figuur 1). Het doel van deze roadmap is om de veiligheid in bestaande (petro)chemische clusters duurzaam en significant te verbeteren en heeft als uitgangspunt dat een veiligheidsbeleid op basis van een langetermijnvisie de bedrijven in de (petro)chemische clusters nog verder kan verbinden (www.dv2030.nl/ruimte-voor-petrochemische-clusters).

2. (Petro)chemische clusters in Nederland

2.1. Definitie (petro)chemische cluster

Voor het concept '(petro)chemische cluster' worden – zowel in de wetenschappelijke literatuur als in de praktijk – verschillende definities gebruikt. In dit onderzoek wordt voor '(petro)chemische cluster' de volgende definitie gehanteerd:

> "Een (petro)chemische cluster is een geografisch gebied waarbinnen verschillende BRZO-bedrijven[5] gevestigd zijn, al dan niet omgeven door niet-BRZO-bedrijven. De geografische afbakening impliceert de mogelijkheid van directe effecten tussen de verschillende bedrijven ten gevolge van een procesgerelateerd incident (brand, explosie, toxische wolk). De samenwerking tussen de bedrijven kan variëren van niet of zeer licht georganiseerd tot intensief georganiseerd."

Om de geografische nabijheid te definiëren is niet gekozen voor de mogelijkheid tot domino-effecten. Het Instrument Domino-Effecten (RIVM, 2003) gaat immers uit van een maximum afstand van 1600 meter tussen twee bedrijven opdat een domino-effect kan optreden. In het kader van dit onderzoek is een grotere geografische spreiding tussen bedrijven echter mogelijk.

In de definitie wordt gesproken over directe effecten zoals het evacueren van werknemers ten gevolge van het vrijkomen van een toxische wolk. Het gaat hierbij niet om indirecte effecten zoals het stilvallen van grondstoftoevoer in een bedrijf ten gevolge van een incident in een ander bedrijf. Voor dergelijke indirecte effecten kan de geografische afstand tussen bedrijven immers veel groter zijn.

Uitgaande van de definitie is het de geografische afbakening – en meer specifiek de mogelijkheid van directe effecten tussen bedrijven ten gevolge van een incident – die bepalend is of er sprake is van een (petro)chemische cluster, en niet de aanwezige samenwerking. Bedrijven binnen eenzelfde geografische gebied waartussen geen of weinig samenwerking is, bijvoorbeeld zoals in Amsterdam (Westpoort), worden wel gedefinieerd als behorende tot een (petro)chemische cluster. Bedrijven die geografisch gespreid liggen, maar waartussen er (intensieve) samenwerking is, worden in dit onderzoek gedefinieerd als niet-behorend tot een (petro)chemische cluster. Een voorbeeld is de samenwerking tussen (petro)chemische bedrijven uit Rotterdam, Terneuzen, Geleen, Antwerpen en het Rijn-Ruhrgebied binnen het ARRRA-cluster (Antwerp-Rotterdam-Rhine-Ruhr Area). Tussen deze bedrijven in er sprake van samenwerking, maar geen sprake van de gedefinieerde geografische afbakening. Het ARRRA-cluster valt bijgevolg niet binnen de bovengenoemde definitie.

[5] In deze definitie is bewust gekozen voor de term 'bedrijf' en niet voor 'inrichting' (zie punt 2.3. voor verduidelijking)

2.2. (Petro)chemische clusters in Nederland

Uitgaande van de vooropgestelde definitie zijn er in Nederland zes (petro)chemische clusters[6,7]:

- Amsterdam
- Delfzijl-Eemshaven
- Moerdijk
- Rotterdam-Rijnmond (met als sub-clusters Pernis, Botlek, Europoort, Maasvlakte)
- Sittard-Geleen (Chemelot)
- Zeeland (Terneuzen)

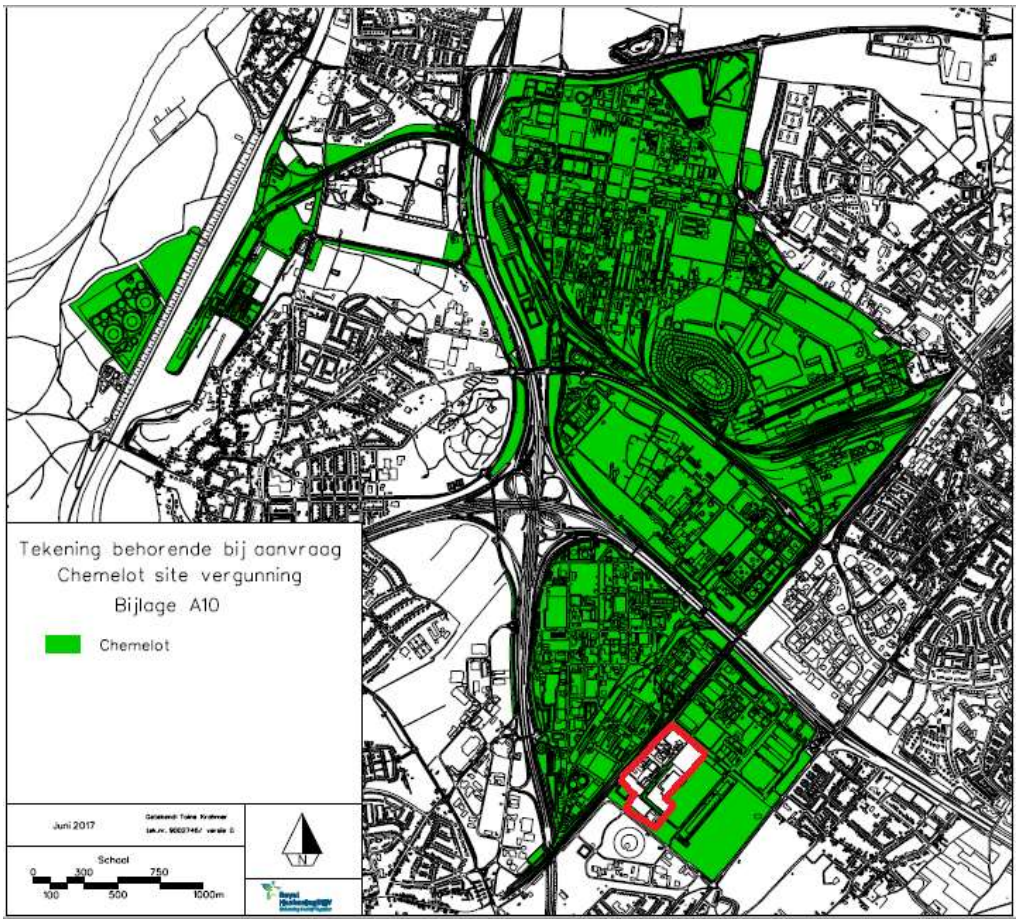
2.3. Bedrijven versus inrichtingen

In de gehanteerde definitie van '(petro)chemische cluster' is bewust gekozen voor de term 'bedrijf' en niet voor de term 'inrichting'. In de Wet Milieubeheer is het begrip 'inrichting' een belangrijk begrip wat betreft de milieuregelgeving voor bedrijven. Verschillende bedrijven[8] – ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering (en meer specifiek een eigen veiligheidsmanagementsysteem) – kunnen samen één inrichting vormen. Voorwaarde hiervoor is dat er technische, organisatorische of functionele bindingen tussen de bedrijven moeten zijn, en dat ze in elkaars onmiddellijke nabijheid zijn gelegen. Alle bedrijven die tot eenzelfde inrichting behoren, vallen bijgevolg onder één koepelvergunning.

Dergelijke koepelvergunning wordt gebruikt op het Chemelot terrein. Op het Chemelot terrein (zie figuur 2) zijn verschillende bedrijven ('site-users') gevestigd die allen tot dezelfde inrichting behoren. Als in de gehanteerde definitie van cluster voor de term 'inrichting' was gekozen in plaats van de term 'bedrijf', wordt het Chemelot terrein niet beschouwd als een chemische cluster. In het kader van (onder meer) veiligheid kan het echter belangrijk zijn om deze bedrijven te blijven beschouwen als aparte entiteiten, omwille van de verschillende bedrijfsvoeringen, en bij uitbreiding omwille van de verschillende veiligheidsmanagementsystemen, risicoanalyses, enzovoort.

Niet enkel de bedrijven op het Chemelot terrein (dat is afgesloten door een hekwerk) worden beschouwd als de cluster Sittard-Geleen. Er zijn ook enkele (niet-)BRZO-bedrijven die buiten het hekwerk liggen (en niet onder de Chemelot inrichting vallen), maar die wel directe effecten kunnen ondervinden ten gevolge van een incident op het Chemelot terrein (of omgekeerd). Het gaat om bijvoorbeeld Cedo Recycling, Celanese Emulsion BV en Nouryon (rode kader in figuur 2). In dit onderzoek worden deze bedrijven beschouwd als horende tot de cluster omwille van de geografische nabijheid.

[6] www.vnci.nl/chemie-in-nederland/chemieclusters & www.dv2030.nl/ruimte-voor-petrochemische-clusters
[7] Emmen wordt niet gezien als cluster wegens de beperkte omvang en beperkte BRZO-activiteit
[8] Voor de term 'bedrijf' is de bedrijfsvoering bepalend. Is er sprake van eenzelfde bedrijfsvoering, dan gaat het om één bedrijf. Is er sprake van een verschillende bedrijfsvoering, dan gaat het om verschillende bedrijven



Figuur 2. Groen gebied: de inrichting Chemelot – Rode kader: de inrichtingen Cedo Recycling, Celanese Emulsion BV en Nouryon

Ook in het gebied Delfzijl-Eemshaven en Zeeland (Terneuzen) is een chemieterrein of chemiepark waarop verschillende (BRZO-)bedrijven gevestigd zijn die door hekwerk zijn afgesloten. In Delfzijl-Eemshaven gaat het om het Chemie Park Delfzijl (figuur 3). In Zeeland (Terneuzen) gaat het om het Valuepark Terneuzen (het zogenaamde Dow terrein). Voor beide chemieterreinen geldt dat er in de geografische nabijheid, maar wel buiten het afgesloten terrein, ook BRZO-bedrijven gevestigd zijn. Deze worden volgens de gehanteerde definitie ook beschouwd als horende tot de (petro)chemische cluster. Zo liggen er in het gebied Delfzijl-Eemshaven ook BRZO-bedrijven buiten het Chemie Park Delfzijl, zoals North Refinery en de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM). Dit geldt ook voor het gebied Zeeland (Terneuzen), waar BRZO-bedrijven zoals Yara Sluiskil, Cargill en Zeeland Refinery gevestigd zijn.



Figuur 3. Oranje gebied: de chemiecluster Delfzijl-Eemshaven – Rode kader: Chemie Park Delfzijl

2.4. Ontstaansreden van een (petro)chemische cluster

Alvorens in te gaan op de probleemstelling van het onderzoek, is het nodig om stil te staan bij de ontstaansreden van een (petro)chemische cluster. Het basisprincipe voor het ontstaan van een cluster is economisch voordeel door de gebruikers en ontvangers dicht bij elkaar te zetten, of de aanwezigheid van faciliterende aspecten zoals de ligging (aan het water), of de behoefte aan of aanwezigheid van producten. Veiligheid is voor het ontstaan van een (petro)chemische cluster nooit het centrale thema, wel is het steeds een randvoorwaarde of een *licence to operate*.

Dit basisprincipe voor het ontstaan heeft als implicatie dat er best op een holistische manier naar (petro)chemische clusters gekeken kan worden, waarbij veiligheid één aspect is naast verschillende andere onderwerpen, zoals de economische winst, maar ook aspecten zoals innovatie en klimaat.

Het basisprincipe van economisch voordeel kan voordelen opleveren op vlak van veiligheid. Een gezamenlijke brandweer of gezamenlijke beveiliging levert economisch voordeel op, en bijkomend een veiligheidsvoordeel door de toegenomen professionalisering en kwaliteit van gezamenlijke maatregelen. Maar evengoed kan het economische voordeel een verlies opleveren op het vlak van veiligheid. Zo kan de koppeling van processen tussen verschillende naastgelegen bedrijven leiden tot een toegenomen complexiteit, wat op het vlak van hulpverlening problemen kan opleveren.

3. Probleemstelling

(Petro)chemische clusters brengen opportuniteiten met zich mee op verschillende vlakken. Voorbeelden van deze opportuniteiten zijn het efficiënt gebruik van energie en van grondstoffen, het delen van faciliteiten, of bijvoorbeeld aspecten op het gebied van incidenten- en rampenbestrijding. Nabijheid van bedrijven heeft echter niet per se een positief effect op veiligheid. Zo zijn concurrentiekracht – waarbij de bescherming van concurrentiegevoelige informatie centraal staat – en veiligheid – waarbij transparantie essentieel is – niet los van elkaar te denken. Andere mogelijke neveneffecten hebben onder andere betrekking op de cumulatie van risico's en bedrijfsoverschrijdende (of zogenaamde 'externe') domino-effecten.

Op dit moment bestaat er onvoldoende overzicht van en inzicht in de verschillende factoren (parameters) die een negatieve dan wel een positieve invloed kunnen hebben op het veiligheidsniveau van een (petro)chemische cluster ten opzichte van losstaande (petro)chemische bedrijven. Op basis van een duidelijk zicht op de verschillen tussen beïnvloedende veiligheidsparameters bij (petro)chemische clusters en losstaande (petro)chemische bedrijven kan er meer gericht ingezet worden (o.a. door overheden en bedrijven) om de veiligheid te verbeteren in zowel clusters als losstaande bedrijven.

Veiligheid wordt in dit onderzoek gedefinieerd als 'het vermijden van verliezen' (Meyer et al., 2016). Dit verlies kan zowel niet-intentioneel veroorzaakt worden (*safety*) als opzettelijk of intentioneel (bijvoorbeeld door sabotage of terrorisme) (*security*). In dit onderzoek wordt er gefocust op zowel *safety* als *security*. Safety wordt in dit onderzoek voornamelijk bekeken vanuit de procesveiligheidskant, en minder vanuit de arbeidsveiligheidskant. Security wordt in dit onderzoek voornamelijk bekeken vanuit de fysieke kant, zoals sabotage, diefstal en terrorisme, en minder vanuit de beveiliging van informatiesystemen (cybersecurity). Wat bij dit laatste wel in beschouwing wordt genomen is de mogelijkheid tot het hacken van systemen om een aanslag te plegen of de gevolgen ervan te vergroten.

4. Onderzoeksvragen

Bovenstaande probleemstelling leidt tot de behoefte aan onderzoek naar beïnvloedende veiligheidsparameters bij geclusterde (petro)chemische bedrijven, en de vergelijking ervan met niet-geclusterde (petro)chemische bedrijven. Volgende hoofdonderzoeksvraag is geformuleerd:

> "**Welke parameters hebben een invloed op de veiligheid (*safety* & *security*) van (petro)chemische clusters en in welke mate zijn deze parameters aanwezig bij niet-geclusterde, losstaande (petro)chemische bedrijven?**"

Om een antwoord te formuleren op de hoofdonderzoeksvraag worden volgende deelvragen bekeken:

1) Wat zijn de worst-credible ongevalsscenario's voor een clusterbedrijf en wat zijn de worst-credible ongevalsscenario's voor een niet-clusterbedrijf?
2) Welke parameters kunnen het verloop van de worst-credible ongevalsscenario's beïnvloeden, respectievelijk voor clusterbedrijven en niet-clusterbedrijven? Met beïnvloeden wordt bedoeld in welke mate de ongewenste gebeurtenis voorkomen kan worden of, wanneer de ongewenste gebeurtenis zich toch voordoet, de gevolgen beperkt kunnen worden.

De zes (petro)chemische clusters in Nederland zijn allen uniek en worden gekenmerkt door specifieke karakteristieken zoals ontstaansgeschiedenis, ligging (omliggende bebouwing, aanwezigheid haven,…), aanwezige bedrijven, ruimte voor uitbreiding, enzovoort. Mogelijk leidt deze uniekheid van elke cluster ook tussen clusters tot verschillen op vlak van beïnvloedende veiligheidsparameters. Om dit in beeld te brengen is volgende deelvraag geformuleerd:

3) Wat zijn verschillen en gelijkenissen tussen de beïnvloedende veiligheidsparameters van worst-credible ongevallenscenario's binnen de verschillende (petro)chemische clusters in Nederland?

Het onderzoek is een *verkennende studie* waarbij de parameters die een invloed hebben op de veiligheid van al dan niet geclusterde (petro)chemische bedrijven worden geïdentificeerd en geïnventariseerd op *kwalitatieve* wijze. Het valt niet binnen de scope van het onderzoek om na te gaan of een (petro)chemische cluster veiliger of onveiliger is dan een losstaand (petro)chemisch bedrijf. Wat in deze studie niet aan bod komt is hoe de veiligheidsparameters zich tot elkaar verhouden, of met andere woorden de kwantitatieve bijdrage van de gevonden parameters en hun relatieve bijdrage aan het veiligheidsniveau van een cluster. Wel zal de output van deze verkennende studie overdraagbaar zijn voor verder diepgaand onderzoek zoals de kwantificering van de impact van de geïdentificeerde parameters, of bijvoorbeeld het opzetten van strategieën om de geïdentificeerde parameters te beïnvloeden (om zo een invloed te kunnen uitoefenen op het verhogen van veiligheid bij (petro)chemische bedrijven en clusters).

5. Onderzoeksmethode

5.1. Multi-method design

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen wordt gebruik gemaakt worden van een multi-method design waarbij verschillende onderzoeksmethoden gecombineerd worden en elkaar aanvullen. Dit multi-method design waarbij input voor het opstellen van de ongevalsscenario's en mogelijke beïnvloedende veiligheidsparameters via verschillende kanalen wordt gegenereerd, heeft als voordeel dat er een integraal en overkoepelend beeld wordt verkregen.

1) ***Literatuuronderzoek.*** Relevante nationale en internationale literatuur wordt bekeken. Voor deze literatuurstudie worden wetenschappelijke bibliografische databanken zoals Web of Science doorzocht met volgende zoektermen: industrial park, chemical park, industrial area, chemical area, chemical cluster, multiplant AND safety, security, accident scenario's, domino effects. Naast de wetenschappelijke literatuur wordt ook de zogenaamde grijze literatuur, zoals onderzoeksrapporten en beschikbare overheidsdocumenten, in beschouwing genomen. De inventarisatie van best practices, uitgevoerd in 2017 door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van roadmap 4 van het programma Duurzame Veiligheid 2030, wordt ook meegenomen als achtergrond[9].

2) ***Interviews.*** Semi-gestructureerde interviews worden gevoerd met relevante actoren om mogelijke ongevalsscenario's en beïnvloedende veiligheidsparameters in kaart te brengen. De interviews kunnen in drie groepen gecategoriseerd worden:

    a. Interviews met relevante actoren die niet zijn verbonden aan een specifieke cluster of een losstaand bedrijf
    b. Interviews met relevante actoren verbonden aan een (petro)chemische cluster
    c. Interviews met relevante actoren verbonden aan een losstaand (petro)chemisch bedrijf

    Bij de interviews met relevante actoren verbonden aan (petro)chemische clusters komen alle zes clusters aan bod: Amsterdam, Delfzijl-Eemshaven, Moerdijk, Rotterdam-Rijnmond, Sittard-Geleen (Chemelot) en Zeeland (Terneuzen). Deelname aan dit onderzoek is vrijwillig. Dit vertaalt zich in verschillen op het vlak van vertegenwoordiging van de betreffende clusters. Zo zijn verhoudingsgewijs de meeste gesprekken gevoerd binnen de cluster Sittard-Geleen (Chemelot) en Delfzijl-Eemshaven.

[9] In 2017 nam het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van roadmap 4 van het programma Duurzame Veiligheid 2030 een vragenlijst af bij de (petro)chemische clusters over de huidige stand van zaken op het vlak van veiligheid. Volgende hoofdthema's kwamen in deze vragenlijst aan bod: verbindingen, vergunningsverlening en toezicht, veiligheidskennis, transparantie, ruimtelijke ordening en crisisbeheersing. De (deel)clusters Delfzijl, Chemelot, Terneuzen, Botlek, Amsterdam en Moerdijk namen deel aan de vragenlijst. Wat betreft de resultaten van deze vragenlijst moet opgemerkt worden dat er slechts een indicatie wordt gegeven van aanwezigheid of afwezigheid van gezamenlijke maatregelen, zonder dat hierbij een uitspraak gedaan kan worden over de kwaliteit ervan en de mate dat de maatregelen bij alle bedrijven van de cluster zijn doorgedrongen.

Exemplarisch (en dus niet representatief) vonden er interviews plaats met relevante actoren uit vier losstaande bedrijven: Aspen Oss, BASF Heerenveen, DSM Delft en Sachem.

Een gedetailleerd overzicht van de geïnterviewde personen is terug te vinden in Bijlage 1. In totaal werd er bij 67 personen een interview afgenomen.

3) ***Document- en data analyse.*** Geïnterviewde personen worden gevraagd om documenten en data te delen die relevant kunnen zijn in het kader van het onderzoek. Gezien het hier vaak gaat over bedrijfsgevoelige documenten en data, wordt soms niet de eigenlijke inhoud meegenomen in dit rapport, maar wel de gebruikte aanpak. Indien er wel inhoudelijke aspecten zijn overgenomen in dit rapport, werd dit gedaan na goedkeuring van de betreffende cluster of bedrijf.

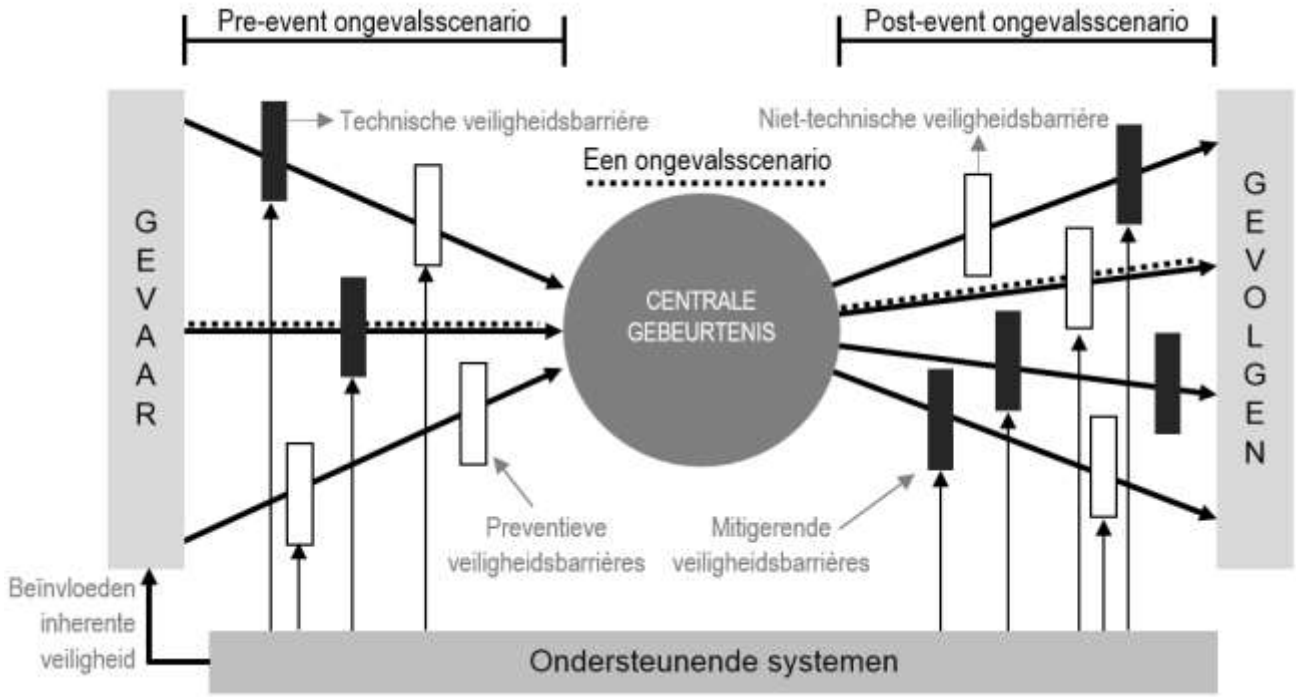
4) ***Vragenlijst inspectiediensten BRZO+.*** Een vragenlijst wordt afgenomen bij toezichthouders inspectie SZW (Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid), BRZO-Omgevingsdiensten en veiligheidsregio's die geclusterde BRZO-bedrijven en losstaande BRZO-bedrijven onder hun toezicht hebben. De schriftelijke vragenlijst werd via de programmamanager bureau BRZO+ voorgelegd aan toezichthouders met een spreiding over het hele land. In totaal werden elf vragenlijsten ingevuld. Vaak vulden verschillende personen samen de vragenlijst in. Een overzicht van de functies van de respondenten is terug te vinden in Bijlage 2.

5.2. Gebruikt model: bow-tie

Om de hoofd- en deelonderzoeksvragen te beantwoorden wordt er gebruik gemaakt van het vlinderdasmodel of de bow-tie. Een bow-tie (figuur 4) illustreert een ongevalsproces dat start met een gevaar aan de linkerkant. Verschillende ongevalsscenario's (zie deelonderzoeksvraag 1), weergegeven als de pijlen van links naar rechts, kunnen leiden tot het centrale punt van de bow-tie, de centrale gebeurtenis. Op dit punt is het gevaar in die mate oncontroleerbaar geworden, dat het een ongewenste gebeurtenis is met het vermogen om letsels of schade aan te richten. De centrale gebeurtenis gaat vervolgens via de pijlen verder naar de gevolgen aan de rechterkant van de figuur, zijnde letsels aan personen of schade aan materiaal of de omgeving.

De sterkte van de bow-tie is dat er aan de ongevalsscenario's beïnvloedende parameters gelinkt kunnen worden (zie deelonderzoeksvraag 2). Deze parameters kunnen het ongeval (de centrale gebeurtenis) voorkomen (aan de linkerkant van de figuur) of kunnen de gevolgen mitigeren (aan de rechterkant van de figuur). Er zijn enerzijds de technische veiligheidsbarrières (zwarte rechthoeken) en anderzijds de niet-technische of organisatorische en menselijke barrières (witte rechthoeken) die een ongevalsscenario kunnen onderbreken. Ook zijn er de zogenaamde ondersteunende systemen, weergegeven als de pijlen omhoog. De ondersteunende systemen beïnvloeden de kwaliteit (in termen van betrouwbaarheid en beschikbaarheid) van de technische en niet-technische veiligheidsbarrières. Een voorbeeld hiervan is onderhoud uit te voeren op een technische barrière zoals een veiligheidsklep. Een ander voorbeeld is opleiding van operatoren, die de betrouwbaarheid van verschillende veiligheidsbarrières kan beïnvloeden.

Het gevaar kan ook op directe wijze beïnvloed worden. Als er op directe wijze wordt ingezet op het gevaar, wordt met andere woorden de inherente veiligheid beïnvloed. Hierbij moet opgemerkt worden dat je deze keuze in een bestaande situatie meestal niet hebt, aangezien de inherente veiligheid voornamelijk in de ontwerpfase beïnvloed kan worden.



Figuur 4. Het vlinderdasmodel of bow-tie

De bow-tie methode wordt toegepast voor enerzijds de worst-credible ongevalsscenario's in (petro)chemische clusters en anderzijds voor de worst-credible ongevalsscenario's in niet-geclusterde, losstaande (petro)chemische bedrijven.

6. Resultaten

Deel 6.1. geeft de resultaten weer voor deelonderzoeksvraag 1, namelijk de worst-credible ongevalsscenario's in clusterbedrijven en losstaande bedrijven. Deel 6.2. behandelt deelonderzoeksvraag 2, zijnde de beïnvloedende veiligheidsparameters in clusterbedrijven en losstaande bedrijven. De resultaten voor deelonderzoeksvraag 3, namelijk de verschillen en gelijkenissen tussen de verschillende (petro)chemische clusters in Nederland, worden niet in een apart deel behandeld, maar worden verweven in de verschillende delen die onder hoofdstuk 6 vallen. Deel 6.3. geeft de resultaten weer voor worst-credible ongevalsscenario's en beïnvloedende veiligheidsparameters op het vlak van *transport* binnen clusters en losstaande bedrijven. Tot slot worden in deel 6.4. de resultaten behandeld voor worst-credible ongevalsscenario's en beïnvloedende veiligheidsparameters op het vlak van *security* binnen clusters en losstaande bedrijven.

6.1. Worst-credible ongevalsscenario's in clusterbedrijven en losstaande bedrijven

Deelonderzoeksvraag 1

"Wat zijn de worst-credible ongevalsscenario's voor een clusterbedrijf en wat zijn de worst-credible ongevalsscenario's voor een niet-clusterbedrijf?"

6.1.1. Definitie worst-credible ongevalsscenario

Een *ongevalsscenario* is een reeks van ongewenste gebeurtenissen die kunnen leiden tot letsel aan personen of schade aan materiaal of de omgeving. Er kan sprake zijn van *worst-case ongevalsscenario's*. Een worst-case ongevalsscenario komt overeen met een **rampscenario** zoals gehanteerd in de implementatie van het Besluit Risico's Zware Ongevallen 2015. Deze scenario's kenmerken zich door enerzijds een zeer lage waarschijnlijkheid (klasse A in tabel 1) en anderzijds een maximale impact (klasse E in tabel 2). Een voorbeeld van een worst-case scenario is een stralingsincident, wat zeer onwaarschijnlijk kan plaatsvinden met een catastrofale impact tot gevolg (Nationaal veiligheidsprofiel, 2016). Ook kan er sprake zijn van *most-credible ongevalsscenario's*. Een most-credible ongevalsscenario komt overeen met een **geloofwaardig scenario** zoals gehanteerd in de implementatie van het Besluit Risico's Zware Ongevallen 2015. Deze scenario's kenmerken zich door enerzijds een hogere waarschijnlijkheid dan in vergelijking met een worst-case ongevalsscenario en anderzijds een meer beperkte impact dan in vergelijking met een worst-case ongevalsscenario.

Tabel 1. Waarschijnlijkheidsklassen ongevalsscenario's

Klasse	% waarschijnlijkheid	Omschrijving waarschijnlijkheid
A	< 0,05	Zeer onwaarschijnlijk
B	0,05 – 0,5	Onwaarschijnlijk
C	0,5 – 5	Mogelijk
D	5 – 50	Waarschijnlijk
E	> 50	Zeer waarschijnlijk

Bron: Nationaal Veiligheidsprofiel, 2016

Tabel 2. Impactklassen ongevalsscenario's

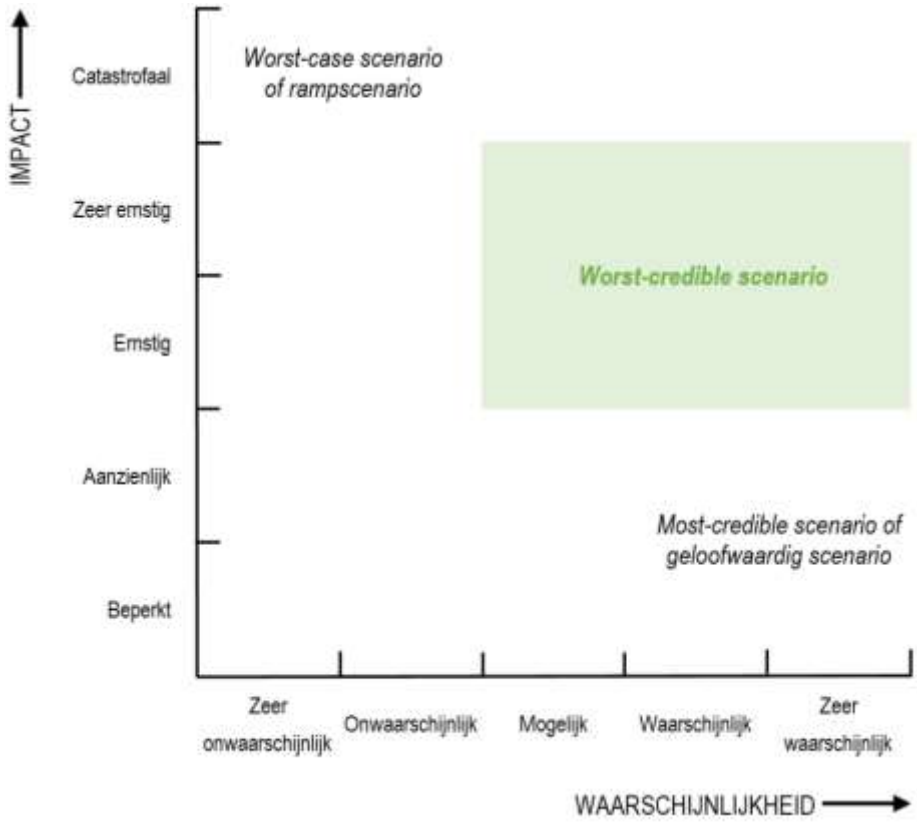
Klasse	Omschrijving impact	Voorbeeld criterium: aantal doden*
A	Beperkt gevolg	< 10
B	Aanzienlijk gevolg	10 – 100
C	Ernstig gevolg	100 – 1000
D	Zeer ernstig gevolg	1000 – 10.000
E	Catastrofaal gevolg	> 10.000

Bron: Nationaal Veiligheidsprofiel, 2016

* Aantal doden is slechts een voorbeeld criterium om de impactklasse te bepalen. Andere voorbeeld criteria zijn ernstige gewonden, chronisch zieken, milieuschade, verstoring vitale infrastructuur,…

In dit onderzoek bekijken we een samentrekking van worst-case ongevalsscenario's en most-credible ongevalsscenario's, namelijk de *worst-credible ongevalsscenario's*. Dit zijn scenario's met enerzijds een geloofwaardige waarschijnlijkheid (klasse C, D en E in tabel 1) en anderzijds een ernstig of zeer ernstig gevolg (klasse C en D in tabel 2)[10]. De groene kader in figuur 5 geeft de waarschijnlijkheid en de impact weer van een worst-credible ongevalsscenario.

[10] Een ongevalsscenario met een catastrofaal gevolg (i.e. meer dan 10.000 doden) kan door de (petro)chemische industrie wel worden veroorzaakt (cfr. giframp Bhopal in 1984), maar niet in de waarschijnlijkheidsklasse 'mogelijk', 'waarschijnlijk' of 'zeer waarschijnlijk'. 'Catastrofaal' wordt daarom als impactklasse niet meegenomen in de omschrijving van worst-credible ongevalsscenario



Figuur 5. Waarschijnlijkheid en impact van een worst-credible ongevalsscenario

De ongevalsscenario's die worden bekeken zijn zowel safety-gerelateerd als security-gerelateerd. Bij een *safety-gerelateerd ongevalsscenario* vindt de centrale gebeurtenis niet-intentioneel plaats, bijvoorbeeld door het falen van een mechanisme door slijtage. Bij een *security-gerelateerd ongevalsscenario* vindt de centrale gebeurtenis intentioneel plaats, bijvoorbeeld door sabotage of terrorisme.

Op het vlak van safety wordt enkel gekeken naar interne veiligheidsrisico's, dus centrale gebeurtenissen die veroorzaakt kunnen worden door gevaren inherent aan (petro)chemische bedrijven. Externe veiligheidsrisico's, zoals windmolens, overstroming of aardbeving, worden in dit onderzoek niet in beschouwing genomen.

6.1.2. Geïdentificeerde worst-credible ongevalsscenario's

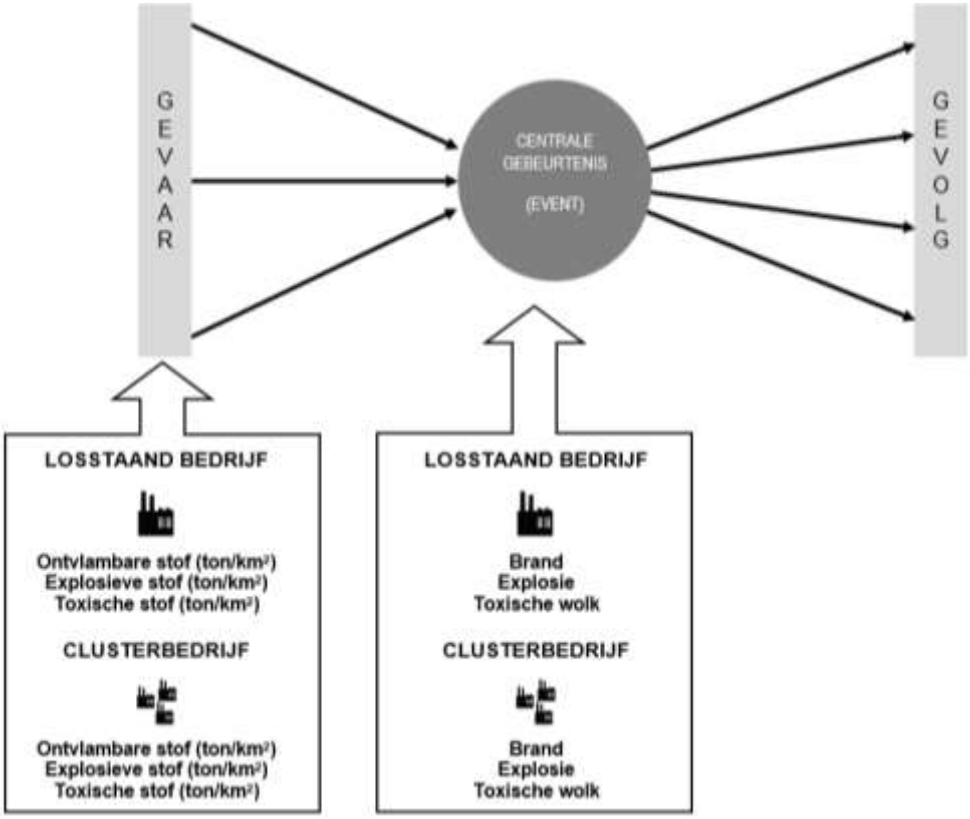
Het opstellen van de worst-credible ongevalsscenario's gebeurt op basis van het multi-method design: literatuuronderzoek, interviews met experten en relevante actoren, analyse van documenten en data, en de vragenlijst afgenomen bij de inspectiediensten BRZO+.

a) Worst-credible ongevalsscenario's: mogelijke gevaren en centrale gebeurtenissen bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven

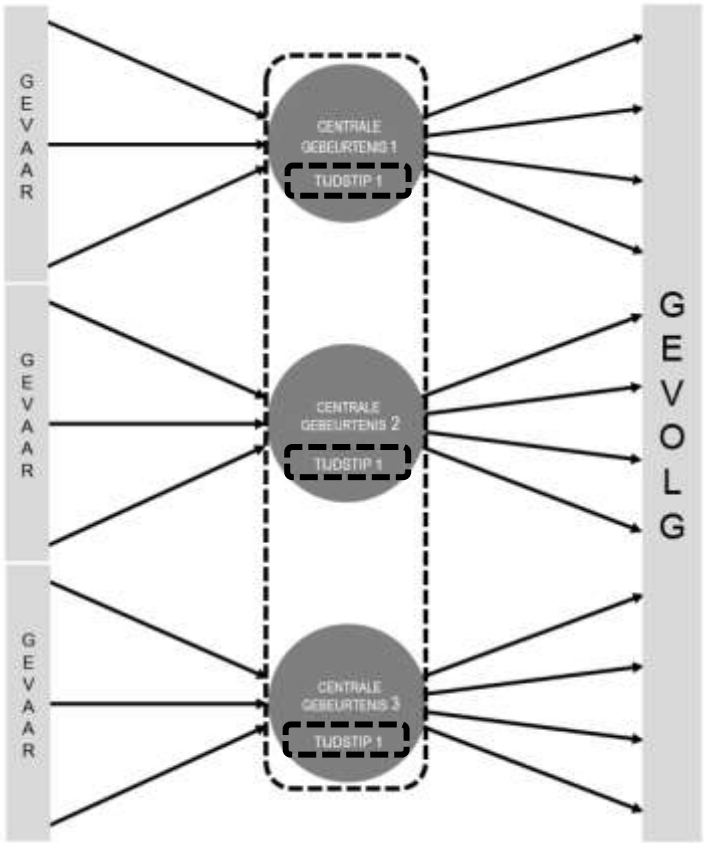
Uit de literatuur en ongevallendata (o.a. ILO, 1988; Khan, 2001; RIVM, 2003; Cozzani et al., 2007; Reniers, 2009; Salzano et al., 2012) blijkt dat de worst-credible centrale gebeurtenissen 1) brand (plasbrand, fakkelbrand, vuurbal, steekvlam), 2) explosie (mechanische explosie, explosie in gesloten ruimte, gaswolkexplosie (VCE), BLEVE) en 3) het vrijkomen van toxische stoffen zijn. De gevaren die hieraan voorafgaan zijn respectievelijk de aanwezigheid van 1) ontvlambare stoffen, 2) explosieve stoffen en 3) toxische stoffen (zie figuur 6). Hierin zijn geen verschillen op te merken tussen (petro)chemische clusters en losstaande bedrijven. Of de scenario's al dan niet kunnen optreden in een bedrijf (al dan niet geclusterd) is sterk afhankelijk van de soort en de hoeveelheid aanwezige gevaarlijke stoffen in een bedrijf, en de activiteiten die daarmee gepaard gaan.

De worst-credible centrale gebeurtenissen (brand, explosie, toxische wolk) en de gevaren die hieraan voorafgaan (de aanwezigheid van ontvlambare stoffen, explosieve stoffen, toxische stoffen) zijn gelijkaardig voor zowel safety als security. Het belangrijke verschil is dat bij een security gerelateerd ongevalsscenario de centrale gebeurtenis (en de bijhorende gevolgen) intentioneel worden veroorzaakt. Een bijkomend securityaspect is de mogelijkheid dat aanwezige beheersmaatregelen niet meer werken. Zo kunnen de ingebouwde veiligheden (automatische noodstop, alarm,…) bijvoorbeeld door het hacken van procesbesturingssystemen uitgeschakeld worden of niet meer aangestuurd worden. Hierdoor kunnen mogelijk de gevolgen van een ongevalsscenario groter zijn.

Op het vlak van security is het geloofwaardig dat er gelijktijdig meerdere centrale gebeurtenissen plaatsvinden (figuur 7). Zo kunnen er op hetzelfde moment bijvoorbeeld drie installaties tot ontploffing gebracht worden. Het plaatsvinden van gelijktijdige centrale gebeurtenissen is mogelijk bij zowel losstaande bedrijven als geclusterde bedrijven.



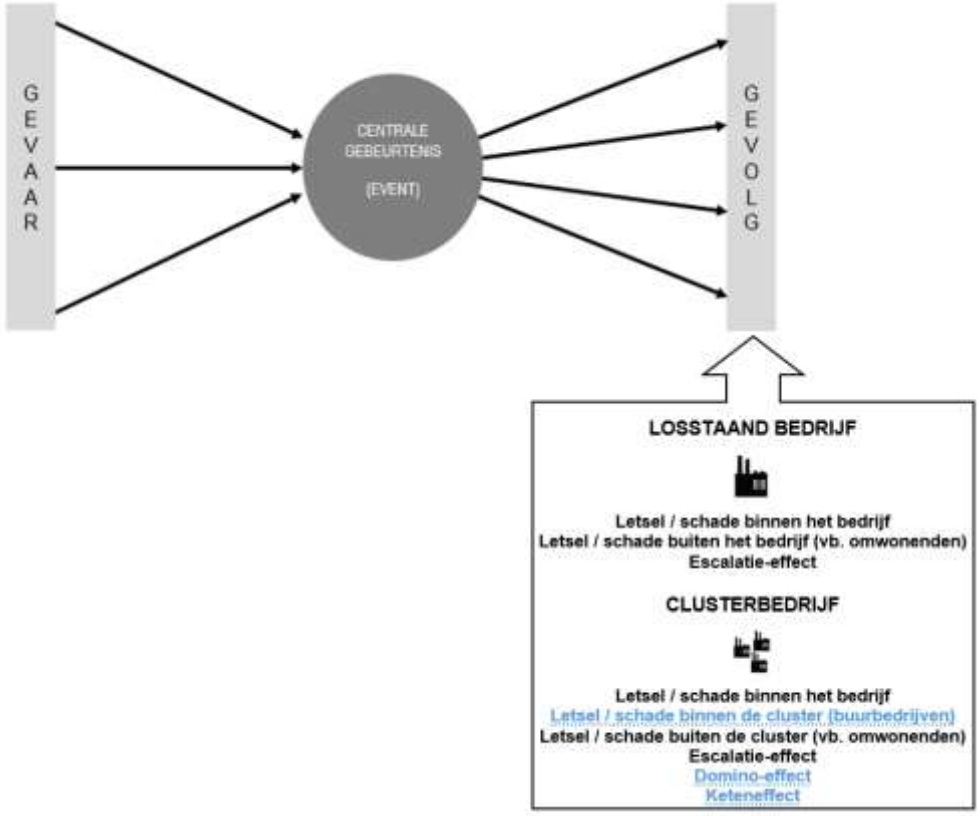
Figuur 6. Worst-credible gevaren en centrale gebeurtenissen bij losstaande en geclusterde bedrijven



Figuur 7. Gelijktijdige centrale gebeurtenissen bij security (en safety) gerelateerde ongevalsscenario's

b) Worst-credible ongevalsscenario's: mogelijke gevolgen bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven

De mogelijke gevolgen die kunnen voortkomen uit een centrale gebeurtenis (brand, explosie, toxische wolk) bij een losstaand bedrijf zijn letsel en schade binnen het eigen bedrijf, en letsel en schade buiten het bedrijf, bijvoorbeeld naar de omwonende bevolking en omliggende bebouwing. Ook een escalatie-effect (zie verder) is een mogelijk gevolg van een centrale gebeurtenis dat kan plaatsvinden binnen een losstaand bedrijf. Bij een clusterbedrijf komt hier bovenop dat er letsel en schade kan optreden bij andere bedrijven binnen de cluster. Ook (externe) domino-effecten en keteneffecten (zie verder) zijn gevolgen die enkel bij clusterbedrijven kunnen plaatsvinden, en niet bij losstaande bedrijven (figuur 8).



Figuur 8. Worst-credible gevolgen bij losstaande en geclusterde bedrijven

Escalatie-effecten en domino-effecten

De laatste twee decennia is vanuit de wetenschappelijke literatuur steeds meer aandacht voor domino-effecten. Voor een literatuuroverzicht van de kennisontwikkeling van domino-effecten bij (petro)chemische bedrijven en clusters wordt verwezen naar Swuste et al. (2018, 2019).

In de literatuur worden verschillende definities gebruikt voor het domino fenomeen (Reniers, 2009; Abdolhamidzadeh et al., 2011). De meest eenvoudige definitie is afkomstig van Lees (1996): 'een gebeurtenis in één eenheid die een vervolg gebeurtenis in een andere eenheid veroorzaakt'. Het Amerikaanse Center for Chemical Process Safety (CCPS) geeft als definitie 'een incident dat start in

één eenheid en invloed heeft op nabijgelegen eenheden door een thermisch effect, een explosie of een impact van fragmenten' (CCPS, 2000). In deze definitie is aandacht voor het mechanisme van een domino-effect, namelijk de hittestraling, de drukgolf en de projectie van fragmenten. Dat wordt in een definitie van Cozzani en co-auteurs (Cozzani et al., 2007) nog verder uitgewerkt en waar vier stadia worden onderscheiden:

1) Een primair ongevalsscenario is het startpunt van het domino-effect
2) De primaire gebeurtenis heeft een propagatie-effect als gevolg dat wordt veroorzaakt door fysische effecten of escalatie-factoren afkomstig uit het primaire ongevalsscenario
3) Eén of meerdere secundaire ongevalsscenario's ontstaan, met effecten die worden veroorzaakt in hetzelfde of in andere omliggende bedrijven
4) Een escalatie-effect is het gevolg, en impliceert een toename van de totale impact van de gevolgen ten opzichte van het primaire ongevalsscenario

De meest algemeen aanvaarde definitie in de wetenschappelijke literatuur is die van Reniers en Cozzani (2013). In deze definitie wordt een domino-effect omschreven als 'an accident in which a primary unwanted event propagates within an equipment ('temporally') or/and to nearby equipment ('spatially'), sequentially or simultaneously, triggering one or more secondary unwanted events, in turn possibly triggering further (higher order) unwanted events, resulting in overall consequences more severe than those of the primary event'.

Zoals blijkt uit bovenstaande definitie wordt in de wetenschappelijke literatuur gesproken over domino-effecten als er sprake is van escalatie, of met andere woorden een ongevalsscenario dat aanleiding geeft tot een volgend ongevalsscenario, ongeacht of deze escalatie plaatsvindt in hetzelfde bedrijf. In de wetenschappelijke literatuur wordt het onderscheid gemaakt tussen enerzijds 'interne domino-effecten' die plaatsvinden in één bedrijf, en anderzijds 'externe domino-effecten' die plaatsvinden tussen meerdere bedrijven.

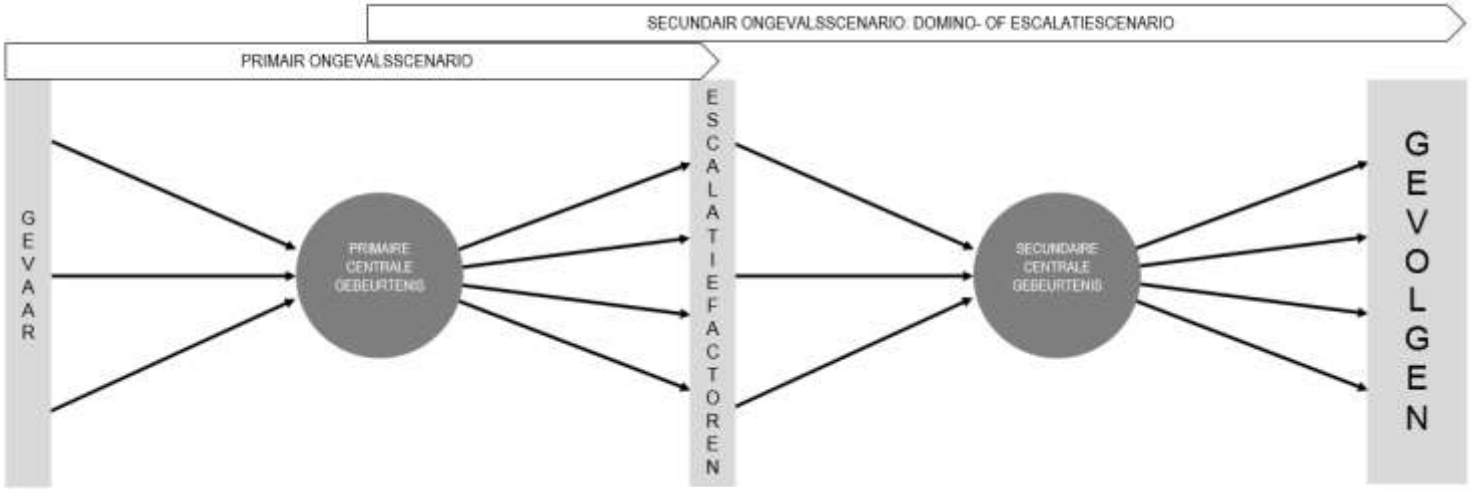
In de wet- en regelgeving bevat richtlijn 2012/18/EU van het Europees Parlement en het Besluit Risico's Zware Ongevallen 2015 (BRZO 2015) een bepaling over domino-effecten. In artikel 8 van het BRZO 2015 spreekt men van een aanwijzing van inrichtingen 'waarvoor het risico op een zwaar ongeval of de gevolgen daarvan, ten gevolge van de geografische 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'.

Wat betreft de definitie van domino-effecten is een belangrijk verschil op te merken tussen enerzijds de wetenschappelijke literatuur en anderzijds de wet- en regelgeving. In de wet- en regelgeving spreekt men namelijk over 'inrichtingen' en niet over 'bedrijven'. Volgens het BRZO 2015 kunnen domino-effecten slechts optreden tussen verschillende inrichtingen, en niet binnen eenzelfde inrichting, ook al maken verschillende bedrijven – ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering en meer specifiek een eigen veiligheidsmanagementsysteem – deel uit van deze inrichting. Dit impliceert dat, volgens de wetgeving, domino-effecten binnen eenzelfde inrichting niet mogelijk zijn. In de gehanteerde definitie van 'domino-effect' in dit onderzoek wordt bewust de term 'bedrijf' gebruikt, en niet de term 'inrichting',

omwille van de belangrijke impact van de bedrijfsvoering op het vlak van veiligheid. Ook is het volgens de wet- en regelgeving niet mogelijk dat een domino-effect optreedt binnen eenzelfde bedrijf (ongeacht of het bedrijf een inrichting op zich is, of het onderdeel is van een inrichting waaronder meerdere bedrijven vallen). Om hieraan tegemoet te komen wordt in dit onderzoek het onderscheid gemaakt tussen enerzijds een domino-effect, en anderzijds een escalatie-effect.

- **Domino-effect**: een ongevalsscenario in één bedrijf veroorzaakt een ongevalsscenario in een ander bedrijf (een 'extern' domino-effect zoals omschreven in de wetenschappelijke literatuur)
- **Escalatie-effect**: een ongevalsscenario in één bedrijf veroorzaakt een ongevalsscenario in hetzelfde bedrijf (een 'intern' domino-effect zoals omschreven in de wetenschappelijke literatuur)

Domino-effecten en escalatie-effecten kunnen visueel worden weergegeven aan de hand van een opeenvolging van bow-ties (figuur 9). Aan de linkerkant van de figuur geeft het gevaar de aanleiding tot het primair ongevalsscenario. Verschillende pre-event ongevalsscenario's, weergegeven als de pijlen van links naar rechts, kunnen leiden tot de primaire centrale gebeurtenis. Dit is een toestand waarbij het gevaar in die mate oncontroleerbaar is geworden dat het tot nadelige gevolgen kan leiden, zoals letsel of schade. Volgens de bovengenoemde definitie van Cozzani et al. (2007) vindt daarna de propagatie plaats. Het primair ongevalsscenario heeft geleid tot escalatiefactoren (overdracht mechanismen en fysische effecten) die op hun beurt de aanleiding zijn voor een secundaire centrale gebeurtenis. Deze secundaire gebeurtenis leidt tot gevolgen aan de rechterkant van de figuur, die groter zijn dan de gevolgen van het primaire ongevalsproces. In figuur 9 is het ongevalsproces weergegeven van een enkele domino of escalatie. Het is mogelijk dat primaire ongevalsscenario's resulteren in escalatiefactoren die aanleiding zijn voor meerdere gelijktijdige of elkaar opvolgende domino- of escalatiescenario's.



Domino-effect: het primaire ongevalsscenario veroorzaakt het secundaire ongevalsscenario in een ander bedrijf

Escalatie-effect: het primaire ongevalsscenario veroorzaakt het secundaire ongevalsscenario in hetzelfde bedrijf

Figuur 9. Een enkel domino- of escalatie-effect

Tabel 3 geeft een overzicht van mogelijke primaire ongevalsscenario's die via escalatiefactoren leiden tot mogelijke secundaire domino- of escalatiescenario's. Het type primair scenario zal aanleiding geven tot een welbepaalde escalatiefactor waarbij de impact van het secundair scenario afhankelijk is van de impact van de primaire centrale gebeurtenis (en dus bijgevolg de impact van de escalatiefactor). In het kader van domino- en escalatie-effecten zijn het voornamelijk de explosieve en ontvlambare stoffen die aandacht vereisen. De thermische straling, overdruk-impuls en geprojecteerde fragmenten die een gevolg zijn van het vrijkomen van explosieve of ontvlambare stoffen kunnen leiden tot een domino- of escalatie-effect in nabijgelegen installaties (al dan niet behorende tot hetzelfde bedrijf). Het vrijkomen van toxische stoffen zal weinig waarschijnlijk aanleiding geven tot een secundair scenario. Het is theoretisch mogelijk dat een toxische wolk materialen aantast waardoor er ontvlambare of explosieve stoffen vrijkomen, of dat de toxische wolk operatoren bereikt en ervoor zorgt dat de processen niet meer beheerst kunnen worden waardoor een zwaar ongevalsscenario optreedt. In de wetenschappelijke literatuur zijn hierover echter zeer weinig gedocumenteerde voorvallen terug te vinden. Hierdoor worden deze scenario's niet als worst-credible gecategoriseerd. Een toxische stof zal dus weinig waarschijnlijk aanleiding kunnen geven tot een secundair domino- of escalatiescenario, maar toxische stoffen kunnen wel vrijkomen als gevolg van een secundair domino- of escalatiescenario. Ook op het vlak van security is het plausibel dat bijvoorbeeld een explosie wordt gebruikt om via een escalatie- of domino-effect een gifwolk vrij te zetten (Salzano et al., 2012).

Tabel 3. Opeenvolging primaire en secundaire ongevalsscenario's via escalatiefactoren

Primair scenario	**Escalatiefactor** ***Overdracht mechanismen en fysische effecten***	**Mogelijk secundair scenario**
Plasbrand	Straling, langdurig vlamcontact	Fakkelbrand, plasbrand, BLEVE, toxische vrijzetting
Fakkelbrand	Straling, langdurig vlamcontact	Fakkelbrand, plasbrand, BLEVE, toxische vrijzetting
Vuurbal	Straling, langdurig vlamcontact	Tankbrand
Steekvlam	Langdurig vlamcontact	Tankbrand
Mechanische explosie	Fragmenten, overdruk-impuls	Alle
Explosie in gesloten ruimte	Overdruk-impuls	Alle
BLEVE	Fragmenten, overdruk-impuls	Alle
Gaswolkexplosie (VCE)	Overdruk-impuls, langdurig vlamcontact	Alle
Toxische vrijzetting	Concentratie	Geen

Referenties: RIVM, 2003; Salzano et al., 2012

Aan de hand van de literatuur en ongevalsonderzoeken werd een overzicht opgesteld van enkele internationale zware ongevallen (tabel 4) (deze lijst is niet exhaustief, maar omvat enkele voorbeelden ter illustratie). Hierbij werd aandacht besteed aan het volgende:

- Maakt het bedrijf al dan niet deel uit van een cluster?
- Vonden er naar aanleiding van de eerste centrale gebeurtenis al dan niet domino-effecten en/of escalatie-effecten plaats?

Uit tabel 4 kan afgeleid worden dat zware ongevallen bijna altijd escalatie-effecten (of interne domino-effecten) met zich meebrengen, waarbij het primaire ongevalsscenario een ongevalsscenario veroorzaakt binnen hetzelfde bedrijf. De effecten die deze escalatiescenario's met zich meebrengen reiken wel vaak buiten het bedrijfsterrein: vaak veroorzaken de escalatiescenario's schade aan naastgelegen bedrijven en omliggende bebouwing, of letsel aan werknemers van naastgelegen bedrijven en omwonenden. Gedocumenteerde incidenten met domino-effecten waarbij een ongevalsscenario in één bedrijf een ongevalsscenario veroorzaakt in een ander bedrijf zijn eerder schaars. Ook kan uit tabel 4 afgeleid worden dat escalatiescenario's met effecten op omwonenden en omliggende bebouwing zowel binnen clusterbedrijven (bijvoorbeeld Tianjin, 2015) als binnen alleenstaande (petro)chemische bedrijven (bijvoorbeeld Flixborough, 1974) plaatsvinden. Het lijkt er op dat het al dan niet deel uitmaken van een (petro)chemische cluster geen onderscheidend kenmerk is voor de mogelijke gevolgen op omwonenden en omliggende bebouwing ten gevolge van domino- of escalatiescenario's. Wel is de afstand van het bedrijf tot de omliggende bebouwing een bepalende factor.

Tabel 4. Enkele oorbeelden van zware ongevallen in geclusterde en niet-geclusterde (petro)chemische bedrijven met al dan niet domino-effecten en/of escalatie-effecten tot gevolg

Jaartal, plaats, bedrijf	Cluster	Centrale gebeurtenis	Domino	Escalatie	Effecten on-site / off-site*	Consequenties	
						Doden	Gewonden
1966, Frankrijk Feyzin	Nee	Brand	N.v.t.	Ja (explosies & brand)	Ook off-site (schade aan bebouwing)	18	89
1984, Mexico City, Petróleos Mexicanos	2 kleinere omliggende bedrijven	Brand	Ja (explosies & brand)	Ja (explosies & brand)	Ook off-site (schade aan bebouwing & naastgelegen bedrijven, letsel werknemers naastgelegen bedrijven, omwonenden, milieuschade)	+500	+7000
1997, India Visakhapatnam, Hindustan Petroleum Corporation Ltd.	Ja	Explosie	Ja (brand)	Ja (explosie & brand)	Ook off-site (schade aan bebouwing & naastgelegen bedrijven, letsel werknemers naastgelegen bedrijven, milieuschade)	+60	Onbekend
2000, USA Texas, Phillips Petroleum Chemical Plant	Ja	Explosie	Nee	Ja (brand)	Enkel on-site	1	71
2001, Frankrijk Toulouse, AZF	Nee	Explosie	N.v.t.	Ja (explosie)	Ook off-site (schade aan bebouwing, letsel omwonenden)	31	+5000
2003, Oostenrijk Linz, DSM Fine Chems	Ja	Explosie	Nee	Ja (brand)	Enkel on-site	0	18
2003, Nederland Geleen, DSM	Ja	Explosie	Nee	Nee	Enkel on-site	3	0
2005, UK Hertfordshire, Hertfordshire Oil Storage Ltd.	Ja (Buncefield)	Explosie	Ja (brand)	Ja (explosies & brand)	Ook off-site (schade aan bebouwing & naastgelegen bedrijven, letsel werknemers naastgelegen bedrijven, milieuschade)	0	43
2005, USA Texas, BP	Nee	Explosie	N.v.t.	Ja (explosies & brand)	Ook off-site (schade aan bebouwing)	15	180
2008, Canada Toronto, Sunrise Propane Industrial Gases	Nee	Explosie	N.v.t.	Ja (explosie & brand)	Ook off-site (schade aan bebouwing & letsel omwonenden)	2	54
2008, China Guangxi, Guangxi Guangwei Chemical Co.	Nee	Brand	N.v.t.	Ja (explosies, brand, toxische emissies)	Ook off-site (schade aan bebouwing & letsel omwonenden)	16	57
2009, Nederland Nijmegen, CP Kelco	Nee	Explosie	N.v.t.	Ja (brand)	Enkel on-site	1	0
2010, USA West Virginia, DuPont	Ja	Toxische emissie	Nee	Nee	Ook off-site (milieuschade)	1	0
2011, Nederland Moerdijk, Chemie-Pack	Ja	Brand	Nee	Ja (explosies & brand)	Ook off-site (gezondheidsklachten omwonenden, milieuschade, schade naastgelegen bedrijf)	0	0
2013, USA Louisiana, Williams Geismar Olefins Plant	Ja	Explosie	Nee	Ja (brand)	Enkel on-site	2	167
2014, Nederland Moerdijk, Shell	Ja	Explosie	Nee	Ja (explosie & brand)	Enkel on-site	0	2
2015, China Tianjin, Ruihai Company	Ja	Brand	Nee	Ja (twee explosies)	Ook off-site (schade aan bebouwing & naastgelegen bedrijven, letsel werknemers naastgelegen bedrijven, omwonenden & hulpverleners, milieuschade)	173	800
2015, België Antwerpen, BASF	Ja	Explosie	Nee	Ja (brand)	Enkel on-site	0	0

* Onder effecten wordt verstaan: letsel aan personen of schade aan gebouwen, milieu,… Het evacueren van omwonende en omliggende bedrijven en de verspreiding van onschadelijke rook buiten het bedrijfsterrein worden hier niet toe gerekend

Bronnen: Abdolhamidzadeh et al., 2011; Aitai et al., 2017; Buncefield Major Incident Investigation Board, 2008; COMAH 2011; CSB, 2007; CSB, 2011; CSB, 2016; European Commission, 2014; IMPEL et al. 2009; Khan et al., 1999; OVV 2012; OVV, 2014; OVV, 2015; Pietersen, 2014; Reniers et al., 2013; Rodante ,2003; Swuste et al., 2017a; Swuste et al. 2017b; Török et al., 2011

Keteneffecten

Domino- en escalatie-effecten vertrekken vanuit een brand of een ontploffing die aanleiding geeft tot één of meerdere volgende ongevalsscenario's. In een (petro)chemische cluster kan er door de verbondenheid of onderlinge samenhang tussen verschillende bedrijven ook sprake zijn van keteneffecten die het gevolg zijn van een ketenscenario[11]. Een ketenscenario is clusterspecifiek en kan optreden wanneer:

- Nabijgelegen bedrijven gebruik maken van dezelfde voorzieningen. Dit kan gaan om *utilities* (zoals elektriciteit, stoom, water, gassen) maar ook om bijvoorbeeld gezamenlijke import of export van grondstoffen en producten
- Een bedrijf voor het functioneren afhankelijk is van processen van andere nabijgelegen bedrijven (men maakt met andere woorden gebruik van elkaars productstromen)

Tabel 5 geeft weer wat mogelijke aanleidingen kunnen zijn voor het in gang zetten van een ketenscenario. Het gaat hier telkens om uitval van systemen die gekenmerkt worden door afhankelijkheden tussen verschillende bedrijven van een cluster waarbij er geen (of een beperkte) back-up is voorzien van het betreffende systeem.

Tabel 5. Mogelijke aanleidingen voor het initiëren van een ketenscenario

Uitval gezamenlijke utilities (zoals elektriciteit, stoom, water, gassen)
Uitval aanlevering grondstoffen/producten vanuit buurbedrijf
Uitval export grondstoffen/producten naar buurbedrijf
Uitval gezamenlijke aanlevering grondstoffen/producten van buiten de cluster
Uitval gezamenlijke export grondstoffen/producten naar buiten de cluster

De mate van verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid varieert sterk per cluster. Clusters die in het verleden één bedrijf vormden – namelijk Chemelot (voormalig DSM), Chemie Park Delfzijl (voormalig AkzoNobel) en Valuepark Terneuzen (voormalig Dow) – vertonen de hoogste mate van verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid. Een voorbeeld: figuur 10 toont de verbindingen tussen de bedrijven op het Chemie Park Delfzijl, waar zo goed als alle bedrijven op de locatie in verbinding staan met elkaar. Figuur 11 toont het gebruik van gezamenlijke (private) utilities op het Chemie Park Delfzijl. Ook binnen (petro)chemische clusters die van oorsprong niet één bedrijf vormden – zoals binnen de cluster Rotterdam of Moerdijk – is een hoge mate van verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid vast te stellen. In de cluster Amsterdam (Westpoort) is er weinig verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid tussen de verschillende bedrijven. In deze cluster is de hoofdactiviteit van de meeste bedrijven opslag

[11] Ook binnen eenzelfde bedrijf kan het uitvallen van een installatie of problemen met de aanvoer van grondstoffen ertoe leiden dat andere installaties uit bedrijf moeten gaan (of met een mindere capaciteit moeten draaien). In dit onderzoeksrapport spreken we echter enkel van een ketenscenario als er sprake is van verbondenheid of onderlinge samenhang tussen verschillende bedrijven

van brandstoffen, waarbij er weinig procesinstallaties zijn, en het delen van productstromen niet aan de orde is.

De essentie van een ketenscenario is dat, door uitval van gezamenlijke systemen, installaties van verschillende bedrijven stilgelegd moeten worden, en nadien weer opgestart moeten worden. Dit heeft als belangrijke veiligheidsimplicatie dat het stilleggen en opstarten van installaties steeds een hoger veiligheidsrisico met zich meebrengt (en ook een hogere milieu impact heeft). Hierbij speelt ook de snelheid waarmee men uit bedrijf moet of kan gaan een rol.

Ketenscenario's ontwikkelen zich relatief langzaam in vergelijking met domino- of escalatiescenario's. Vaak is er immers van de gedeelde utilities en grondstoffen een zekere buffer aanwezig, waardoor er meer tijd is om bepaalde acties te ondernemen (bijvoorbeeld het afschakelen van fabrieken). Dit is anders bij bijvoorbeeld de uitbraak van een brand, waarbij men onmiddellijk moet handelen. Om keteneffecten te voorkomen, of de verdere ontwikkeling ervan te beperken, is de organisatie van een efficiënte centrale noodorganisatie essentieel.

Een voorbeeld van een recent ketenscenario is het demiwater incident op Chemelot in 2017. Als gevolg van een storing in het centrale systeem met demiwater, dat op het terrein gebruikt wordt voor de verwarming en koeling van processen in de fabrieken, werd de meerderheid van de fabrieken op het terrein stilgelegd. Alle fabrieken konden tijdig worden stilgelegd, en werden nadien opgestart zonder dat er sprake was van nadelige veiligheidsgerelateerde effecten.



Figuur 10. Verbindingen tussen de bedrijven op het Chemie Park Delfzijl



Figuur 11. Gezamenlijke utilities op het Chemie Park Delfzijl

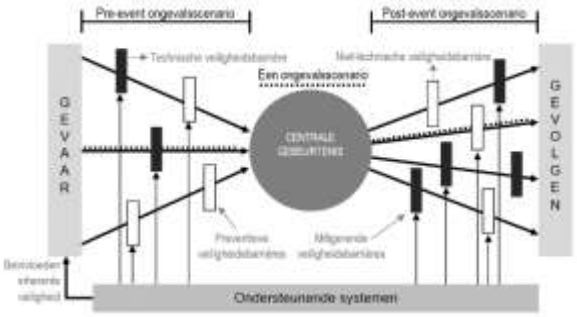
6.2. Beïnvloedende veiligheidsparameters in clusterbedrijven en losstaande bedrijven

Deelonderzoeksvraag 2

"Welke parameters kunnen het verloop van de worst-credible ongevalsscenario's beïnvloeden, respectievelijk voor clusterbedrijven en niet-clusterbedrijven?"

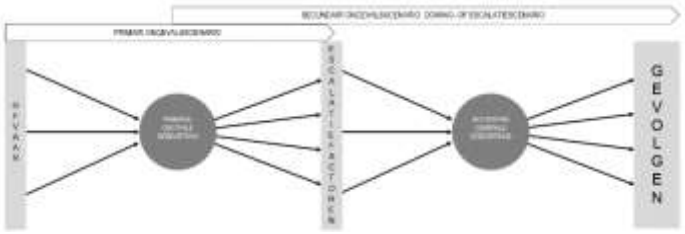
Parameters die het verloop van worst-credible ongevalsscenario's kunnen beïnvloeden of onderbreken, kunnen onderverdeeld worden in verschillende categorieën (zie figuur 4):

- Technische veiligheidsbarrières (zwarte rechthoeken)
- Niet-technische (organisatorische & menselijke) veiligheidsbarrières (witte rechthoeken)
- Ondersteunende systemen (pijlen omhoog) die de kwaliteit (in termen van betrouwbaarheid en beschikbaarheid) van de technische en niet-technische veiligheidsbarrières beïnvloeden



Ook kunnen de beïnvloedende veiligheidsparameters opgedeeld worden in:

- Preventieve veiligheidsparameters die de ongewenste gebeurtenis kunnen voorkomen (aan de linkerkant van de centrale gebeurtenis)
- Mitigerende veiligheidsparameters die de gevolgen kunnen beperken als de ongewenste gebeurtenis zich toch voordoet (aan de rechterkant van de centrale gebeurtenis)



Het beïnvloeden van het verloop van domino- en escalatiescenario's, zoals afgebeeld in figuur 9, kan door in te zetten op de verschillende opeenvolgende ongevalsscenario's. Zo kunnen domino- en escalatie-effecten in eerste instantie vermeden worden door middel van het onderbreken van het primaire ongevalsscenario. Dit kan door in te zetten op het voorkomen van de primaire centrale gebeurtenis, of door in te zetten op het beperken van escalatiefactoren. Ook kan er ingezet worden op de secundaire (en volgende) ongevalsscenario's door het voorkomen van de secundaire centrale gebeurtenis, of door het beperken van de gevolgen van het domino- of escalatiescenario.

De beïnvloedende veiligheidsparameters waarop in dit onderzoek gefocust wordt, zijn voornamelijk ondersteunende systemen. Technische en niet-technische veiligheidsbarrières zijn immers zeer bedrijfsspecifiek, i.e. afhankelijk van de specifieke (productie)processen binnen het bedrijf. Het voordeel van te focussen op ondersteunende systemen, is dat de geïdentificeerde veiligheidsparameters overdraagbaar zijn naar andere clusters en losstaande bedrijven.

6.2.1. Samenwerking en kennisuitwisseling

Samenwerking en kennisuitwisseling tussen bedrijven wordt gezien als belangrijke beïnvloedende veiligheidsparameter. Eén van de vijf roadmaps van het programma Duurzame Veiligheid 2030 heeft als doel om tot een transparante (petro)chemische sector te komen (roadmap C in figuur 1). Transparantie wordt binnen het programma gezien als een belangrijk middel om de doelstelling van duurzame veiligheid te bereiken, en fungeert als drijvende kracht voor verbetering van veiligheid. In het programma Duurzame Veiligheid 2030 wordt gewerkt aan de bevordering van transparantie in de (petro)chemie tussen bedrijven onderling, tussen bedrijven en overheden en naar burgers en de maatschappij (www.dv2030.nl/transparante-sector).

Samenwerking, zoals het delen van middelen en deskundigheid, kan tot een kostenbesparing leiden, maar ook tot een hogere kwaliteit en professionalisering waardoor de veiligheid verhoogd kan worden. Ook door kennisdeling, zoals het leren van incidenten en het delen van good practices, kan men elkaar samen op een hoger veiligheidsniveau brengen.

a) Samenwerking en kennisuitwisseling binnen in de (petro)chemische industrie

Alvorens in te gaan op verschillen tussen clusters en losstaande bedrijven, worden eerst enkele algemene aspecten toegelicht die betrekking hebben op de (petro)chemische industrie in het algemeen wat betreft samenwerking en kennisuitwisseling.

Het belang van ondersteunende organisaties

Organisaties zoals onder andere de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI), Deltalinqs en de regionale veiligheidsnetwerken (Veiligheid Voorop) spelen een belangrijke rol in het stimuleren en op gang brengen van samenwerking en kennisdeling tussen bedrijven, zowel binnen clusters als bij losstaande bedrijven.

Het belang van ondersteunende wet- en regelgeving

Wet- en regelgeving richt zich enkel op individuele bedrijven, wat ook maakt dat bedrijven voornamelijk naar zichzelf kijken. Deze individuele focus geldt ook voor geclusterde bedrijven, zelfs als verschillende bedrijven in sterke mate geïntegreerd en verbonden zijn met elkaar.

Het belang van confidentialiteit

Bij het delen van kennis en informatie is het van belang dat dit op een confidentiële manier kan gebeuren, zonder dat er angst is voor eventuele sancties. Het gaat hierbij om ‘openheid in beslotenheid’. Informatie moet op een open manier gedeeld kunnen worden, maar wel via gremia die besloten genoeg zijn zodat het opbouwen van een vertrouwensband tussen de uitwisselende partijen mogelijk is, de zogenaamde ‘trusted communities’. Er moet steeds goed gekeken worden naar de samenstelling en de belangen van de verschillende gesprekspartners.

Zo zijn er verschillende (informele) overlegorganen waarbij er bewust voor gekozen is om de toezichthoudende overheid niet te includeren als gesprekspartner. In deze overlegorganen gaat het immers over het uitwisselen van vaak gevoelige informatie wanneer het om incidenten gaat. Bedrijven kunnen meer open zijn als er bij deze uitwisseling geen overheid zit, zodat er in deze gremia bij een non-conformiteit geen sanctie wordt opgelegd.

Een voorbeeld van het belang van confidentialiteit betreft het we-nose netwerk in Rotterdam. Dit is een aaneenschakeling van 250 e-noses of elektronische neuzen die veranderingen in de luchtsamenstelling monitoren, om zo om geurhinder effectief te bestrijden en het vrijkomen van gevaarlijke stoffen vroegtijdig te signaleren. Het we-nose netwerk wordt door het Havenbedrijf aangeboden als service aan het bedrijfsleven. Als een e-nose een emissie vaststelt, leidt dit niet automatisch tot sancties voor het betreffende bedrijf. De nadruk ligt immers op *leren*, en niet op *verantwoorden*. Van het betreffende bedrijf verantwoordelijk voor de emissie wordt wel verwacht dat er treffende maatregelen worden genomen. En als er duidelijk sprake is van een overtreding, kan DCMR wel sancties opleggen.

Bedrijven met meer kennis, deskundigheid en middelen

Door middel van samenwerking kunnen bedrijven elkaar op een hoger niveau brengen. Zo kunnen bedrijven die op vlak van veiligheid minder kennis, deskundigheid en middelen hebben (maar die wel de wil hebben om te verbeteren), leren van het niveau van bedrijven die op vlak van veiligheid verder staan.

Een praktijkvoorbeeld vinden we terug bij Chemelot. Het bedrijf Celanese ligt buiten het Chemelot terrein en behoort niet tot de inrichting. Celanese is een BRZO-bedrijf en heeft een aanwijzing voor bedrijfsbrandweer. Via een samenwerking met Chemelot maakt Celanese mee gebruik van de bedrijfsbrandweer van het Chemelot terrein. Op die manier kan ook Celanese een beroep doen op een professionele bedrijfsbrandweer, en moeten ze geen bedrijfsbrandweer oprichten als individueel bedrijf.

Uit de interviews blijkt dat het vaak dezelfde bedrijven zijn die ‘brenger’ zijn van de kennis en middelen, en dezelfde bedrijven die ‘afnemer’ zijn van de kennis en middelen. Belangrijk is om de ‘brengers’ te blijven stimuleren om hun kennis en middelen te delen, en om de afnemers te stimuleren om hun kennis en ervaringen te delen met anderen.

De sterkte van de keten wordt bepaald door de zwakste schakel

Bedrijven die minder goed presteren op vlak van veiligheid kunnen de betere bedrijven vertragen in het verbeterproces. Ook op subjectief vlak kan zich dit manifesteren. Zo kan de veiligheidsperformance van één bedrijf een invloed hebben op de reputatie van andere bedrijven die behoren tot dezelfde cluster, of op bedrijven uit de hele sector. De perceptie van de maatschappij speelt hierbij een belangrijke rol. Binnen een cluster blijf je bij een incident als individueel bedrijf ook vaker buiten beeld, en wordt er gerefereerd naar ‘de cluster’ als locatie van het incident.

De impact van de moedermaatschappij

Een belangrijke parameter op vlak van samenwerking en kennisdeling, is of het bedrijf al dan niet meerdere vestigingen heeft. Bij bedrijven met meerdere vestigingen is er vaak intern uitwisseling van kennis en deskundigheid. Het delen van kennis en deskundigheid binnen eenzelfde bedrijf is vaak makkelijker dan tussen verschillende bedrijven, omdat de vertrouwensband reeds bestaat.

De praktijk leert wel dat kennisuitwisseling tussen verschillende vestigingen van eenzelfde bedrijf soms beter kan. Zo werd bij het onderzoek naar aanleiding van de explosie bij Shell Moerdijk in 2014 vastgesteld dat er in Shanghai een gelijkaardige Shell-fabriek stond waarbinnen dezelfde voorvallen plaatsvonden.

De moedermaatschappij kan ook een impact hebben op de samenwerking en kennisdeling met andere bedrijven. Zo kan een bepaalde vestiging wel de intentie vertonen om met andere bedrijven samen te werken, maar op corporate niveau kan er een beleid bestaan dat ingaat tegen het delen van informatie met andere bedrijven.

De impact van gelijkaardige processen en producten

Het initiëren van samenwerking en kennisdeling wordt vaak bepaald door de gelijkenissen op het vlak van processen, of gelijkenissen op het vlak van gebruikte gevaarlijke stoffen. Als de gelijkenissen groter zijn, is ook vaak de winst van de kennisdeling groter. Zo heeft BASF verschillende vestigingen, maar deze vestigingen hebben vaak uiteenlopende processen of gebruikte producten. Sachem heeft vijf productievestigingen, waarvan er drie gelijkaardige processen hebben. Tussen deze vestigingen met gelijkaardige processen wordt veel kennis en kunde gedeeld. Ook binnen Hexion wordt er veel geleerd van andere vestigingen, omdat daar wereldwijd wordt gewerkt met dezelfde processen en producten.

Ook tussen verschillende bedrijven kunnen gelijkenissen op het vlak van processen en producten bepalend zijn voor de mate van samenwerking en kennisdeling. Zo is bijvoorbeeld op het Chemie Park Delfzijl chloor een belangrijke component in vele processen van verschillende bedrijven, wat maakt dat de verschillende bedrijven hierover kennis en deskundigheid delen. Bij het losstaand bedrijf Aspen Oss is de samenwerking met het naastliggende BRZO-bedrijf beperkt omdat er geen gelijkaardige processen zijn. Wel hebben deze bedrijven contact als er raakvlakken zijn. Zo werden er bijvoorbeeld ervaringen uitgewisseld over de BRZO-inspectie met het thema *ageing.*

Gelijkenissen op het vlak van processen en producten kunnen ook remmend werken op de samenwerking en kennisdeling tussen verschillende bedrijven. Deze bedrijven kunnen namelijk op sommige vlakken concurrenten zijn van elkaar. Zo is binnen de cluster Amsterdam (Westpoort) de hoofdactiviteit van de meeste BRZO-bedrijven opslag van brandstoffen. Tussen deze bedrijven is echter in zeer beperkte mate samenwerking en uitwisseling. Belangrijk is om de bedrijven bewust te maken dat er wel concurrentie kan zijn op prijs en product, maar dat er op het gebied van veiligheid geen concurrentie bestaat.

Transparantie: safety versus security

Op het vlak van kennisdeling moet de mate van transparantie steeds afgewogen worden voor zowel safety als security. Zo kan een hoge mate van transparantie voordelen opleveren op het vlak van safety, maar kan dit nadelig zijn op het vlak van security. Transparantie kan immers de zwakke plekken van een bedrijf blootleggen. In dit kader is samenwerken en het delen van kennis binnen *trusted communities* (openheid in beslotenheid) des te belangrijker.

Motiveren van bedrijven

Voor samenwerking en kennisdeling is men meestal aangewezen op de vrijwilligheid van de bedrijven. Strategieën om de bedrijven – zowel de gemotiveerde als de minder gemotiveerde – te stimuleren om ze te laten samenwerken zijn nodig. De noodzaak bestaat om bedrijven bewust te maken van de mogelijke voordelen van samenwerking.

b) Samenwerking en kennisuitwisseling: verschillen tussen losstaande en geclusterde (petro)chemische bedrijven

Wat betreft de vergelijking tussen geclusterde en losstaande bedrijven op het vlak van samenwerking en kennisuitwisseling zijn de onderstaande verschillen en aandachtspunten op te merken.

Invloed ontstaansgeschiedenis cluster

De ontstaansgeschiedenis van een (petro)chemische clusters heeft een grote invloed op de bestaande samenwerking binnen een cluster. Clusters die in het verleden één bedrijf vormden (Chemelot, Chemie Park Delfzijl en Valuepark Terneuzen) vertonen een hogere mate van samenwerking.

Invloed onderlinge afhankelijkheid en integratie

De samenwerking binnen een cluster kan beïnvloed worden door de mate van verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid tussen de verschillende bedrijven. In een cluster van bedrijven die onderling sterk afhankelijk zijn van elkaar zijn de voordelen van samenwerking vaak beter zichtbaar. Daar kunnen de beslissingen van één bedrijf immers een direct effect hebben op een ander nabijgelegen bedrijf. Ook kunnen de mogelijke keteneffecten een drijfveer zijn om samen te werken en de veiligheid op een hoger niveau te brengen. Binnen deze clusters is vaak een hoge mate van *peer pressure* vast te stellen, waarbij de verschillende bedrijven binnen een cluster elkaar aansporen om bepaalde veiligheidsstandaarden te behalen, en ingrijpen indien bepaalde veiligheidsaspecten niet worden nageleefd.

Ook binnen clusters waarbinnen de bedrijven in mindere mate verbonden zijn en van elkaar afhankelijk zijn, zou deze drijfveer tot samenwerking en *peer pressure* er moeten zijn. Bedrijven kunnen immers steeds geconfronteerd worden met risico's die worden veroorzaakt door de beslissingen van naburige bedrijven, ook al is de verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid beperkt.

Invloed van geografische nabijheid

De geografische nabijheid van bedrijven binnen een cluster maakt samenwerking en kennisdeling vaak makkelijker dan in vergelijking met bedrijven die geen buurbedrijven om zich heen hebben. Net daarom moet deze laatste groep bijkomend gestimuleerd worden om samenwerkingsverbanden aan te gaan.

Geografische nabijheid is echter geen garantie voor samenwerking. Een studie van Reniers et al. (2005) ging de huidige samenwerking na tussen 24 bedrijven binnen een cluster in België (Haven van Antwerpen), en de wil om meer samen te werken. Figuur 12 toont dat meer dan een derde van de bedrijven (36%) niet samenwerkt binnen de cluster. Bij deze niet samenwerkende bedrijven, is bovendien de wil om samen te werken beperkt (slechts 35% toont een wil tot meer samenwerking).

Cooperation between adjacent enterprises

	There is no cooperation		Information is exchanged at a cluster level		Information is exchanged at a company level		Cooperation is profound	
Total of Seveso companies	36%		30%		25.5%		8.5%	
Is there willingness for a more thorough cooperation besides mere information exchange?								
	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No
	35%	65%	71.5%	28.5%	50%	50%	100%	0%

Figuur 12. Huidige samenwerking tussen geclusterde Seveso bedrijven en de wil tot meer samenwerking (Reniers et al., 2005)

Verplichte en vrijwillige samenwerkingsvormen

Binnen clusters bestaan er verschillende initiatieven om samen te werken en kennis met elkaar te delen. Deze samenwerkingsinitiatieven binnen de clusters kunnen zowel vrijwillig als dwingend zijn.

Bedrijven die zich op het Chemelot terrein vestigen vallen onder een overkoepelende omgevingsvergunning. Deze overkoepelende vergunning zorgt ervoor dat de samenwerking tussen de bedrijven niet vrijblijvend is. Zo sluiten alle bedrijven op het Chemelot terrein zich bijvoorbeeld verplicht aan bij de centrale noodorganisatie die in het leven wordt geroepen bij een incident. Hierdoor geeft men als individueel bedrijf een deel van de bevoegdheden op. Deze centrale noodorganisatie kan immers beslissen om een bedrijf stil te leggen, als dit noodzakelijk blijkt om de veiligheid te waarborgen.

Vaak zijn gedeelde initiatieven opgenomen in een *Service Level Agreement* (SLA). Zo zijn er op het Chemie Park Delfzijl enkele gemeenschappelijke regelingen die contractueel zijn vastgelegd, bijvoorbeeld op het vlak van security en de infrastructuur.

Binnen andere clusters is samenwerking vaak op vrijwillige basis. Afdwingbaarheid van samenwerkingsverbanden is vaak niet mogelijk wegens overstijgende wetgeving. Een voorbeeld hiervan heeft betrekking op de bedrijfsbrandweer die op het Chemie Park Delfzijl gezamenlijk geregeld is. Bedrijven die op het Chemie Park gevestigd zijn, kan men niet verplichten om zich aan te sluiten bij de gezamenlijke bedrijfsbrandweer. Alle bedrijven op het Chemie Park (zowel met als zonder een aanwijzing voor bedrijfsbrandweer) hebben ervoor gekozen zich aan te sluiten bij de gezamenlijke

bedrijfsbrandweer, met uitzondering van één bedrijf. De keuze van dit bedrijf om zich niet aan te sluiten is juridisch te rechtvaardigen, want er is geen wettelijke grond om dit bedrijf te verplichten tot aansluiting. Het bedrijf heeft volgens de wet veiligheidsregio's geen aanwijzing voor een bedrijfsbrandweer, en is bijgevolg niet verplicht om een bedrijfsbrandweer te hebben. In het geval van een incident bij het niet aangesloten bedrijf zal de overheidsbrandweer (die een langere aanrijtijd heeft dan de gezamenlijke bedrijfsbrandweer op het Chemie Park) het incident bestrijden. De gezamenlijke bedrijfsbrandweer van het Chemie Park heeft immers geen bevoegdheid om het incident te bestrijden bij het niet aangesloten bedrijf (en ze zijn niet getraind op de mogelijke ongevalsscenario's).

Indien er binnen een cluster bepaalde bedrijven niet of slechts gedeeltelijk deelnemen aan gezamenlijke initiatieven, moet er steeds nagegaan worden of dit een mogelijke impact kan hebben op de veiligheid van de omliggende bedrijven.

Grote bedrijven hebben een voortrekkersrol

Binnen clusters zijn het vaak de grote bedrijven die een voortrekkersrol hebben op het vlak van veiligheidsstandaarden. Op bijvoorbeeld het Chemelot terrein is dit SABIC, op het Chemie Park Delfzijl is dit Nouryon, op het Valuepark Terneuzen is dit Dow, en binnen Rotterdam is dit BP en Shell (met onder andere het Shell Safety Centre).

Opletten voor tunnelvisie

Binnen clusters moet men opletten voor een 'tunnelvisie'. Ook al wordt er binnen een cluster met verschillende bedrijven samengewerkt en kennis gedeeld, dan nog blijft het belangrijk om andere inzichten en kritische reflectie van buitenaf toe te laten. Samenwerking tussen clusters (zie verder) en organisaties zoals de VNCI en de regionale veiligheidsnetwerken spelen op dit vlak een belangrijke rol.

Samenwerking en kennisuitwisseling tussen clusters

Er worden door onder andere de brancheverenigingen en de regionale veiligheidsnetwerken initiatieven genomen om samenwerking tussen clusters te bevorderen. In de praktijk vindt samenwerking en kennisuitwisseling tussen clusters eerder in beperkte mate plaats. Toch kan uitwisseling tussen clusters een toegevoegde waarde opleveren op het vlak van veiligheid. Zo kan het voor de clusters een meerwaarde zijn om bijvoorbeeld bij elkaar te kijken hoe werkzaamheden tijdens grote onderhoudstops aangepakt worden. De contractoren die in een cluster onderhoud uitvoeren, kunnen immers een paar maanden later aan het werk zijn in een andere cluster.

Als reden voor de beperkte samenwerking tussen clusters wordt onder meer aangehaald dat alle clusters sterk van elkaar verschillen, waardoor maatregelen binnen een bepaalde cluster moeilijk overdraagbaar zijn. De maatregelen hoeven echter geen blauwdruk te zijn. Mits aanpassingen zijn er altijd aspecten die overdraagbaar zijn. Ook de fysieke afstand wordt aangehaald als reden voor beperkte samenwerking tussen clusters. In dit digitale tijdperk zou afstand echter geen argument mogen zijn om niet met elkaar samen te werken.

Kosten en baten van samenwerkingsinitiatieven

Het verdelen van kosten voor gezamenlijke initiatieven die genomen worden binnen een cluster kan een moeilijke opgave zijn. Deze verdeling is immers niet evident als bepaalde bedrijven minder of meer baat hebben bij het genomen initiatief.

Verantwoordelijkheden bij samenwerkingsverbanden

Samenwerkingsverbanden binnen clusters kunnen ertoe leiden dat verantwoordelijkheden voor bepaalde aspecten worden neergelegd bij meerdere partijen. Deze gedeelde verantwoordelijkheden zijn niet altijd evident. Ook kunnen er onduidelijkheden zijn op het vlak van verantwoordelijkheden. Ook kunnen verantwoordelijkheden binnen een cluster makkelijker afgeschoven of doorgeschoven worden. Duidelijke afspraken op dit vlak zijn noodzakelijk.

Samenwerkingsverbanden binnen clusters kunnen er bovendien voor zorgen dat bedrijven een deel van hun autonomie verliezen. Op vlak van veiligheid kan dit echter een kracht zijn. Zo kan men evolueren van suboptimale beslissingen op individueel bedrijfsniveau naar optimale beslissingen op clusterniveau. Bij buurbedrijven die een verschillende bedrijfsvoering hanteren, bijvoorbeeld op het vlak van incidentbestrijding, kan dit bijvoorbeeld implicaties hebben indien er zich effectief een incident voordoet (bedrijven hebben vaak verschillende procedures om de incidentbestrijding in gang te zetten, om het personeel te waarschuwen,…).

Verschillende belangen en veiligheidsvisies

Het ultieme samenwerkingsverband binnen een cluster is de benadering van een cluster ‘alsof het één bedrijf is’. Het kan echter een opdracht zijn om samenwerking te realiseren tussen verschillende bedrijven (en eventuele moederbedrijven) die elks een eigen bedrijfsvoering hebben. Verschillende opvattingen over veiligheid kunnen ervoor zorgen dat veranderingsprocessen moeilijker te realiseren zijn en dat het besluitvormingsproces wordt vertraagd. Vaak is intensief overleg met de verschillende partijen nodig om tot een consensus te komen. Echter, ‘alleen ben je sneller, maar samen kom je verder’.

Zo kan een cluster intern bepaalde regels hanteren, maar als die afwijken van de regels van het eigen bedrijf, kan dit een moeilijke afweging zijn. Zo kan binnen een cluster de snelheidslimiet van 40 km/u gelden, en kan het een corporate regel zijn van een individueel bedrijf uit deze cluster dat de snelheidslimiet 50 km/u is (*time is money*). Een ander voorbeeld vinden we terug bij SABIC, waarvan het moederbedrijf in het Midden-Oosten gevestigd is. SABIC Nederland krijgt security audits vanuit het moederbedrijf. In het Midden-Oosten is gewapende poortbeveiliging de standaard. Deze visie verschilt sterk van de Europese visie, waardoor het evenwicht soms moeilijk te vinden is.

c) De impact van samenwerking en kennisuitwisseling op het veiligheidsniveau

Of incidenten voorkomen kunnen worden door meer clustersamenwerking is op basis van dit onderzoek moeilijk af te leiden. Wel kan men als cluster in zijn geheel initiatieven nemen om mogelijke ongevalsscenario's te beïnvloeden, en om op die manier een positieve invloed uit te oefenen op het veiligheidsniveau.

Een praktijkvoorbeeld. In 2018 vond op het Chemelot terrein tijdens het opstarten van de melaminefabriek van OCI Nitrogen een emissie plaats van ammoniak via een schoorsteen. Door de weersomstandigheden is de ammoniak neergeslagen bij de naastgelegen fabriek van Fibrant, waar op dat moment vanwege groot onderhoud honderden mensen aan het werk waren. Een aantal van hen is door blootstelling aan ammoniak onwel geworden (OVV, 2018). Niet het incident op zich, maar wel de effecten van het incident hadden voorkomen kunnen worden door meer samenwerking, en meer bepaald onderlinge communicatie tussen de bedrijven, en een verhoogde bewustwording van mogelijke effecten tussen buurbedrijven. OCI Nitrogen en Fibrant waren zich immers niet bewust dat de opstart van de melaminefabriek van OCI Nitrogen mogelijke gevolgen kon hebben voor Fibrant.

In een cluster is veiligheidswinst mogelijk indien de bedrijven niet opereren als losstaande bedrijven. Niet enkel binnen clusters zijn samenwerkingsnetwerken van belang, samenwerkingsnetwerken kunnen er ook voor zorgen dat de veiligheid van niet-geclusterde bedrijven op een hoger niveau wordt getild.

6.2.2. Uitwisselen van informatie over ongevalsscenario's

Deze beïnvloedende veiligheidsparameter is voornamelijk relevant voor bedrijven die in elkaars geografische nabijheid liggen. Deze bedrijven kunnen immers directe effecten of gevolgen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's.

De BRZO-wetgeving heeft een belangrijke invloed op de mate van informatie-uitwisseling over ongevalsscenario's. Artikel 8 van het BRZO 2015 verplicht *inrichtingen* met een domino-aanwijzing om onderling gegevens uit te wisselen over mogelijke ongevalsscenario's. Ook moeten inrichtingen met een domino-aanwijzing samen het publiek en de naburige inrichtingen (die getroffen kunnen worden en die niet onder het besluit vallen) voorlichten.

De invulling van het BRZO 2015 over het uitwisselen van informatie tussen inrichtingen met een aanwijzing heeft belangrijke implicaties voor de praktijk. Zoals reeds eerder besproken zijn volgens het BRZO 2015 domino-effecten binnen eenzelfde inrichting niet mogelijk, ook al maken verschillende bedrijven – ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering en meer specifiek een eigen veiligheidsmanagementsysteem – deel uit van deze inrichting. In de praktijk zijn domino-effecten tussen verschillende bedrijven die deel uitmaken van eenzelfde inrichting natuurlijk wel mogelijk. De Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV, 2018) formuleerde in dit kader recent een aanbeveling naar aanleiding van de ernstige voorvallen die in 2016 plaatsvonden op het Chemelot terrein: "Zorg voor een instrumentarium om via vergunningverlening, toezicht en handhaving te sturen op het beperken van onderlinge risico's bij activiteiten binnen multi-user industriecomplexen zoals Chemelot. Het gaat daarbij

in ieder geval om de beheersing van risico's op domino-effecten tussen bedrijven op een vergelijkbare wijze als tussen individuele BRZO-bedrijven (…)".

Als er volgens het BRZO 2015 geen domino-aanwijzing is, is er tussen naburige bedrijven geen verplichting tot informatie-uitwisseling over ongevalsscenario's. Toch zijn er belangrijke argumenten om deze informatie-uitwisseling toch te stimuleren:

- Ook zonder domino-aanwijzing kunnen naburige BRZO-bedrijven directe effecten of gevolgen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's
- Directe effecten of gevolgen van ongevalsscenario's kunnen ook plaatsvinden tussen naburige (petro)chemische bedrijven die niet BRZO-plichtig zijn

Uit het veldwerk van dit onderzoek blijkt dat er bij geografisch nabij gelegen (petro)chemische bedrijven vaak een beperkte kennis is van elkaars mogelijke ongevalsscenario's, zelfs al is er sprake van een domino-aanwijzing. Indien informatie-uitwisseling plaatsvindt in het kader van een domino-aanwijzing, gebeurt deze uitwisseling meestal enkel op papier. De informatie-uitwisseling is vaak oppervlakkig, zonder in de diepte in te gaan op de verschillende aspecten van de ongevalsscenario's. Hierbij wordt door de bedrijven als argument aangehaald dat het soms gaat over confidentiële, concurrentiegevoelige informatie.

Tot slot moet opgemerkt worden dat op basis van het BRZO 2015 aangewezen inrichtingen enkel verplicht worden om informatie uit te wisselen, en er geen verplichting is tot *samenwerking*. De vraag kan gesteld worden of louter informatie-uitwisseling (die vaak enkel op papier en oppervlakkig gebeurt) afdoende is.

6.2.3. Standaardisatie en uniformiteit

Standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid (veiligheidsregels, veiligheidscommunicatie, risicoanalyses, beheersmaatregelen, enzovoort) kan ervoor zorgen dat ongevalsscenario's zowel aan de rechterkant als aan de linkerkant beïnvloed worden. Zo kan uniformiteit ervoor zorgen dat veiligheid overzichtelijker wordt, bijvoorbeeld voor contractoren. Een groot aantal verschillende werkprocedures, werkinstructies, enzovoort kan enerzijds zorgen voor onduidelijkheid, en anderzijds voor onverschilligheid (als bijvoorbeeld contractoren op elke locatie verschillende voorschriften krijgen, bestaat de kans dat men deze niet meer grondig leest). Standaardisatie kan er ook voor zorgen dat een bepaald kwaliteitsniveau behaald wordt, en dat dit niveau hetzelfde is binnen verschillende bedrijven. Ook kan uniformiteit een duidelijk verwachtingspatroon creëren, waarbij de verschillende bedrijven van elkaar weten wat de eisen zijn, en waaraan men moet voldoen. Grote verschillen op vlak van veiligheid zorgen bovendien voor een toegenomen complexiteit op het vlak van controle op het naleven van gemaakte afspraken. Het belang van deze standaardisatie en uniformiteit op vlak van veiligheid geldt zowel voor geclusterde als voor niet-geclusterde bedrijven.

Er kan vastgesteld worden dat er op het vlak van standaardisatie en uniformiteit nog verbetering mogelijk is:

- Vooral op het vlak van arbeidsveiligheid is er uniformiteit vast te stellen. Zo werkt men bijvoorbeeld in de cluster Rotterdam met eenzelfde werkvergunningsysteem, en moeten alle contractoren op het terrein van Chemelot zich aan dezelfde veiligheidsregels houden. Op vlak van procesveiligheid is deze afstemming beperkt.
- Uniformiteit is voornamelijk vast te stellen binnen een duidelijk afgebakend terrein, bijvoorbeeld op het Chemie Park Delfzijl of op het Valuepark Terneuzen. Binnen een breder gebied, bijvoorbeeld de bredere cluster Delfzijl-Eemshaven of Zeeland, of tussen losstaande bedrijven, is er veel minder standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid.
- Huidige initiatieven rond standaardisatie manifesteren zich voornamelijk aan de rechterkant van de bow-tie (reactief) en op operationeel vlak. Ook aan de linkerkant van de bow-tie (proactieve initiatieven) en op strategisch en tactisch niveau kan standaardisatie en uniformiteit veiligheidswinst opleveren (zie verder).

Binnen de cluster Delfzijl-Eemshaven is het Veiligheidsprogramma Oosterhorn opgericht (http://www.veiligheidoosterhorn.nl/). Onder dit programma hangen verschillende projecten waarvan er enkele focussen op het bevorderen van uniformiteit op vlak van veiligheid:

- Het project ‘opleiden, trainen en oefenen’ richt zich op het bevorderen van uniformiteit op het vlak van omgaan met incidenten. Op het moment van een groot incident gaan de verschillende betrokken partijen (bedrijven, brandweer, omgevingsdienst,…) immers allen op hun eigen manier met crisismanagement om.
- Het project ‘incidentcommunicatie’ richt zich op het verbeteren van de uniformiteit en de kwaliteit van communicatie over incidenten in het brede gebied. Bedrijven communiceren immers op verschillende manieren over incidenten. Sommige incidenten worden zelfs helemaal niet gemeld. Dit kan – zowel tijdens als na een incident – leiden tot problemen tussen bedrijven onderling, tussen bedrijven en omwonenden, en tussen bedrijven en overheden.

Het bevorderen van deze uniformiteit binnen een breed gebied is echter niet evident. Zo heeft de belangenorganisatie Samenwerkende Bedrijven Eemsdelta (SBE) getracht om binnen de brede cluster Delfzijl-Eemshaven gelijke poortinstructies te verkrijgen bij alle bedrijven in de regio. Omwille van de grote verscheidenheid aan (internationale) bedrijven, die ieder hun eigen instructies hanteren en hier moeilijk van willen afwijken, is deze afstemming echter niet gelukt.

Niet enkel voor bedrijven binnen clusters, maar ook voor losstaande bedrijven kan uniformiteit leiden tot een hoger niveau van veiligheid. Een praktisch voorbeeld. Voor het opstellen van de brandweerscenario’s voor een BRZO-bedrijf wordt als basis de Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen (PGS 6 Aanwijzingen voor de implementatie van het BRZO 2015) gebruikt. Er bestaan echter grote verschillen wat betreft de interpretatie voor het opstellen van deze brandweerscenario’s. Meer uniformiteit op dit vlak is nodig. Ook op het vlak van veiligheidsclassificaties is meer standaardisatie aangewezen. Door het ontbreken van uniforme classificatiemethoden kan de invulling hiervan sterk

verschillen, waardoor vergelijkbaarheid moeilijk is en er op beleidsniveau moeilijk uitspraken gedaan kunnen worden. Zo worden bijvoorbeeld voor de melding van ongewone voorvallen vaak verschillende drempelwaarden gehanteerd binnen de bedrijven.

Standaardisatie en uniformiteit zou verder gestimuleerd moeten worden, zowel voor geclusterde als voor losstaande bedrijven. Organisaties zoals VNCI, de regionale veiligheidsnetwerken en Deltalinqs spelen op dit vlak al een belangrijke rol wat betreft het identificeren en verspreiden van gezamenlijke aanpakken.

6.2.4. (Gezamenlijke) bedrijfsbrandweer en (centrale) noodorganisatie

De veiligheidsparameters 'bedrijfsbrandweer' en 'noodorganisatie' hebben een invloed op de rechterkant van de bow-tie, namelijk het mitigeren van de gevolgen indien een incident plaatsvindt. Als het gaat om een *gezamenlijke* bedrijfsbrandweer en *centrale* noodorganisatie, is dit enkel van toepassing voor geclusterde bedrijven. Geografische nabijheid is immers een vereiste om een bedrijfsbrandweer en noodorganisatie gezamenlijk te organiseren.

Een bedrijfsbrandweer levert ten opzichte van een overheidsbrandweer verschillende voordelen op. Zo heeft een bedrijfsbrandweer doorgaans een kortere aanrijtijd. Ook is een bedrijfsbrandweer gespecialiseerd in industriële brandbestrijding, in tegenstelling tot de overheidsbrandweer die niet hoofdzakelijk focust op dit specialisme, maar wel op bijvoorbeeld woningbrand. Bij een overheidsbrandweer is het vaak moeilijker om tot een opleidings- en ervaringsniveau te komen dat past bij de risico's die eigen zijn aan (petro)chemische bedrijven. Een bedrijfsbrandweer heeft een uitgebreide kennis over de processen en mogelijke ongevalsscenario's binnen het bedrijf / de bedrijven, ze kennen er goed de weg, en kennen de operators (of ze zijn zelf operator). Dat is bij incidentbestrijding van grote waarde. Bovendien kijkt een bedrijfsbrandweer niet enkel naar de veiligheid van de mensen in het effectgebied, maar ook naar de continuïteit van de fabrieken. Dat laatste mist men bij de overheidsbrandweer.

Een bedrijfsbrandweer kan ofwel een vrijwillige brandweer zijn, ofwel een beroepsbrandweer. Bij een vrijwillige brandweer wordt het brandweerkorps bemand door operators uit de fabrieken. Een beroepsbrandweer heeft, in vergelijking met een vrijwillige brandweer, als voordeel dat de opkomsttijd korter is, en dat ze doorgaans beter geoefend zijn.

Bedrijven die geografisch dicht bij elkaar liggen, kunnen de bedrijfsbrandweer en de noodorganisatie gezamenlijk organiseren. Dit heeft niet alleen als voordeel dat dit een kostenbesparing kan opleveren, maar ook dat het professioneler georganiseerd kan worden waardoor de kwaliteit stijgt van bijvoorbeeld alarmering en opschalen, ontruimen en evacueren, informeren en samenwerken met externe hulpdiensten, het informeren van de omgeving, en het communiceren met media en externe stakeholders.

Door het oprichten van een gezamenlijke bedrijfsbrandweer kan er geïnvesteerd worden in betere uitrusting en materialen, en kan kennis en deskundigheid geclusterd worden. Zo heeft bijvoorbeeld de

gezamenlijke bedrijfsbrandweer van Rotterdam een gespecialiseerd scheepsbrandbestrijdingsteam, dat enkel kon ontstaan omdat er voldoende massa was om dit specialisme te ontwikkelen.

Soms is het opgenomen in de vestigingsvoorwaarden dat bedrijven zich moeten aansluiten bij de centrale noodorganisatie en de gezamenlijke bedrijfsbrandweer (bijvoorbeeld op het Chemelot terrein en het Valuepark Terneuzen). Vaak is het echter niet mogelijk om bedrijven te verplichten om zich aan te sluiten bij de gezamenlijke bedrijfsbrandweer. Bedrijven kunnen er in dit geval ook voor kiezen om zelf een bedrijfsbrandweer in te richten. Om de kwaliteit van de bedrijfsbrandweer te optimaliseren, is het wel wenselijk dat bedrijven zich aansluiten bij de gezamenlijke bedrijfsbrandweer als deze aanwezig is.

Losstaande bedrijven zijn niet in de mogelijkheid om de bedrijfsbrandweer samen met andere bedrijven te organiseren. Zo heeft BASF Heerenveen recent een aanwijzing bedrijfsbrandweer gekregen. Dit bedrijf is losstaand, en is bijgevolg op zichzelf aangewezen voor de oprichting. BASF Heerenveen heeft wel het voordeel van meerdere vestigingen te hebben, waardoor het expertise binnen BASF kan halen.

Er zijn verschillende voorbeelden waarbij de overheidsbrandweer en bedrijfsbrandweer de krachten bundelen in een publiek-private samenwerking (zie figuur 13). Op deze manier kan er kennis en deskundigheid gedeeld worden, en kan materiaal op elkaar afgestemd of samen aangekocht worden (bijvoorbeeld aanleggen van een pool schuimblusmiddelen, samen aankopen van een snelle interventie voertuig). Deze samenwerking kan ervoor zorgen dat de prestaties van zowel de overheidsbrandweer als de bedrijfsbrandweer naar een niveau getild wordt dat beter past bij de industriële risico's die aanwezig zijn in het gebied.



Figuur 13. Brandweerzorg haven- en industrieterrein Moerdijk

Naast de mogelijkheid om gezamenlijk een bedrijfsbrandweer op te richten, zijn er op het vlak van brandbestrijding volgende verschillen tussen geclusterde en losstaande bedrijven op te merken:

- Binnen een cluster bestaat de mogelijkheid dat er gelijktijdig incidenten plaatsvinden. De incidentenbestrijding moet hierop zijn voorzien om te voorkomen dat de voorziene hulpverleningscapaciteit niet wordt overschreden.
- Binnen een cluster kan er een systeem van wederzijdse hulp ontstaan in het geval van een incident. Een voorbeeld: bij de magazijnbrand bij het bedrijf Chemie-Pack in 2011 kon het vervuilde bluswater niet worden opgeslagen binnen het bedrijf zelf. Op het bedrijventerrein zat een afvalverwerker voor chemisch afval die een aantal tanks vrij had. Die tanks zijn gevuld met het vervuilde bluswater. Dergelijke opportuniteiten doen zich niet voor bij niet-clusters.

6.2.5. Beïnvloedende veiligheidsparameters aan de linkerkant van de bow-tie

Er kan vastgesteld worden dat gezamenlijke clusterinitiatieven zich grotendeels situeren aan de rechterkant van de bow-tie, dus nadat een centrale gebeurtenis heeft plaatsgevonden. Het zijn met andere woorden reactieve maatregelen:

- Gezamenlijke brandweer
- Gezamenlijke oefeningen crisisbeheersing
- Onderlinge alarmering bij incidenten
- Aanpassingen infrastructuur om beter beschermd te zijn tijdens een incident
- Afspraken over het delen van schuilplaatsen
- Opstellen van een gezamenlijk noodplan of rampenbestrijdingsplan
- …

Gezamenlijke initiatieven aan de linkerkant van de bow-tie (proactieve initiatieven) blijven (te) beperkt:

- Uitwisseling van informatie is vooral incident-gedreven. Aan de voorkant van de bow-tie (kennis over elkaars processen, risico's, ongevalsscenario's) vindt deze uitwisseling veel minder plaats.
- Mogelijke ongevalsscenario's worden opgesteld door individuele bedrijven. Bij het opmaken van deze scenario's wordt er weinig tot geen rekening gehouden met gevaren, centrale gebeurtenissen en gevolgen die afkomstig kunnen zijn van naburige bedrijven. Hierdoor worden sommige ongevalsscenario's niet in kaart gebracht, en worden er geen maatregelen op dit vlak genomen.
- Risicoanalyses en dreigingsanalyses gebeuren niet gezamenlijk, bijvoorbeeld met gemengde teams uit verschillende bedrijven.
- Veiligheidsaudits worden meestal intern uitgevoerd. Onderlinge audits tussen nabijgelegen bedrijven zouden een meerwaarde kunnen opleveren.
- Samenwerking op vlak van onderhoud en inspectie is eerder beperkt.
- Er worden voornamelijk maatregelen genomen om mogelijke domino-effecten te *mitigeren*/*beperken*. Maatregelen om domino-effecten te *voorkomen* worden in mindere mate genomen.

Clusterinitiatieven zijn niet enkel voornamelijk reactief, en veel minder proactief, ze situeren zich ook voornamelijk op het operationele vlak. Samenwerking op strategisch en tactisch niveau vindt plaats, maar eerder in beperkte mate. Proactieve, strategische en tactische focus is minstens even belangrijk dan de reactieve en operationele focus. Het is altijd beter om een centrale gebeurtenis te voorkomen, dan in te zetten op een beperking van de gevolgen ervan. Soms kunnen maatregelen ook weinig impact hebben op het beperken van gevolgen. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een explosie, waarbij het vaak moeilijker is om in te zetten aan de rechterkant van de bow-tie dan in vergelijking met een brand.

6.2.6. Schaalgrootte binnen clusters

Een belangrijk onderscheid tussen geclusterde en losstaande bedrijven is de schaalgrootte. Deze schaalgrootte kan een positief veiligheidseffect hebben op mogelijke ongevalsscenario's binnen een geclusterd bedrijf:

- De omvang van een cluster zorgt voor een bepaalde organisatiekracht. Meer massa betekent meer middelen, meer kennis en meer mogelijkheden om samen te werken aan veiligheid. Deze samenwerking is echter niet altijd evident, zoals hierboven besproken.
- Sommige veiligheidsinitiatieven zijn enkel rendabel als er een bepaalde schaalgrootte is, en zal men niet nemen voor een enkel bedrijf.
- De schaalgrootte zorgt ervoor dat (schaarse) expertise en specialistische deskundigheid aangetrokken en gedeeld kan worden. Zo zijn er bijvoorbeeld op het Chemelot terrein corrosiespecialisten die werken voor de hele locatie. De mogelijkheid bestaat dat een alleenstaand bedrijf niet genoeg mogelijkheden heeft om dergelijke specialisten aan het werk te zetten en te houden. Deskundigheid die binnen een cluster gedeeld wordt, zorgt er bovendien voor dat de verschillende bedrijven van elkaar leren, omdat de specialisten de kennis van bij de andere bedrijven meenemen.
- De schaalgrootte kan ervoor zorgen dat bepaalde activiteiten geoutsourcet worden naar gespecialiseerde bedrijven. Binnen clusters zijn er bijvoorbeeld vaak gespecialiseerde logistieke bedrijven gevestigd, waar verschillende bedrijven uit de cluster beroep op doen.
- De omvang van een cluster kan ervoor zorgen dat er bij overheidspartijen (gemeente, provincie, omgevingsdienst, veiligheidsregio,…) specifieke kennis en expertise wordt gecreëerd op het vlak van (petro)chemische bedrijven. In regio's met beperkte BRZO-activiteiten zal dit veel minder het geval zijn.

De schaalgrootte kan ook nadelige veiligheidseffecten hebben op mogelijke ongevalsscenario's binnen een geclusterd bedrijf:

- Door de schaalgrootte verhoogt het volume en verscheidenheid van gevaarlijke stoffen in het betreffende gebied. Dit kan enerzijds nadelig zijn voor de veiligheid; hogere volumes zorgen immers voor hogere risico's. Anderzijds kan dit ook een voordeel opleveren voor de veiligheid, aangezien de risico's (en de kennis over deze risico's) geclusterd worden, en niet worden verspreid over het hele land.

- De omvang van een cluster zorgt ervoor dat er een grotere groep is van werknemers die mogelijk getroffen kan worden bij een incident. Ook kan de schaalgrootte voor problemen zorgen bij evacuatie als er zich een incident voordoet.
- Vaak beginnen clusters klein, en is er pas sprake van schaalgrootte na verschillende jaren. Dit kan ervoor zorgen dat er over bepaalde veiligheidsaspecten niet is nagedacht, omdat deze in het begin nog niet relevant waren. Na verloop kan dit echter knelpunten opleveren. Een voorbeeld is terug te vinden op het Industrieterrein Moerdijk, waar het aanrijden van het terrein in geval van een incident vaak maar langs één kant mogelijk is. Bij de aanvankelijke indeling van het terrein (tientallen jaren geleden) zijn de calamiteitenroutes immers niet afgestemd op de schaalgrootte die het terrein vandaag de dag kent.

6.2.7. Voldoen aan wet- en regelgeving

Verschillende wet- en regelgeving is erop gericht de veiligheid binnen bedrijven te verbeteren, en in die zin te fungeren als beïnvloedende veiligheidsparameter binnen geclusterde en losstaande (petro)chemische bedrijven.

De invulling van deze wet- en regelgeving zorgt echter niet altijd voor een optimale veiligheidsverbetering. Een voorbeeld hiervan is de focus op 'inrichtingen' en niet op 'bedrijven' in het BRZO 2015 (zie supra). In wat volgt worden nog enkele andere voorbeelden aangehaald waarbij wet- en regelgeving niet optimaal fungeert om de veiligheid binnen (petro)chemische clusters en losstaande bedrijven te verbeteren.

a) Drempelwaarden voor BRZO-bedrijven

Bedrijven die onder de BRZO-wetgeving vallen, zijn verplicht om extra maatregelen te nemen om de veiligheid te garanderen, omdat in deze bedrijven een risico bestaat op zware ongevallen met gevaarlijke stoffen. Bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen, zijn niet gehouden aan de BRZO-wetgeving. Aan deze bedrijven (de zogenaamde 'risicorelevante bedrijven') zijn echter ook vaak risico's verbonden die zware ongevallen kunnen veroorzaken, en zijn bijgevolg gehouden aan andere veiligheidsregels, zoals PGS-richtlijnen, Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), en de Aanvullende Risico-Inventarisatie en -Evaluatie (ARIE). Veiligheidsmaatregelen om mogelijke domino-effecten te voorkomen of te beperken zijn bij bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen echter niet juridisch afdwingbaar. Hetzelfde geldt voor bedrijven waarvan de BRZO-status vervalt door het outsourcen van bepaalde activiteiten naar naastgelegen bedrijven. Hierdoor is er geen domino-aanwijzing mogelijk, maar kan er wel de mogelijkheid bestaan op domino-effecten.

b) Aandacht voor domino-effecten én escalatie-effecten

Niet enkel mogelijke domino-effecten tussen verschillende bedrijven vereisen aandacht. Mogelijke escalatie-effecten tussen installaties van eenzelfde bedrijf – 'escalatie-aanwijzingen' – zijn minstens even belangrijk. De praktijk leert dat voornamelijk interne escalatie-effecten plaatsvinden, en in mindere mate externe domino-effecten (zie tabel 4). Het belang van aandacht voor escalatie-effecten geldt zowel voor (petro)chemische bedrijven die deel uitmaken van een cluster, als voor losstaande

(petro)chemische bedrijven. Bijkomend geldt voor clusterbedrijven dat het nodig is om te kijken naar omliggende bedrijven die eventuele escalatie-effecten binnen het eigen bedrijf kunnen initiëren.

c) Toezicht en handhaving: reactieve en regelgerichte focus

De uitkomst van een BRZO-inspectie is geen indicator voor het al dan niet plaatsvinden van (ernstige) incidenten. Zo vonden bijvoorbeeld in 2016 op het Chemelot terrein enkele ernstige voorvallen plaats, terwijl de BRZO-inspecties die daaraan vooraf gingen succesvol waren. Reguliere inspecties zijn immers steeds steekproeven, en een succesvol resultaat van een inspectie is geen garantie dat er geen incidenten zullen plaatsvinden.

Tijdens het toezicht en handhaving wordt er voornamelijk ingezet op *compliance*, en ligt de focus op het zoeken naar overtredingen. Deze manier van inspecteren is reactief, en werkt ook reactief gedrag bij de bedrijven in de hand. Bedrijven worden zo niet voldoende gestimuleerd om proactief te zijn op het vlak van veiligheid. Handhaving door de overheid is zeer belangrijk, maar bedrijven kunnen samen met de overheid tot een hoger veiligheidsniveau komen als er niet enkel wordt ingezet op compliance. Dit kan door de *regelgerichte aanpak* los te laten, en te evolueren naar een meer *risicogerichte aanpak*, waarbij er op basis van de ongevalsscenario's aanwezig binnen het bedrijf, ingezet wordt op de linkerkant van de bow-tie. Van dergelijke aanpak zijn in de praktijk reeds enkele voorbeelden terug te vinden, bijvoorbeeld in de regio Zuid-Limburg.

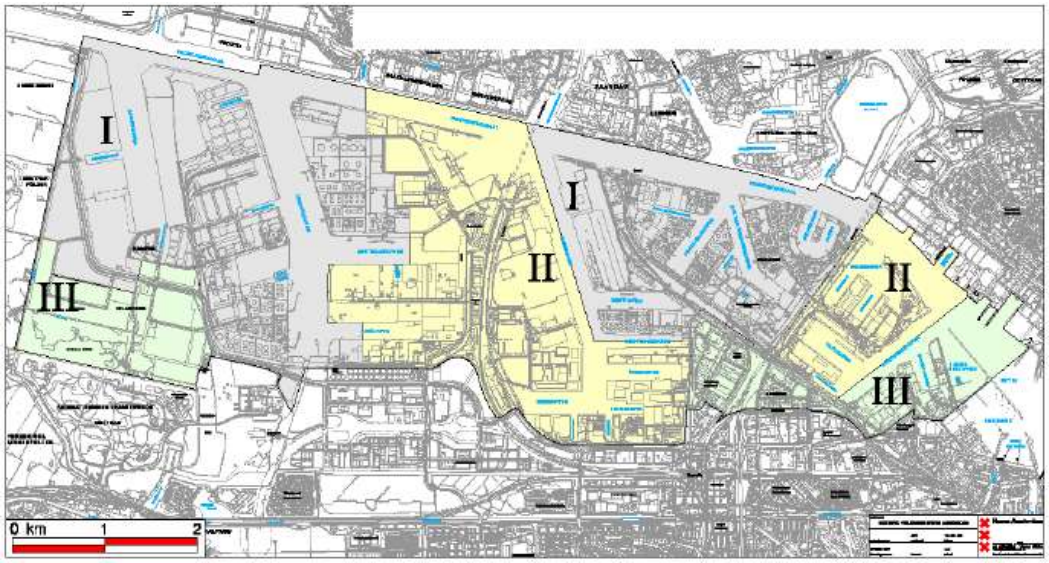
Voor deze risicogerichte, gedifferentieerde aanpak die meer op maat is van het bedrijf, is het nodig dat bedrijven en overheden permanent met elkaar in gesprek zijn. Dit is ook de focus van het project 'multidisciplinair evalueren' binnen het Veiligheidsprogramma Oosterhorn, dat de basis wil leggen voor deze nieuwe manier van kennis delen en het verhogen van het lerend vermogen. Overheden en bedrijven zijn immers beperkt met elkaar in gesprek over veiligheid. Dat gebeurt voornamelijk in de fase van vergunningverlening en tijdens periodiek toezicht en handhaving (ongeveer één keer per jaar). Dit zorgt voor een zekere kennisafstand tegenover elkaar. Door kennis te delen en gezamenlijke analyses te maken, kunnen overheden en bedrijven samen conclusies trekken, aanbevelingen doen en stappen vooruit maken.

d) Toezicht en handhaving: focus op individuele bedrijven

Verschillende provincies hebben het clusteren van risicovolle activiteiten benoemd als provinciaal belang. In dit clusterbeleid worden bepaalde gebieden voorzien voor de vestiging van zware industrie en risicovolle bedrijven. Dit clusterbeleid is geen actief beleid om bestaande losstaand (petro)chemische bedrijven te verplaatsen naar deze clustergebieden (wel kan hierover nagedacht worden als een bestaand bedrijf wil uitbreiden). Een voorbeeld is terug te vinden in Amsterdam, waar het gebied 'Westpoort' is voorzien voor de risicobedrijven (figuur 14). Westpoort is in drie zones verdeeld:

- Zone I biedt primair ruimte aan industrie (risicobedrijven, Bevi-bedrijven) en is niet geschikt voor de komst van nieuwe en uitbreiding van bestaande risico-ontvangers
- Zone II biedt ruimte voor de arbeidsintensieve industrie, sluit risicobedrijven niet uit en wordt specifiek voorbereid op de daar mogelijke ramp- en ongevalsscenario's

- Zone III biedt ruimte aan bedrijvigheid en is minder geschikt voor de komst van nieuwe en uitbreiding van bestaande risicoveroorzakers



Figuur 14. Zonering Westpoort, Haven Amsterdam (Gebiedsvisie externe veiligheid Westpoort, 2009)

Dit clusterbeleid is gericht op het verhogen van de *externe veiligheid*, waarbij alle risicovolle bedrijven in één gebied worden gevestigd en waarbij de rest van de (woon)omgeving op dat punt ontlast wordt. Door middel van het vastleggen van een veiligheidscontour wordt er een vastgestelde ruimte voorzien voor risicorelevante activiteiten, en wordt er een vastgesteld beschermingsniveau geboden aan de meer kwetsbare omgeving.

Er moet benadrukt worden dat het clusterbeleid zich enkel richt op *externe veiligheid*, waarbij de veiligheid buiten het gebied wordt verhoogd, maar niet per se de veiligheid binnen het gebied. Binnen deze gebieden zijn immers niet enkel BRZO-bedrijven gevestigd. Door het vaststellen van een veiligheidscontour, bijvoorbeeld in de Amsterdamse haven, is het mogelijk om niet-risicoveroorzakende bedrijven (bedrijven die niet onder het BRZO of het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) vallen), binnen de risicocontouren van de BRZO-bedrijven te vestigen.

Ook is een belangrijke paradox op te merken. Als overheid wordt ervoor gekozen om risicovolle bedrijven te clusteren en om zo de risico's te concentreren. Daarna wordt deze clustering echter losgelaten, en wordt er tijdens het toezicht en handhaving enkel per inrichting gekeken. De wet- en regelgeving richt zich ook enkel op individuele inrichtingen. Enerzijds worden de risico's dus geconcentreerd, en vervolgens wordt de manier waarop hiermee wordt omgegaan versnipperd.

Afsluitend kan geconcludeerd worden dat voldoen aan wet- en regelgeving *kan* fungeren als veiligheidsparameter om ongevalsscenario's te beïnvloeden. Enkele belangrijke tekortkomingen dienen dan wel erkend en ondervangen te worden.

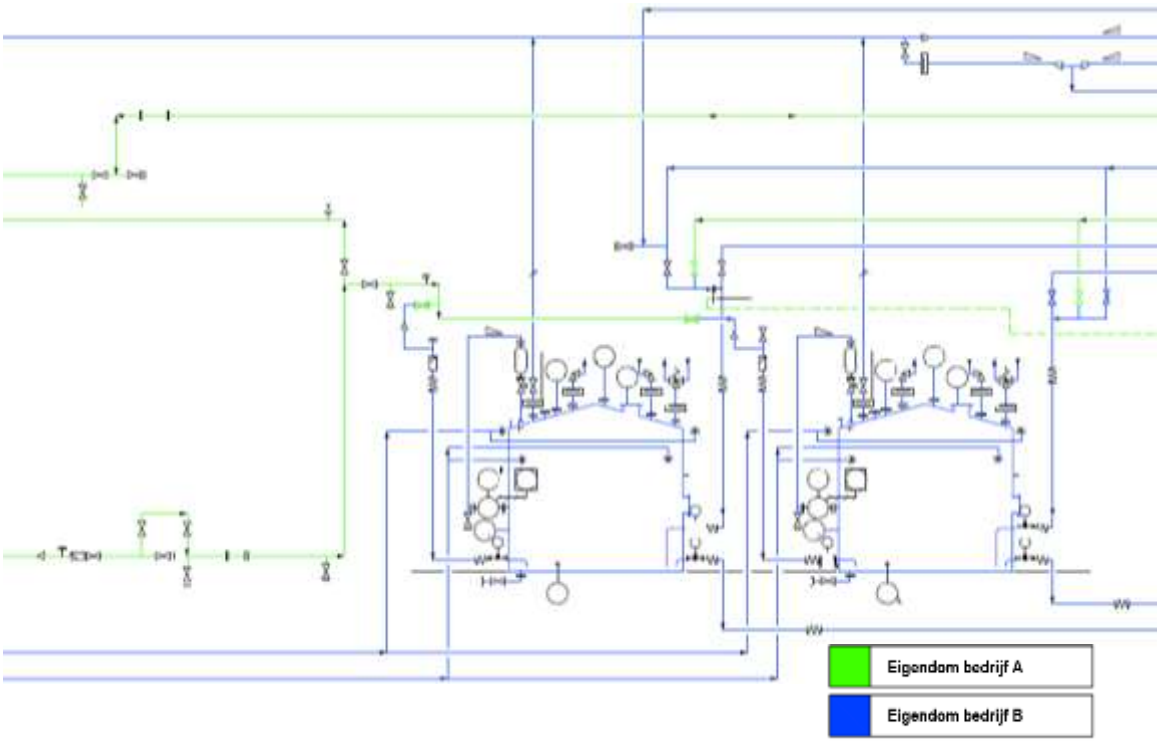
6.2.8. Veiligheidsmaatregelen bij geïntegreerde bedrijven

Zoals hierboven reeds toegelicht zijn er verschillende clusters waarbij de bedrijven zijn verbonden aan elkaar door middel van gedeelde utilities of processtromen. Bij geïntegreerde bedrijven is het van belang dat hierbij adequate veiligheidsmaatregelen worden genomen. Het gaat hier over beïnvloedende veiligheidsparameters die enkel van toepassing zijn voor bedrijven die in elkaars geografische nabijheid liggen. De veiligheidsmaatregelen bij geïntegreerde bedrijven kunnen zich zowel manifesteren aan de linkerkant van de bow-tie (de preventie van mogelijke keteneffecten), als aan de rechterkant van de bow-tie (effecten van ketenscenario's beperken).

Zo is het van belang dat er duidelijke afspraken worden gemaakt over de maatregelen die genomen worden bij uitval van gezamenlijke systemen zoals gedeelde utilities. Deze maatregelen worden vastgelegd in afschakelprogramma's. Hierbij speelt de aanwezigheid van buffers een grote rol. Hoe meer buffers er aanwezig zijn, hoe meer tijd er is om bepaalde acties te ondernemen, zoals het afschakelen van fabrieken. Chemelot heeft bijvoorbeeld een continuïteitsplan opgesteld dat als doel heeft om bij uitval van bepaalde producten de economische schade te beperken, en om bijkomend de veiligheid te garanderen. In dit plan is een volgorde opgenomen van het afschakelen van fabrieken, waarbij bij schaarste van bepaalde producten de grootste gebruikers er eerst uit gaan. Ook op bijvoorbeeld het Industrieterrein Moerdijk zijn er procedures opgesteld in geval van een uitval van kritische utilities.

Als bedrijven worden ontworpen met een integratie in gedachte, is hier op voorhand meestal goed over nagedacht. Bij dergelijke bedrijven zijn de interfaces duidelijk in beeld en zijn er storingsanalyses aanwezig (wat is de impact van een storing in een bedrijf op een ander afhankelijk bedrijf). Binnen deze bedrijven zijn ook meestal voldoende buffers ingebouwd. Dit kan echter anders zijn als er na verloop van tijd wordt beslist om een deel van een fabriek of een hele installatie af te splitsen of te outsourcen naar een ander bedrijf. Deze fabrieken zijn hier niet specifiek voor ontworpen waardoor extra veiligheidsmaatregelen noodzakelijk zijn. Zo moeten er duidelijke afspraken gemaakt worden over verantwoordelijkheden voor bijvoorbeeld onderhoud van bepaalde delen. Bij overdracht naar een nieuwe eigenaar is het ook van belang dat er strenge eisen gesteld worden aan de overdracht, waarbij onder andere de veiligheidskritische informatie up-to-date moet zijn. Ook moet voor het toezicht en handhaving duidelijk zijn welke installatiedelen exact tot welke vergunning behoren (zie figuur 15).

Belangrijk is om deze koppeling tussen verschillende bedrijven steeds mee te nemen, en hier op een integrale manier naar te kijken. Integratie kent immers een optimum, en dit optimum kan voor verschillende onderwerpen – economisch voordeel, energie, veiligheid,… – anders liggen. Bij gekoppelde bedrijven zou deze ketenafhankelijkheid steeds in het achterhoofd gehouden moeten worden. Hierbij kan de vergelijking gemaakt worden met de medische wereld, waarbij specialisten zich focussen op één bepaald onderdeel. Echter, alle losse onderdelen kunnen goed functioneren, maar de samenhang tussen verschillende onderdelen wordt vaak over het hoofd gezien ('systemische risico's'). Een geïntegreerde cluster kan ook beschouwd worden als een soort organisme waarbij het niet vanzelfsprekend is dat, als de individuele bedrijven goed (veilig) werken, ook de gehele cluster goed (veilig) draait.

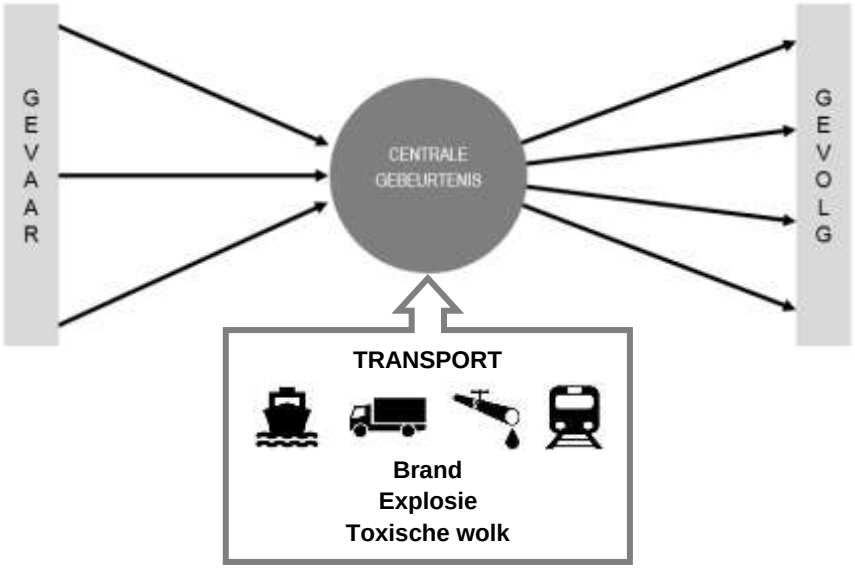


Figuur 15. Eigenaarschap installatiedelen van een geïntegreerde fabriek

6.3. Transport van gevaarlijke stoffen bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven

6.3.1. Worst-credible ongevalsscenario's tijdens transport van gevaarlijke stoffen

De worst-credible ongevalsscenario's die tijdens transport via spoor, weg, schip en pijpleiding kunnen plaatsvinden zijn, net zoals de procesgerelateerde ongevalsscenario's: 1) brand, 2) explosie en 3) toxische wolk (figuur 16) (FMCSA, 2001; Oggero et al., 2006; Chakrabarti et al., 2009; Lozano et al., 2010; Tomasoni et al., 2010; Zhou et al., 2015; Casson Moreno et al., 2018).



Figuur 16. Worst-credible centrale gebeurtenissen tijdens transport van gevaarlijke stoffen

Over security-gerelateerde ongevalsscenario's tijdens transport van gevaarlijke stoffen is weinig terug te vinden in de literatuur. Uit een studie van Oggero et al. (2006), die 1573 transportongevallen met gevaarlijke stoffen analyseerden die wereldwijd plaatsvonden vanaf het begin van de twintigste eeuw tot 2004, bleek dat van de 1573 transportongevallen met gevaarlijke stoffen, bij 12 incidenten (0,8%) sabotage de oorzaak was van het ongevalsscenario.

6.3.2. Transport van gevaarlijke stoffen: beïnvloedende veiligheidsparameters en verschillen tussen geclusterde en niet-geclusterde bedrijven

Op vlak van transport van gevaarlijke stoffen zijn verschillende onderscheidende factoren op te merken tussen transport gerelateerd aan (petro)chemische geclusterde bedrijven en transport gerelateerd aan niet-geclusterde (petro)chemische bedrijven.

a) Het aantal transportbewegingen

Een belangrijk voordeel (en een van de bestaansredenen) van een (petro)chemische cluster is het optimaliseren van transportstromen. Enerzijds zijn er de onderlinge verbindingen waarbij een product van het ene bedrijf wordt afgenomen door een ander bedrijf binnen dezelfde cluster. Anderzijds is er binnen een cluster de mogelijkheid om gezamenlijke aanvoer en afvoer van grondstoffen en (half)afgewerkte producten te organiseren. Het aantal transportstromen van gevaarlijke stoffen wordt hierdoor gereduceerd, en minder transportbewegingen impliceert minder risico.

Zoals reeds eerder aangehaald varieert de mate van de koppeling van processen – en bijgevolg vermindering van het aantal transportstromen door deze koppeling – sterk tussen de verschillende clusters. Zo is er een sterke koppeling op bijvoorbeeld het Chemelot terrein, het Chemie Park Delfzijl en het Valuepark Terneuzen. In bijvoorbeeld de cluster Amsterdam (Westpoort) is deze koppeling van processen tussen verschillende bedrijven bijna niet aanwezig.

Clusters bieden niet enkel de mogelijkheid op vermindering van transport van gevaarlijke stoffen, maar ook op het uitschakelen van transport. Zo vond in het verleden veel transport plaats van ammoniak van Geleen naar IJmuiden. Door het stopzetten van het ammoniaktransport van Geleen naar IJmuiden is de salpeterzuur- en kunstmestproductie in IJmuiden stopgezet, en is de salpeterzuurfabriek van IJmuiden verplaatst naar Geleen.

Ondanks de mogelijke reductie van het aantal transportstromen door de koppeling van processen en het gezamenlijk organiseren van transport, blijft een cluster van bedrijven – omwille van de schaalgrootte – gekenmerkt door een aanzienlijk hoger aantal transportstromen dan in vergelijking met een losstaand bedrijf.

b) De hoeveelheid (tussen)opslag

Door de koppeling van processen zal ook de (tussen)opslag verminderen. Een daling van (tussen)opslag leidt langs de ene kant tot een daling van het risico, maar langs de andere kant ook tot een mogelijke stijging van het risico door de mogelijkheid tot ketenscenario's indien er onvoldoende buffers aanwezig zijn. Hoe groter de aanwezige buffer, hoe meer tijd er is om bepaalde acties te ondernemen (bijvoorbeeld het afschakelen van fabrieken) om ketenscenario's te voorkomen.

c) Problemen met cruciale transportassen

Door de schaalgrootte van een cluster brengen transportassen rond clusters een hoger veiligheidsvraagstuk met zich mee. Een incident binnen of rond een (petro)chemische cluster kan ertoe leiden dat het transport van gevaarlijke stoffen tot stilstand komt. Een systeem om het verkeer tijdig te

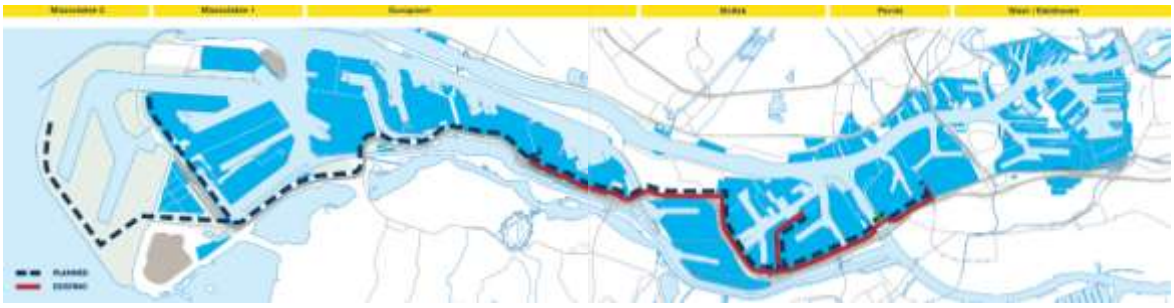
waarschuwen (door middel van matrixborden, slagbomen, GPS systeem,…) kan voorkomen dat verkeer met gevaarlijke stoffen tot in het gebied van het incident rijdt.

Problemen met cruciale transportassen die langdurig aanhouden, kunnen ervoor zorgen dat bedrijfsprocessen hinder ondervinden (door bijvoorbeeld een stop van aanlevering van grondstoffen). Dit kan zowel in clusterbedrijven als in individuele bedrijven plaatsvinden. In een cluster zijn er wel meer bedrijven die mogelijke hinder op bedrijfsprocessen kunnen ondervinden, en bestaat de mogelijkheid op keteneffecten door een stop in de import of export van bepaalde producten. Ook dient men de mogelijke impact op hulpverlening en evacuatie van werknemers in beschouwing te nemen bij problemen met cruciale transportassen.

d) De mogelijkheid tot minder risicovolle transportmodaliteiten

In een (petro)chemische cluster zal de schaalgrootte er toe leiden dat er sneller op minder risicovolle modaliteiten, namelijk pijpleidingen, kan worden overgeschakeld.

Zo beschikt bijvoorbeeld de Rotterdamse cluster over een uitgebreid netwerk van ruim 1.500 kilometer pijpleidingen voor transport van natte bulk zoals ruwe olie, olieproducten, chemicaliën en industriële gassen. Ook ligt in dit gebied de pijpleidingenbundel van MultiCore, die bestaat uit vier leidingen en loopt langs de belangrijkste (petro)chemische industriegebieden in de haven van Rotterdam (figuur 17).



Figuur 17. MultiCore pipeline system Rotterdam

e) Beschikbare kennis en deskundigheid

In een cluster wordt door de schaalgrootte de beschikbare kennis en deskundigheid over gevaarlijke stoffen en het transport ervan verhoogd. Dit impliceert onder andere een grotere kritische massa en bekendheid met veiligheidsvoorschriften over een verscheidenheid aan gevaarlijke stoffen. Dit levert uiteraard enkel voordelen op indien er sprake is van clustersamenwerking en een uitwisseling van deze kennis en deskundigheid.

f) Het volume van en verscheidenheid aan gevaarlijke stoffen

De schaalgrootte van een (petro)chemische cluster zorgt ervoor dat het volume van gevaarlijke stoffen op vlak van transport verhoogt in dat betreffende gebied. Dit kan enerzijds nadelig zijn voor de veiligheid; hogere volumes zorgen immers voor hogere risico's. Anderzijds kan dit ook een voordeel opleveren

voor de veiligheid, aangezien de risico's (en de kennis over deze risico's) geclusterd worden, en niet worden verspreid over het hele land.

Ook is door de schaalgrootte van een (petro)chemische cluster de *verscheidenheid* aan gevaarlijke stoffen groter. Een voorbeeld van mogelijke implicaties hiervan voor de praktijk vinden we terug bij het losstaande chemische bedrijf Aspen Oss. Dit bedrijf stelt de strikte eis aan hun leveranciers van gevaarlijke stoffen dat het transport dat op het Aspen Oss terrein komt enkel goederen voor Aspen Oss mag bevatten, en geen gevaarlijke stoffen bedoeld voor andere bedrijven. Aspen Oss wil hiermee enerzijds voorkomen dat er een foutieve stof wordt gelost in een van tanks, en wil hiermee anderzijds verzekeren dat men kennis heeft over de veiligheidsrisico's van alle gevaarlijke stoffen die op de locatie komen. Een clusterbedrijf kan dergelijke eis vaak niet stellen (maar daar kan dan weer de kennis en deskundigheid over een verscheidenheid aan gevaarlijke stoffen groter zijn, waardoor dit minder een probleem kan zijn).

g) Aantal handelingen en overdracht van verantwoordelijkheden

In een cluster zijn er op het vlak van transport meer handelingen nodig dan bij een losstaand bedrijf. Ook gebeuren de handelingen vaak door verschillende partijen, wat impliceert dat er duidelijke afspraken gemaakt moeten worden over de overdracht van verantwoordelijkheden. Meer handelingen en meer overdrachtmomenten impliceren meer kans dat er iets kan fout lopen.

Zo komen bijvoorbeeld op Chemelot de gevaarlijke stoffen die per trein worden vervoerd binnen via één spoor en krijgen ze een ingangscontrole. Vervolgens worden de wagons gerangeerd, en vindt de overdracht plaats naar de site-users. De individuele site-users lossen en laden de wagons, waarna er opnieuw een overdracht plaatsvindt waarbij de wagons onder andere gewogen worden, en een uitgangscontrole krijgen alvorens ze het externe spoor opgaan. Spoortransport binnen een cluster wordt met andere woorden gekenmerkt door verschillende handelingen door verschillende partijen met verschillende overdrachtmomenten.

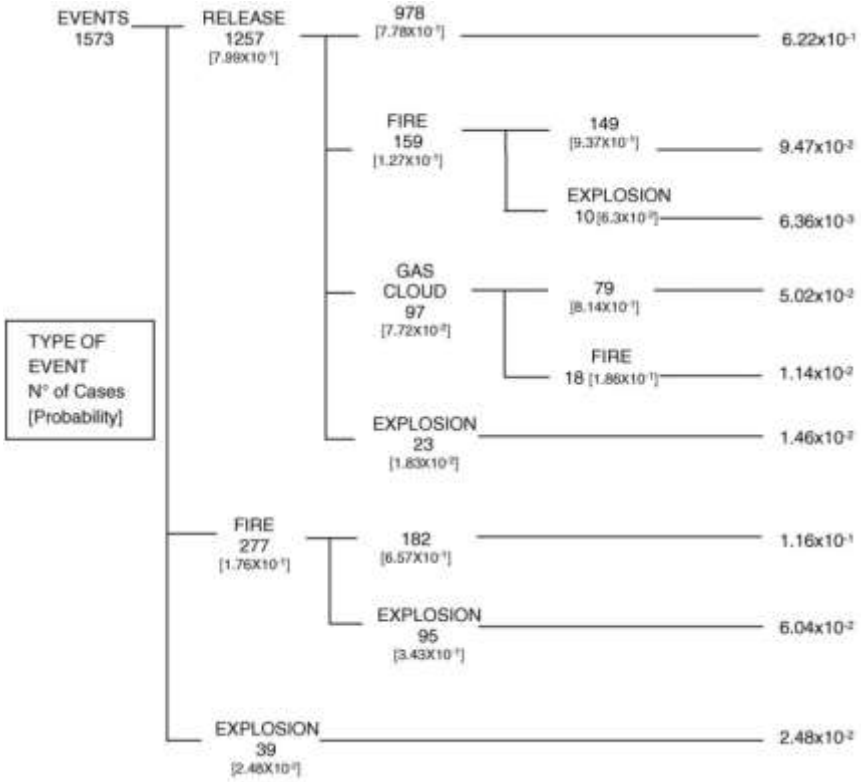
Ook het transport per pijpleiding wordt gekenmerkt door een overdracht van verantwoordelijkheden. Zo moeten er duidelijke afspraken gemaakt worden over wie (welk bedrijf) verantwoordelijk is voor welke delen van de pijpleiding, onder andere op vlak van onderhoud.

h) Domino- en keteneffecten

Onderlinge verbindingen waarbij een product van het ene bedrijf wordt afgenomen door een ander bedrijf binnen dezelfde cluster leidt tot een daling van het aantal transportstromen, wat minder risico impliceert. Onderlinge verbindingen tussen geclusterde bedrijven kunnen echter andere risico's met zich meebrengen, zoals de reeds besproken keteneffecten.

Het aantal transportbewegingen en het volume van gevaarlijke stoffen per transportbeweging zal bovendien een impact hebben op de mogelijkheid tot domino-effecten tijdens een transportongeval. Domino-effecten tijdens transportongevallen op de weg en het spoor werden in kaart gebracht door Oggero et al. (2006), die 1573 transportongevallen met gevaarlijke stoffen analyseerden (figuur 18). Ook bij parallel liggende pijpleidingen zijn domino-effecten mogelijk. Gerapporteerde domino-effecten

naar aanleiding van een pijpleidingincident zijn echter schaars; een studie uit 2015 vond acht gedocumenteerde cases van ongevallen met parallelle pijpleidingen (Ramírez-Camacho et al., 2015).



Figuur 18. Primaire ongevalsscenario's en mogelijke escalatie-effecten tijdens transport van gevaarlijke stoffen via weg en spoor (gebaseerd op 1573 cases) (Oggero et al., 2006)

De belangrijkste onderscheidende factoren op vlak van transport van gevaarlijke stoffen tussen geclusterde en niet-geclusterde bedrijven zijn samenvattend:

- Het aantal transportbewegingen
- De hoeveelheid (tussen)opslag
- Problemen met cruciale transportassen
- De mogelijkheid tot minder risicovolle transportmodaliteiten
- Beschikbare kennis en deskundigheid
- Het volume van en verscheidenheid aan gevaarlijke stoffen
- Aantal handelingen en overdracht van verantwoordelijkheden
- Domino- en keteneffecten

Er zijn met andere woorden heel wat factoren die het transport van gevaarlijke stoffen in geclusterde en losstaande bedrijven beïnvloeden op vlak van veiligheid. Wat nu juist de balans is, is op basis van deze verkennende studie niet op te maken.

6.4. Security aspecten bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven

6.4.1. Security-incidenten als worst-credible ongevalsscenario?

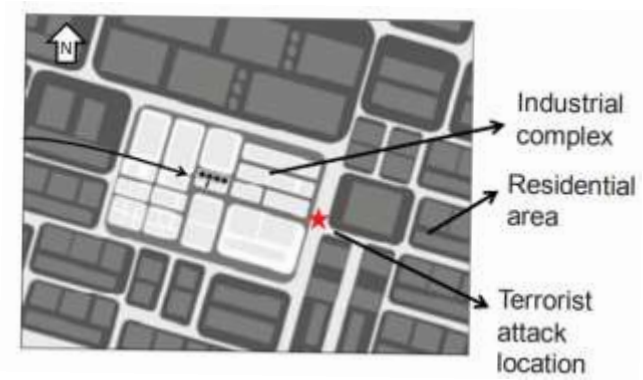
Aandacht voor en onderzoek naar security staat – in vergelijking met safety – in de kinderschoenen. Het zijn de terreuraanslagen van 11 september 2001 die security op de agenda hebben geplaatst. Deze recente focus weerspiegelt zich in het wetenschappelijk onderzoek, waar op het vlak van beveiliging nog maar een beperkt aantal concepten en modellen werden ontwikkeld (van Nunen et al., 2018). Ook in de praktijk uit zich dit in een beperkte kennis en deskundigheid, zeker wanneer de vergelijking met safety wordt gemaakt.

In het kader van het onderzoek werden enkele personen geïnterviewd die het managen van security als (deel)functie hebben. De meeste personen die werden geïnterviewd zonder security in hun takenpakket, net zoals de bevraagde BRZO+ inspectiediensten via de vragenlijst, geven aan weinig vertrouwd te zijn met het onderwerp security.

Er werd nagegaan of een security gerelateerd incident wordt gezien als een worst-credible ongevalsscenario bij enerzijds (petro)chemische clusters, en anderzijds bij losstaande (petro)chemische bedrijven. Het gaat hierbij voornamelijk om het plegen van een terroristische aanslag.

Ten eerste kwamen uit het veldwerk en de literatuur (Argenti et al., 2015; Hosseinnia et al., 2018; Salzano et al., 2012) enkele algemene aspecten naar voor die een invloed kunnen hebben op de aantrekkelijkheid van de (petro)chemische sector als security doelwit:

- De schaalgrootte kan een rol spelen, zowel voor geclusterde als losstaande (petro)chemische bedrijven. Zo kan de mogelijkheid om een domino- of een escalatie-effect teweeg te brengen, een trigger zijn voor het kiezen van een doelwit.
- De afstand tot de bebouwing (figuur 19), om op die manier niet enkel de industrie te treffen, maar ook de bewoning, kan een bepalende factor zijn.



Figuur 19. Afstand tot bebouwing als trigger voor de keuze van een security doelwit (Salzano et al., 2012)

- Toegankelijkheid en de mate van beveiliging is een aspect dat een invloed kan hebben, zowel voor geclusterde als losstaande (petro)chemische bedrijven.

- Om een aanslag te plegen binnen een (petro)chemisch bedrijf (al dan niet geclusterd) is kennis nodig over de chemische processen en de kwetsbare objecten. Deze kennis is bijvoorbeeld niet nodig bij het plegen van een aanslag op een evenement, wat maakt dat dit laatste een 'makkelijker' doelwit is.
- Economische schade is vaak niet het motief voor een terroristische aanslag. Wel willen terroristen angst zaaien, wat minder van toepassing is binnen een (petro)chemisch bedrijf. Daar weet men immers dat er een incident (zoals een ontploffing) kan plaatsvinden, en daar weet men ook hoe men ermee moet omgaan als dit gebeurt. Bij een ontploffing op een openbare plaats is dat veel minder het geval. Ook wil men door middel van een terroristische aanslag vaak een maximaal aantal doden en gewonden teweegbrengen. Op een (petro)chemisch bedrijf zijn vaak minder aanwezigen dan op bepaalde openbare plekken, wat de (petro)chemische sector een minder aantrekkelijk doelwit kan maken. Anderzijds zijn er (petro)chemische bedrijven waar duizenden werknemers en contractoren aan het werk zijn, en is het gebruik van een toxische stof voor een aanslag angstwekkend.

Voor het beheersen van risico's op het vlak van security is de (petro)chemische sector in grote mate afhankelijk van de overheid, die de bedrijven van informatie moet voorzien. Op basis van deze input over mogelijke dreigingen, kunnen losstaande bedrijven of clusters vervolgens acteren om het dreigingsrisico te beperken en maatregelen te nemen (verhoogde toegangscontrole, fabrieken stilleggen,…).

De belangrijkste maatregelen die worden genomen om het security niveau te verhogen binnen clusters en losstaande bedrijven zijn voornamelijk maatregelen zoals camerabewaking, hekwerk en toegangscontrole. Anti-terreur oefeningen en dreigingsanalyses vinden in beperkte mate plaats binnen de bedrijven. Met dergelijke oefeningen en analyses zijn bedrijven vaak minder vertrouwd dan in vergelijking met oefeningen en analyses op vlak van safety. Zo gaat het bij anti-terreur oefeningen om het *omgaan met de dreiging*, waarbij er in eerste instantie nog geen incident heeft plaatsgevonden.

In Nederland zijn er met de (petro)chemische sector een aantal afspraken gemaakt op het gebied van security zoals het Convenant Vitaal, dat voor het laatst in 2013 geïnspecteerd werd door de Inspectie Leefomgeving en Transport. Zo worden (petro)chemische bedrijven onder meer gestimuleerd om zich aan te sluiten bij het Alerteringssysteem Terrorismebestrijding, en zijn er voor de sector relevante securityscenario's opgesteld. Bovendien valt grootschalige productie/verwerking en/of opslag van (petro)chemische stoffen onder de Nederlandse vitale infrastructuur, wat impliceert dat de overheid, het bedrijfsleven, de hulpverleningsdiensten en de inlichtingendiensten nauw samenwerken om de bescherming hiervan continu te verbeteren en te borgen. Ook kan in sommige bedrijven het 'European Programme for Critical Infrastructure Protection' (EPCIP) van toepassing zijn. Dit programma heeft als doel kritieke infrastructuur te beschermen tegen terroristische aanslagen. De Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid (NCTV) stelde een handreiking terrorismebestrijding voor bedrijven op met als doel:

- Inzicht geven in potentiële terroristische dreigingen voor bedrijven
- Inzicht geven in de organisatie en het beleid van terrorismebestrijding door de overheid

- Inzicht bieden in de bijdrage die bedrijven kunnen leveren aan terrorismebestrijding
- Inzicht bieden in waar bedrijven terecht kunnen met signalen en vragen (NCTV, 2014)

Verschillende (petro)chemische bedrijven onderschrijven ook de Responsible Care Security Code, een wereldwijd programma ontwikkeld om bedrijven te ondersteunen om zich continue te verbeteren op het vlak van security.

In het kader van de *International Ship and Port facility Security code* (ISPS) worden in sommige (petro)chemische bedrijven ook (verplicht) maatregelen getroffen om bedreigingen te detecteren en preventieve maatregelen te nemen op het vlak van security voor schepen en havenfaciliteiten betrokken in de internationale handel.

6.4.2. Security-incidenten: verschillen tussen losstaande en geclusterde (petro)chemische bedrijven

Uit het veldwerk en de literatuur kwamen ook enkele verschillen naar voor die maken dat een (petro)chemische cluster al dan niet een aantrekkelijk doelwit is voor een terroristische aanslag:

- Door de schaalgrootte zijn clusters beter te beschermen. Vaak worden er binnen clusters gezamenlijke maatregelen genomen op het vlak van security waardoor deze professioneler kunnen zijn dan de maatregelen die worden genomen binnen losstaande bedrijven. Verschillende clusters (o.a. Chemelot terrein, Chemie Park Delfzijl) hebben security opgenomen in hun *Service Level Agreement*. Er wordt met andere woorden door de individuele bedrijven bijgedragen aan de uitbesteding van security aan een gespecialiseerde beveiligingsfirma. Hierbij gaat het onder meer over de bewaking van het terrein en toegangscontrole.
- De complexiteit van (petro)chemische cluster maakt het voor een buitenstaander moeilijk om opzettelijk een zwaar incident te veroorzaken. Kennis over verschillende processen uit verschillende bedrijven is noodzakelijk.
- Een aanslag binnen een cluster kan een grotere impact of een grotere verstoring teweeg brengen dan in vergelijking met een losstaand bedrijf. Zo zijn de hoeveelheden gevaarlijke stoffen groter, en worden er meer bedrijven en meer mensen getroffen.
- De grootte van een cluster maakt dat het gebied veel moeilijker te beveiligen is. Zo is er veel meer hekwerk te beveiligen, en kunnen moeilijk alle vrachtwagens gecontroleerd worden. Bij een losstaand bedrijf is de beveiliging vaak overzichtelijker en minder complex.
- De individuele bedrijven binnen een cluster hebben vaak geen zicht op wat alle andere bedrijven uit de cluster doen. Hierdoor is het mogelijk dat bepaalde zaken minder snel als verdacht geclassificeerd worden. Binnen een cluster is de anonimiteit vaak hoger.

Afsluitend kan vastgesteld worden dat er verschillende factoren zijn die bepalen of een security-incident al dan niet als worst-credible ongevalsscenario gezien kan worden. Dit geldt zowel voor de (petro)chemische sector in het algemeen, als meer specifiek op het vlak van verschillen tussen geclusterde en losstaande (petro)chemische bedrijven. Wat de balans is tussen deze beïnvloedende factoren, is op basis van deze verkennende studie niet op te maken.

7. Conclusies

Het doel van dit verkennende onderzoek is om in kaart te brengen welke parameters een invloed hebben op de veiligheid (safety & security) van (petro)chemische clusters en in welke mate deze parameters aanwezig zijn bij niet-geclusterde, losstaande (petro)chemische bedrijven. Het gaat hierbij om een *verkennende studie* waarbij de veiligheidsparameters worden geïdentificeerd en geïnventariseerd op kwalitatieve wijze. Inzicht in de verschillen tussen beïnvloedende veiligheidsparameters bij (petro)chemische clusters en losstaande (petro)chemische bedrijven kan ervoor zorgen om meer gericht in zetten – onder andere door overheden en bedrijven – om de veiligheid te verbeteren in zowel clusters als losstaande bedrijven. Het valt niet binnen de scope van het onderzoek om na te gaan of een (petro)chemische cluster veiliger of onveiliger is dan een losstaand (petro)chemisch bedrijf.

De hoofdonderzoeksvraag wordt beantwoord aan de hand van verschillende deelonderzoeksvragen, die in wat volgt samengevat worden.

7.1. Worst-credible ongevalsscenario's in clusterbedrijven en losstaande bedrijven

Deelonderzoeksvraag 1

"Wat zijn de worst-credible ongevalsscenario's voor een clusterbedrijf en wat zijn de worst-credible ongevalsscenario's voor een niet-clusterbedrijf?"

Kennis van de mogelijke ongevalsscenario's binnen een bedrijf of binnen een cluster van bedrijven is een optimaal startpunt om veiligheid in kaart te brengen en om gericht in te zetten om de veiligheid te optimaliseren. Worst-credible ongevalsscenario's zijn scenario's met enerzijds een geloofwaardige waarschijnlijkheid en anderzijds een ernstig of zeer ernstig gevolg.

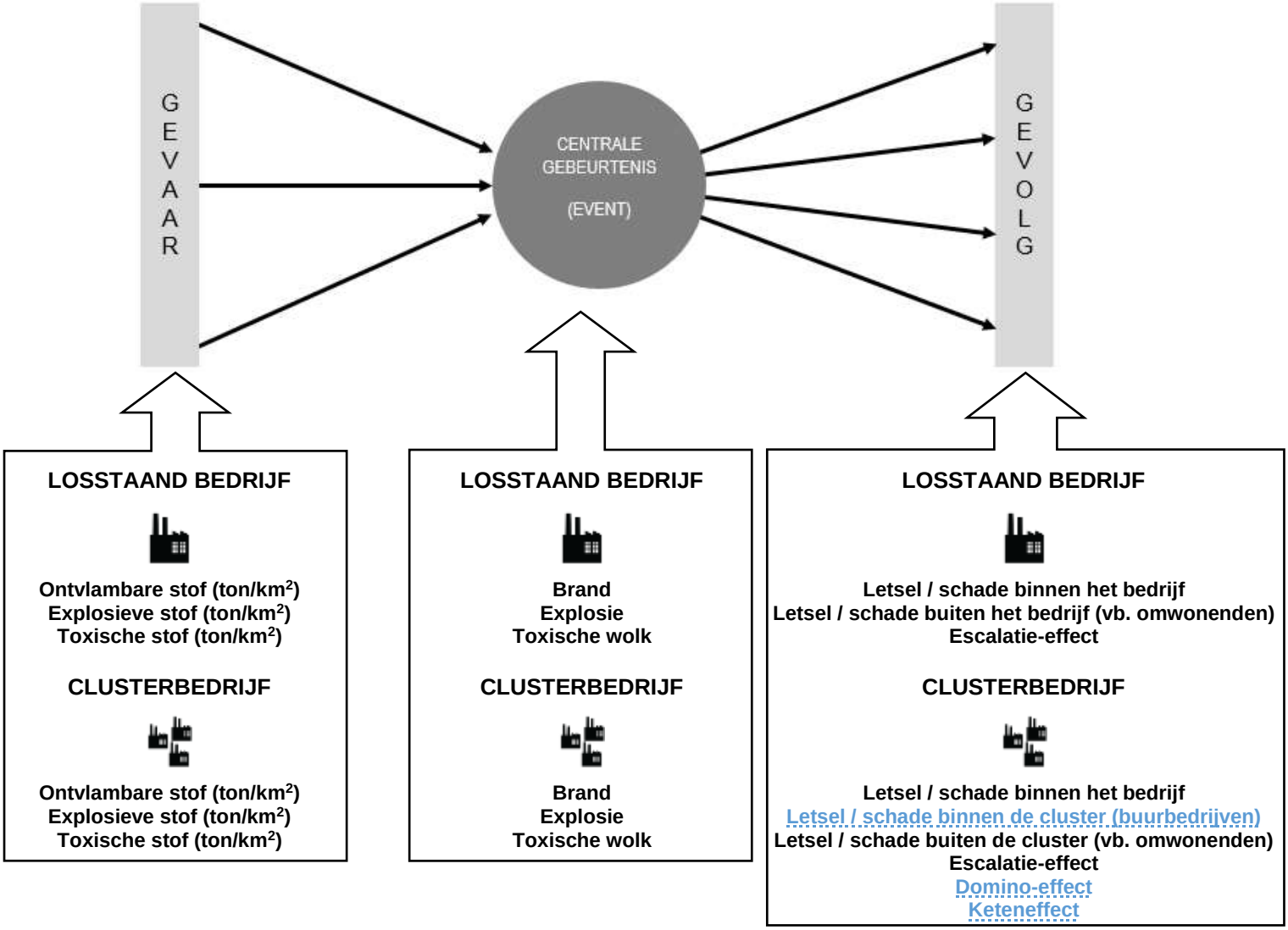
Figuur 20 geeft een overzicht van de worst-credible ongevalsscenario's binnen losstaande bedrijven en binnen geclusterde bedrijven. De worst-credible centrale gebeurtenissen zijn brand, explosie en het vrijkomen van toxische stoffen. De gevaren die hieraan voorafgaan zijn respectievelijk de aanwezigheid van ontvlambare stoffen, explosieve stoffen en toxische stoffen. Hierin zijn geen verschillen op te merken tussen (petro)chemische clusters en losstaande bedrijven.

Wat betreft de mogelijke gevolgen van een ongevalsscenario zijn er wel verschillen op te merken tussen geclusterde en losstaande bedrijven. Bij zowel geclusterde als losstaande bedrijven kan letsel/schade binnen het eigen bedrijf, letsel/schade buiten het bedrijf (bijvoorbeeld naar omwonenden en bebouwing), of een escalatie-effect optreden als gevolg van een ongevalsscenario. Bij een clusterbedrijf komt hier bovenop dat er letsel/schade kan optreden bij andere bedrijven binnen de cluster. Ook (externe) domino-effecten en keteneffecten zijn mogelijke gevolgen van een ongevalsscenario die enkel bij clusterbedrijven kunnen plaatsvinden, en niet bij losstaande bedrijven.

In het kader van domino-effecten (een ongevalsscenario in één bedrijf veroorzaakt een ongevalsscenario in een ander bedrijf) en escalatie-effecten (een ongevalsscenario in één bedrijf

veroorzaakt een ongevalsscenario in hetzelfde bedrijf) zijn het voornamelijk de explosieve en ontvlambare stoffen die aandacht vereisen. Een toxische stof zal weinig waarschijnlijk aanleiding kunnen geven tot een secundair domino- of escalatiescenario, maar toxische stoffen kunnen wel vrijkomen als gevolg van een secundair domino- of escalatiescenario.

Een ketenscenario is clusterspecifiek en kan optreden wanneer nabijgelegen bedrijven gebruik maken van dezelfde utilities, of wanneer bedrijven gebruik maken van elkaars productstromen. De essentie van een ketenscenario is dat, door uitval van gezamenlijke systemen, installaties van verschillende bedrijven stilgelegd moeten worden, en nadien weer opgestart moeten worden. Dit heeft als belangrijke veiligheidsimplicatie dat het stilleggen en opstarten van installaties steeds een hoger veiligheidsrisico met zich meebrengt. Hierbij speelt ook de snelheid waarmee men uit bedrijf moet of kan gaan een rol. Ketenscenario's ontwikkelen zich relatief langzaam in vergelijking met domino- of escalatiescenario's. Vaak is er immers van de gedeelde utilities en grondstoffen een zekere buffer aanwezig, waardoor er meer tijd is om bepaalde acties te ondernemen (bijvoorbeeld het afschakelen van fabrieken). Dit is anders bij bijvoorbeeld de uitbraak van een brand, waarbij men onmiddellijk moet handelen. Om keteneffecten te voorkomen, of de verdere ontwikkeling ervan te beperken, is de organisatie van een efficiënte centrale noodorganisatie essentieel.



Figuur 20. Worst-credible ongevalsscenario's binnen losstaande en geclusterde bedrijven

7.2. Beïnvloedende veiligheidsparameters in clusterbedrijven en losstaande bedrijven

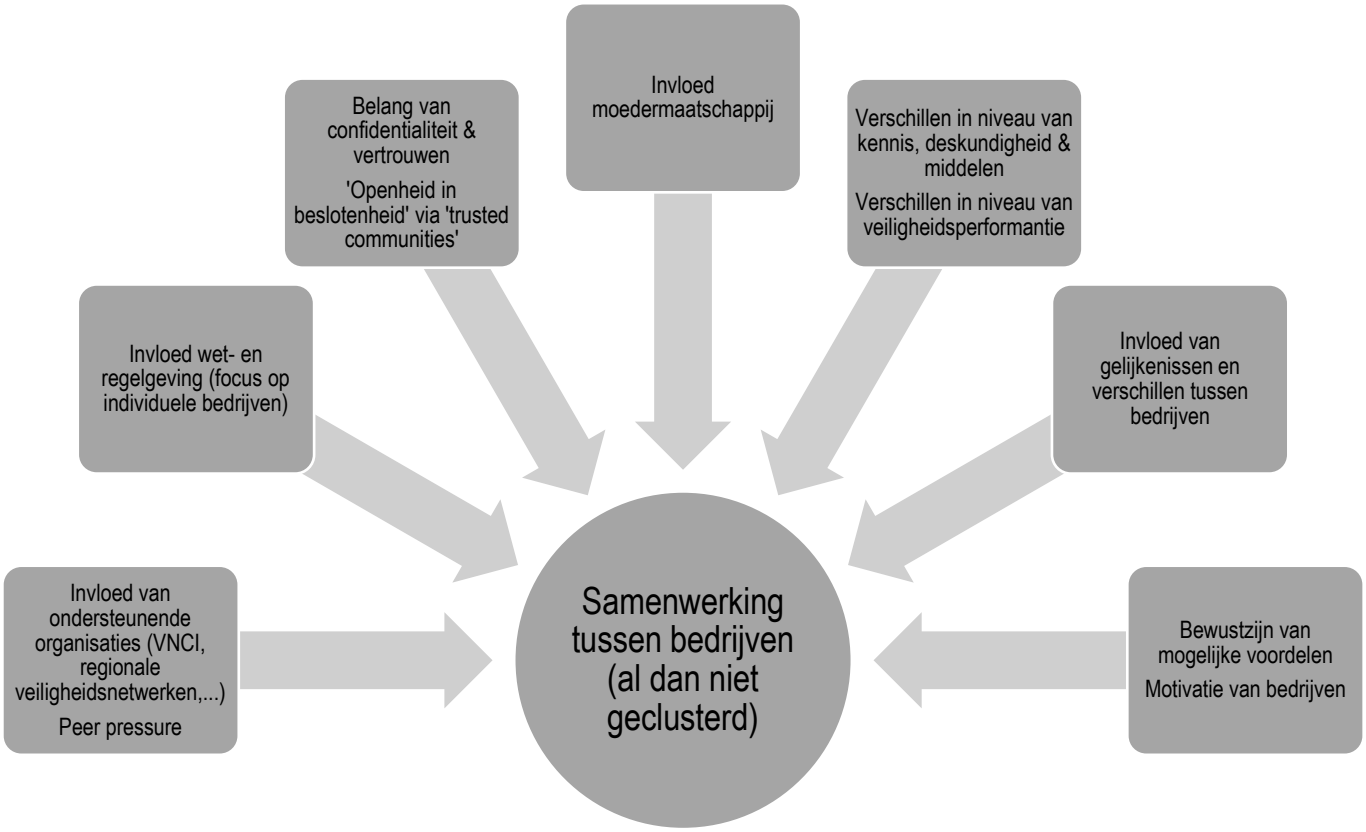
Deelonderzoeksvraag 2

"Welke parameters kunnen het verloop van de worst-credible ongevalsscenario's beïnvloeden, respectievelijk voor clusterbedrijven en niet-clusterbedrijven?"

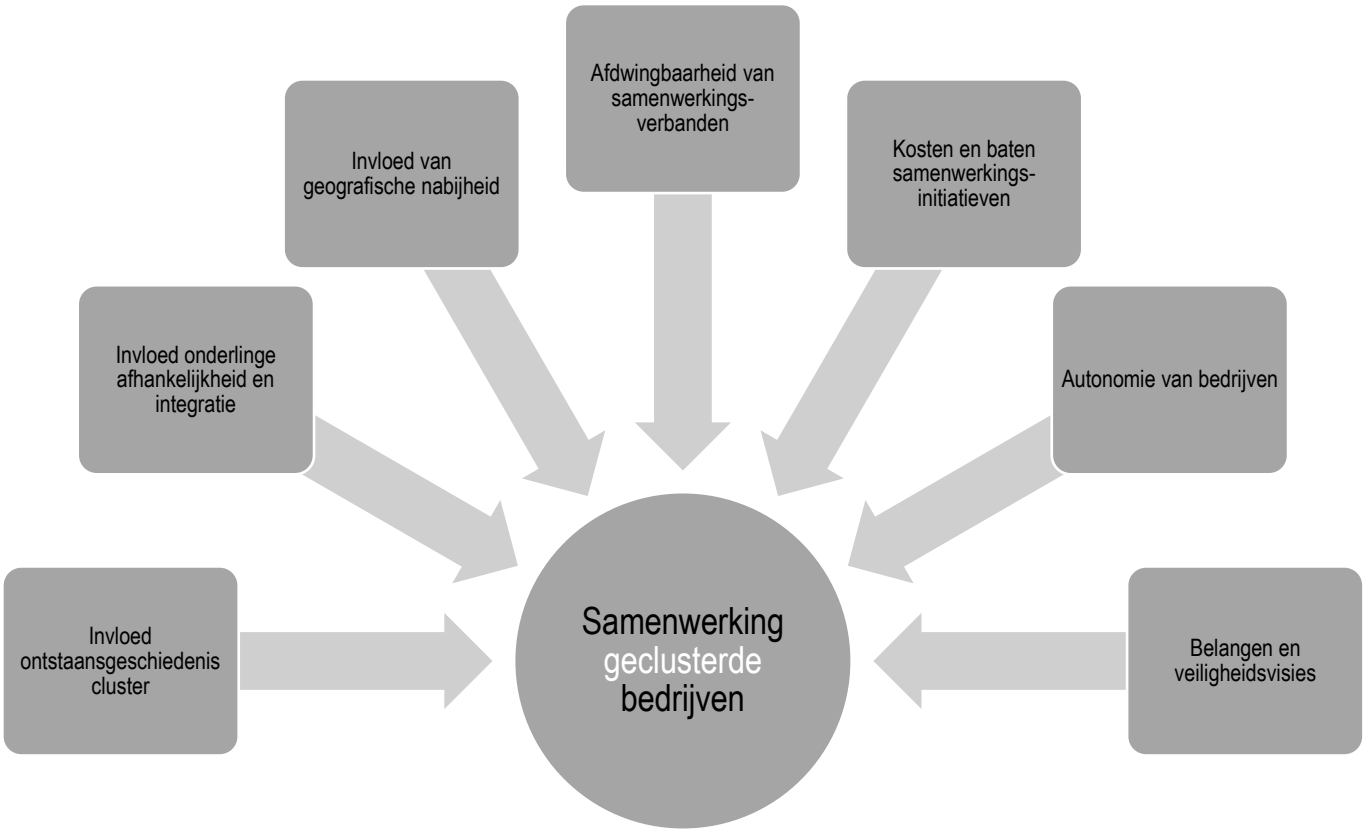
Vervolgens is gekeken naar de parameters die het verloop van de worst-credible ongevalsscenario's kunnen beïnvloeden, respectievelijk voor clusterbedrijven en niet-clusterbedrijven. Met beïnvloeden wordt bedoeld in welke mate de ongewenste gebeurtenis voorkomen kan worden of, wanneer de ongewenste gebeurtenis zich toch voordoet, de gevolgen beperkt kunnen worden.

Samenwerking en kennisdeling

Samenwerking en kennisdeling kan leiden tot een hogere kwaliteit en professionalisering van veiligheidsmaatregelen. In een cluster is veiligheidswinst mogelijk indien de bedrijven niet opereren als losstaande bedrijven. Niet enkel binnen clusters zijn samenwerkingsnetwerken van belang, samenwerkingsnetwerken kunnen er ook voor zorgen dat de veiligheid van niet-geclusterde bedrijven op een hoger niveau wordt getild. De regionale veiligheidsnetwerken, die zijn opgericht om samenwerking en kennisdeling binnen een geografisch gebied te bevorderen, en andere bestaande veiligheidsplatforms op branche- en sectorniveau, vervullen op dit vlak reeds een belangrijke rol. Verschillende aspecten beïnvloeden de samenwerking en kennisdeling tussen bedrijven (zowel de geclusterde als niet-geclusterde) (figuur 21). Voor bedrijven die deel uitmaken van een cluster zijn er nog enkele bijkomende aspecten die de samenwerking en kennisdeling kunnen beïnvloeden (figuur 22).



Figuur 21. Algemene aspecten die de samenwerking tussen bedrijven kunnen beïnvloeden



Figuur 22. Aspecten die de samenwerking tussen geclusterde bedrijven kunnen beïnvloeden

Binnen chemische clusters zijn er aspecten die op het vlak van samenwerking en kennisdeling bevorderend werken. Zo maakt de geografische nabijheid van bedrijven binnen een cluster samenwerking en kennisdeling vaak makkelijker dan in vergelijking met bedrijven die geen buurbedrijven om zich heen hebben. Net daarom moet deze laatste groep bijkomend gestimuleerd worden om samenwerkingsverbanden aan te gaan. Ook zijn binnen clusters zogenaamde 'trusted communities' vaak makkelijker op te bouwen door de geografische nabijheid. Bovendien komt *peer pressure*, waarbij verschillende bedrijven elkaar aansporen en controleren om bepaalde veiligheidsstandaarden te behalen, binnen clusters makkelijker tot stand. Verschillende aspecten kunnen binnen clusterbedrijven echter ook remmend werken op vlak van samenwerking en kennisdeling. Zo kan de mogelijke veiligheidswinst door samenwerking niet altijd even zichtbaar zijn, bijvoorbeeld wanneer onderlinge verbondenheid en afhankelijkheid tussen verschillende bedrijven beperkt is. Nabijgelegen bedrijven kunnen echter steeds geconfronteerd worden met risico's die worden veroorzaakt door de beslissingen van naburige bedrijven. Bedrijven moeten zich hiervan bewust zijn. Ook kan het verdelen van kosten voor gezamenlijke clusterinitiatieven een moeilijke opgave zijn. Deze verdeling is immers niet evident als bepaalde bedrijven minder of meer baat hebben bij het genomen initiatief. Samenwerkingsverbanden binnen clusters kunnen er bovendien voor zorgen dat bedrijven een deel van hun autonomie verliezen. Het kan ook een opdracht zijn om samenwerking te realiseren tussen verschillende bedrijven (en eventuele moederbedrijven) die elks een eigen bedrijfsvoering hebben. Verschillende opvattingen over veiligheid kunnen ervoor zorgen dat veranderingsprocessen moeilijker te realiseren zijn en dat het besluitvormingsproces wordt vertraagd. Vaak is intensief overleg met de verschillende partijen nodig om tot een consensus te komen. Met deze mogelijke remmende factoren moet rekening gehouden worden bij het stimuleren van bedrijven om meer samen te werken.

Verder zijn er nog enkele aandachtspunten wat betreft samenwerkingsverbanden binnen clusters. Zo zijn gedeelde verantwoordelijkheden niet altijd evident en kunnen er onduidelijkheden optreden op dit vlak. Duidelijke afspraken hierover zijn belangrijk. Ook kunnen verantwoordelijkheden binnen een cluster makkelijker afgeschoven of doorgeschoven worden. Verder zijn niet alle samenwerkingsverbanden die een positief effect hebben op het veiligheidsniveau afdwingbaar. Het niet of slechts gedeeltelijk deelnemen van bedrijven binnen een cluster aan gezamenlijke initiatieven kan echter voor (veiligheids)problemen of een toegenomen complexiteit zorgen. Een duidelijke centrale aansturing van alle bedrijven binnen een cluster kan een oplossing bieden om de rollen en verantwoordelijkheden van alle bedrijven binnen een cluster duidelijk vast te leggen. Tot slot is niet enkel samenwerking en kennisdeling binnen clusters, maar ook *tussen* clusters van belang. Een kritische reflectie van buitenaf met andere inzichten moet toegelaten worden om een 'tunnelvisie' te voorkomen.

Uitwisselen van informatie over ongevalsscenario's

Deze beïnvloedende veiligheidsparameter is voornamelijk relevant voor bedrijven die in elkaars geografische nabijheid liggen. Deze bedrijven kunnen immers directe effecten of gevolgen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's. De informatie-uitwisseling is momenteel enkel verplicht indien er een domino-aanwijzing is tussen BRZO-bedrijven. Deze informatie-uitwisseling zou echter ook gestimuleerd

moeten worden voor naburige bedrijven zonder domino-aanwijzing. Immers, ook zonder domino-aanwijzing kunnen naburige BRZO-bedrijven directe effecten of gevolgen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's, en directe effecten of gevolgen van ongevalsscenario's kunnen ook plaatsvinden tussen naburige (petro)chemische bedrijven die niet BRZO-plichtig zijn. Verder blijkt dat, in het geval van een domino-aanwijzing, de informatie-uitwisseling voornamelijk plaatsvindt op papier, en op een eerder oppervlakkige manier zonder in de diepte in te gaan op de verschillende aspecten van de ongevalsscenario's.

Standaardisatie en uniformiteit

Standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid kan ervoor zorgen dat ongevalsscenario's zowel aan de rechterkant als aan de linkerkant beïnvloed worden. Zo kan uniformiteit ervoor zorgen dat veiligheid overzichtelijker wordt, dat een bepaald kwaliteitsniveau behaald wordt, en dat er een duidelijk verwachtingspatroon gecreëerd wordt. Het belang van deze standaardisatie en uniformiteit op vlak van veiligheid geldt zowel voor geclusterde als voor niet-geclusterde bedrijven.

In de praktijk zijn verschillende voorbeelden terug te vinden van standaardisatie en uniformiteit. Dit kan echter nog verder bevorderd en doorgetrokken worden. Bovendien is er voornamelijk op het vlak van arbeidsveiligheid standaardisatie vast te stellen, en minder op het vlak van procesveiligheid. Ook is binnen clusters uniformiteit voornamelijk vast te stellen binnen duidelijk afgebakende terreinen, zoals op het Chemie Park Delfzijl of op het Valuepark Terneuzen. Binnen de bredere gebieden, zoals de bredere cluster Delfzijl-Eemshaven of Zeeland, of tussen losstaande bedrijven, is er minder standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid. Huidige initiatieven rond standaardisatie manifesteren zich bovendien voornamelijk aan de rechterkant van de bow-tie (reactief) en op operationeel vlak. Ook aan de linkerkant van de bow-tie (proactieve initiatieven) en op strategisch en tactisch niveau kan standaardisatie en uniformiteit veiligheidswinst opleveren.

(Gezamenlijke) bedrijfsbrandweer en (centrale) noodorganisatie

De veiligheidsparameters 'bedrijfsbrandweer' en 'noodorganisatie' hebben een invloed op de rechterkant van de bow-tie, namelijk het mitigeren van de gevolgen indien een incident plaatsvindt.

Een bedrijfsbrandweer levert ten opzichte van een overheidsbrandweer verschillende voordelen op. Zo heeft een bedrijfsbrandweer doorgaans een kortere aanrijtijd, en is deze gespecialiseerd in industriële brandbestrijding. Ook heeft een bedrijfsbrandweer een uitgebreide kennis over de processen en mogelijke ongevalsscenario's binnen het bedrijf / de bedrijven, ze kennen er goed de weg, en kennen de operators (of ze zijn zelf operator). Bovendien kijkt een bedrijfsbrandweer niet enkel naar de veiligheid van de mensen in het effectgebied, maar ook naar de continuïteit van de fabrieken.

Bedrijven die geografisch dicht bij elkaar liggen, kunnen de bedrijfsbrandweer gezamenlijk organiseren. Dit heeft niet alleen als voordeel dat dit een kostenbesparing kan opleveren, maar ook dat het professioneler georganiseerd kan worden waardoor de kwaliteit van de hulpverlening stijgt. Om de kwaliteit van de bedrijfsbrandweer te optimaliseren, is het wel wenselijk dat bedrijven zich aansluiten bij de gezamenlijke bedrijfsbrandweer als deze aanwezig is.

Ook het gezamenlijk en centraal organiseren van de noodorganisatie kan voordelen opleveren. Het gaat hier onder meer over het gezamenlijk organiseren van alarmering en opschalen, ontruimen en evacueren, informeren en samenwerken met externe hulpdiensten, het informeren van de omgeving, en het communiceren met media en externe stakeholders.

Beïnvloedende veiligheidsparameters aan de linkerkant van de bow-tie

Er kan vastgesteld worden dat gezamenlijke clusterinitiatieven zich grotendeels situeren aan de rechterkant van de bow-tie, dus nadat een centrale gebeurtenis heeft plaatsgevonden. Het gaat onder meer over de gezamenlijke brandweer, onderlinge alarmering bij incidenten, het opstellen van een gezamenlijk noodplan of rampenbestrijdingsplan, enzovoort. Gezamenlijke initiatieven aan de linkerkant van de bow-tie, zogenaamde proactieve initiatieven, blijven (te) beperkt. Zo is uitwisseling van informatie vooral incident-gedreven, en vindt uitwisseling aan de voorkant van de bow-tie (kennis over elkaars processen, risico's, ongevalsscenario's) veel minder plaats. Ook worden mogelijke ongevalsscenario's opgesteld door individuele bedrijven. Bij het opmaken van deze scenario's wordt er weinig tot geen rekening gehouden met gevaren, centrale gebeurtenissen en gevolgen die afkomstig kunnen zijn van naburige bedrijven. Hierdoor worden sommige ongevalsscenario's niet in kaart gebracht, en worden er geen maatregelen op dit vlak genomen. Verder gebeuren risicoanalyses en dreigingsanalyses niet gezamenlijk, en worden veiligheidsaudits meestal intern uitgevoerd. Onderlinge audits tussen nabijgelegen bedrijven, of meer samenwerking op vlak van onderhoud en inspectie, zouden een meerwaarde kunnen opleveren. Ook op het vlak van domino-effecten worden er voornamelijk beperkende/mitigerende maatregelen genomen, en veel minder maatregelen om mogelijke domino-effecten te voorkomen.

Clusterinitiatieven zijn bovendien niet enkel voornamelijk reactief, ze situeren zich ook voornamelijk op het operationele vlak. Samenwerking op strategisch en tactisch niveau vindt plaats, maar eerder in beperkte mate. Proactieve, strategische en tactische focus is minstens even belangrijk. Het is immers altijd beter om een centrale gebeurtenis te voorkomen, dan in te zetten op een beperking van de gevolgen ervan.

Schaalgrootte binnen clusters

Een belangrijk onderscheid tussen geclusterde en losstaande bedrijven is de schaalgrootte. Deze schaalgrootte kan zowel voordelen als nadelen opleveren op het vlak van veiligheid. De tabel hieronder geeft hiervan een overzicht.

Mogelijke veiligheidsvoordelen door de schaalgrootte van clusters
Schaalgrootte zorgt voor organisatiekracht: meer middelen, meer kennis, meer mogelijkheden om samen te werken aan veiligheid
Sommige veiligheidsinitiatieven zijn enkel rendabel bij een bepaalde schaalgrootte
Aantrekken en delen van (schaarse) expertise en specialistische deskundigheid door schaalgrootte
Mogelijkheid om bepaalde activiteiten te outsourcen naar gespecialiseerde bedrijven door de schaalgrootte
Clusteromvang kan leiden tot specifieke kennis en expertise op het vlak van (petro)chemische bedrijven bij overheidspartijen (gemeente, provincie, omgevingsdienst, veiligheidsregio,…)
Mogelijke veiligheidsnadelen door de schaalgrootte van clusters
Hoger volume en verscheidenheid van gevaarlijke stoffen in het betreffende gebied door de schaalgrootte
Schaalgrootte leidt tot een grotere groep van werknemers die mogelijk getroffen kan worden bij een incident, en mogelijke problemen bij evacuatie bij een incident
Vaak pas schaalgrootte na verschillende jaren (clusters groeien). Bij beginnende clusters wordt niet altijd over alle veiligheidsaspecten nagedacht, wegens (nog) niet relevant. Kan knelpunten opleveren na verloop van tijd.

Voldoen aan wet- en regelgeving

Verschillende wet- en regelgeving is erop gericht de veiligheid binnen bedrijven te verbeteren, en in die zin te fungeren als beïnvloedende veiligheidsparameter binnen geclusterde en losstaande (petro)chemische bedrijven. De invulling van deze wet- en regelgeving zorgt echter niet altijd voor een optimale veiligheidsverbetering:

- Zo kunnen volgens het BRZO 2015 domino-effecten slechts optreden tussen verschillende inrichtingen, en niet binnen eenzelfde inrichting, ook al maken verschillende bedrijven – ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering en meer specifiek een eigen veiligheidsmanagementsysteem – deel uit van deze inrichting. In de praktijk zijn domino-effecten tussen verschillende bedrijven die deel uitmaken van eenzelfde inrichting natuurlijk wel mogelijk[12].
- Bedrijven die onder de BRZO-wetgeving vallen, zijn verplicht om extra maatregelen te nemen om de veiligheid te garanderen. Bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen, zijn niet gehouden aan de BRZO-wetgeving. Voor deze bedrijven (de zogenaamde ‘risicorelevante bedrijven’) gelden wel andere veiligheidsregels, zoals PGS-richtlijnen, Bevi en ARIE.

[12] De Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV, 2018) formuleerde in dit kader recent een aanbeveling naar aanleiding van de ernstige voorvallen die in 2016 plaatsvonden op het Chemelot terrein.

Veiligheidsmaatregelen om mogelijke domino-effecten te voorkomen of te beperken zijn bij bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen echter niet juridisch afdwingbaar. Het gaat hier niet enkel over bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen, maar ook om bedrijven waarbij de BRZO-status komt te vervallen door het outsourcen van bepaalde activiteiten naar naastgelegen bedrijven. Hierdoor is er geen domino-aanwijzing mogelijk, maar kan er wel de mogelijkheid bestaan op domino-effecten.

- Het BRZO 2015 heeft voornamelijk aandacht voor mogelijke domino-effecten. Mogelijke escalatie-effecten tussen installaties van eenzelfde bedrijf – 'escalatie-aanwijzingen' – zijn minstens even belangrijk. Het belang van aandacht voor escalatie-effecten geldt zowel voor (petro)chemische bedrijven die deel uitmaken van een cluster, als voor losstaande (petro)chemische bedrijven. Bijkomend geldt voor clusterbedrijven dat het nodig is om te kijken naar omliggende bedrijven die eventuele escalatie-effecten binnen het eigen bedrijf kunnen initiëren.
- Tijdens het toezicht en handhaving wordt er voornamelijk ingezet op *compliance*, en ligt de focus op het zoeken naar overtredingen. Deze manier van inspecteren is reactief, en werkt ook reactief gedrag bij de bedrijven in de hand. Bedrijven worden zo niet voldoende gestimuleerd om proactief te zijn op het vlak van veiligheid. Handhaving door de overheid is zeer belangrijk, maar bedrijven kunnen samen met de overheid tot een hoger veiligheidsniveau komen als er niet enkel wordt ingezet op compliance. Dit kan door de *regelgerichte aanpak* los te laten, en te evolueren naar een meer *risicogerichte aanpak*, waarbij er op basis van de ongevalsscenario's aanwezig binnen het bedrijf, ingezet wordt op de linkerkant van de bow-tie.
- Verschillende provincies hebben het clusteren van risicovolle activiteiten benoemd als provinciaal belang. Hierbij is een belangrijke paradox op te merken. Als overheid wordt ervoor gekozen om risicovolle bedrijven te clusteren en om zo de risico's te concentreren. Daarna wordt deze clustering echter losgelaten, en wordt er tijdens het toezicht en handhaving enkel per inrichting gekeken. De wet- en regelgeving richt zich ook enkel op individuele inrichtingen. Enerzijds worden de risico's dus geconcentreerd, en vervolgens wordt de manier waarop hiermee wordt omgegaan versnipperd.

Voldoen aan wet- en regelgeving *kan* fungeren als veiligheidsparameter om ongevalsscenario's te beïnvloeden. Enkele belangrijke tekortkomingen dienen dan wel erkend en ondervangen te worden.

Veiligheidsmaatregelen bij geïntegreerde bedrijven

Binnen verschillende clusters zijn er bedrijven die zijn verbonden aan elkaar door middel van gedeelde utilities of processtromen. Bij geïntegreerde bedrijven is het van belang dat hierbij adequate veiligheidsmaatregelen worden genomen. De veiligheidsmaatregelen bij geïntegreerde bedrijven kunnen zich zowel manifesteren aan de linkerkant van de bow-tie (de preventie van mogelijke keteneffecten), als aan de rechterkant van de bow-tie (effecten van ketenscenario's beperken). Zo is het van belang dat er duidelijke afspraken worden gemaakt over de maatregelen die genomen worden bij uitval van gezamenlijke systemen zoals gedeelde utilities. De organisatie van een efficiënte centrale

noodorganisatie is hierbij essentieel. Ook kan samenwerking op vlak van onderhoud en inspectie veiligheidswinst opleveren.

Als bedrijven worden ontworpen met een integratie in gedachte, is hier op voorhand meestal goed over nagedacht. Bij dergelijke bedrijven zijn de interfaces duidelijk in beeld en zijn er storingsanalyses aanwezig (wat is de impact van een storing in een bedrijf op een ander afhankelijk bedrijf). Binnen deze bedrijven zijn ook meestal voldoende buffers ingebouwd. Dit kan echter anders zijn als er na verloop van tijd wordt beslist om een deel van een fabriek of een hele installatie af te splitsen of te outsourcen naar een ander bedrijf. Deze fabrieken zijn hier niet specifiek voor ontworpen waardoor extra veiligheidsmaatregelen noodzakelijk zijn. Zo moeten er duidelijke afspraken gemaakt worden over verantwoordelijkheden voor bijvoorbeeld onderhoud van bepaalde delen. Bij overdracht naar een nieuwe eigenaar is het ook van belang dat er strenge eisen gesteld worden aan de overdracht, waarbij onder andere de veiligheidskritische informatie up-to-date moet zijn.

7.3. Verschillen en gelijkenissen tussen de (petro)chemische clusters in Nederland

Deelonderzoeksvraag 3

"Wat zijn verschillen en gelijkenissen tussen de beïnvloedende veiligheidsparameters van worst-credible ongevallenscenario's binnen de verschillende (petro)chemische clusters in Nederland?"

De zes (petro)chemische clusters in Nederland zijn allen uniek en worden gekenmerkt door specifieke karakteristieken zoals ontstaansgeschiedenis, ligging (omliggende bebouwing, aanwezigheid haven,…), aanwezige bedrijven, ruimte voor uitbreiding, enzovoort. Deze verschillende karakteristieken van een cluster kunnen een invloed hebben op enerzijds de worst-credible ongevalsscenario's, en anderzijds op de beïnvloedende veiligheidsparameters.

Wat betreft de verschillen op het vlak van worst-credible ongevalsscenario's zijn verschillen op te merken op het vlak van mogelijke gevolgen:

- **Letsel / schade buiten het bedrijf (naar omwonenden en bebouwing)**: hier is de afstand tot de woningbouw van grote invloed. Zo ligt bijvoorbeeld het Chemelot terrein zeer dicht bij de bewoning; de afstand van de woningen tot de terreingrens bedraagt op sommige plekken 120 tot 200 meter. Hierdoor zijn ongevalsscenario's mogelijk (brand, explosie, toxische emissie) met effecten die ruim tot in de woongebieden komen. Binnen bijvoorbeeld de cluster Delfzijl-Eemshaven liggen de risicovolle bedrijven dan weer veel verder gelegen van de woongebieden.
- **Letsel / schade binnen de cluster (buurbedrijven)**: binnen afgebakende chemieterreinen, zoals het Chemelot terrein, het Chemie Park Delfzijl en het Valuepark Terneuzen, liggen de (petro)chemische bedrijven vaak veel dichter bij elkaar dan in bijvoorbeeld de bredere cluster van Zeeland (Terneuzen) en Delfzijl-Eemshaven.

- **Keteneffecten**: de mate van verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid varieert sterk per cluster. Clusters die in het verleden één bedrijf vormden – namelijk Chemelot (voormalig DSM), Chemie Park Delfzijl (voormalig AkzoNobel) en Valuepark Terneuzen (voormalig Dow) – vertonen de hoogste mate van integratie. Ook binnen (petro)chemische clusters die van oorsprong niet één bedrijf vormden – zoals binnen de cluster Rotterdam of Moerdijk – is een hoge mate van integratie vast te stellen. In de cluster Amsterdam (Westpoort) is er weinig verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid tussen de verschillende bedrijven. In deze cluster is de hoofdactiviteit van de meeste bedrijven opslag van brandstoffen, waarbij er weinig procesinstallaties zijn, en het delen van productstromen niet aan de orde is. Binnen deze cluster zijn keteneffecten bijgevolg niet aan de orde (domino-effecten zijn wel mogelijk).

De karakteristieken van clusters kunnen ook verschillen opleveren op het vlak van de beïnvloedende veiligheidsparameters:

- De ontstaansgeschiedenis van een (petro)chemische cluster heeft een grote invloed op de bestaande samenwerking. Clusters die in het verleden één bedrijf vormden (Chemelot terrein, Chemie Park Delfzijl en Valuepark Terneuzen) vertonen een hogere mate van samenwerking.
- Ook is er binnen de clusters die een hogere mate van verbondenheid en afhankelijkheid vertonen doorgaans meer samenwerking en kennisdeling. Binnen deze clusters zijn de voordelen van samenwerking vaak beter zichtbaar, omdat de beslissingen van één bedrijf een direct effect kunnen hebben op het nabijgelegen bedrijf. Ook kunnen de mogelijke keteneffecten een drijfveer zijn om samen te werken en de veiligheid op een hoger niveau te brengen.
- Sommige clusters vertonen veel gelijkenissen op het vlak van processen, of gelijkenissen op het vlak van gebruikte gevaarlijke stoffen. Zo is bijvoorbeeld op het Chemie Park Delfzijl chloor een belangrijke component in vele processen van verschillende bedrijven, of is binnen de cluster Amsterdam (Westpoort) de hoofdactiviteit van de meeste BRZO-bedrijven opslag van brandstoffen. Deze gelijkenissen leiden in sommige gevallen tot meer samenwerking en kennisdeling: hoe groter de gelijkenissen, hoe groter de winst van samenwerking en kennisdeling. Deze gelijkenissen kunnen ook remmend werken op de samenwerking en kennisdeling, als deze bedrijven elkaar door de gelijkenissen als concurrenten zien.
- Clusters vertonen ook verschillen wat betreft verplichtingen en vrijblijvendheid van samenwerkingsinitiatieven. Zo vallen alle bedrijven die zich op het Chemelot terrein vestigen onder een overkoepelende omgevingsvergunning, die ervoor zorgt dat de samenwerking tussen de bedrijven niet vrijblijvend is. Ook zijn binnen afgebakende chemieterreinen gedeelde initiatieven vaak opgenomen in een *Service Level Agreement* (SLA). Zo zijn er op het Chemie Park Delfzijl enkele gemeenschappelijke regelingen die contractueel zijn vastgelegd, bijvoorbeeld op het vlak van security en de infrastructuur. Binnen andere clusters is samenwerking vaak op vrijwillige basis.
- De afbakening van chemieterreinen bepaalt vaak tot hoever de samenwerking reikt. Zo is er intensieve samenwerking en kennisdeling vast te stellen binnen de afgebakende chemieterreinen, maar is deze samenwerking en kennisdeling veel beperkter met de andere

bedrijven die binnen de bredere clusters gevestigd zijn. Afbakening zorgt in die zin voor beslotenheid.

- Ook standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid is voornamelijk vast te stellen binnen een duidelijk afgebakend terrein, bijvoorbeeld op het Chemie Park Delfzijl of op het Valuepark Terneuzen. Binnen een breder gebied, bijvoorbeeld de bredere cluster Delfzijl-Eemshaven of Zeeland is er minder standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid.

7.4. Transport van gevaarlijke stoffen bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven

Op vlak van transport van gevaarlijke stoffen zijn verschillende onderscheidende factoren op te merken tussen transport gerelateerd aan (petro)chemische geclusterde bedrijven en transport gerelateerd aan niet-geclusterde (petro)chemische bedrijven. De belangrijkste onderscheidende factoren zijn samenvattend:

- Het aantal transportbewegingen
- De hoeveelheid (tussen)opslag
- Problemen met cruciale transportassen
- De mogelijkheid tot minder risicovolle transportmodaliteiten
- Beschikbare kennis en deskundigheid
- Het volume van en verscheidenheid aan gevaarlijke stoffen
- Aantal handelingen en overdracht van verantwoordelijkheden
- Domino-, escalatie- en keteneffecten

Er zijn heel wat factoren die het transport van gevaarlijke stoffen in geclusterde en losstaande bedrijven beïnvloeden op vlak van veiligheid. Wat nu juist de balans is, is op basis van deze verkennende studie niet op te maken.

De tabel hieronder geeft een overzicht van mogelijke veiligheidsvoordelen en mogelijke veiligheidsnadelen op het vlak van transport van gevaarlijke stoffen gerelateerd aan (petro)chemische geclusterde bedrijven.

Mogelijke veiligheids<u>voordelen</u> op vlak van transport van gevaarlijke stoffen bij geclusterde bedrijven
Daling aantal transportbewegingen door onderlinge verbindingen tussen bedrijven
Daling aantal transportbewegingen door gezamenlijke aanvoer en afvoer van grondstoffen en producten
Uitschakelen transport door clustervorming
Daling (tussen)opslag door koppeling processen
Door schaalgrootte sneller op minder risicovolle modaliteiten kunnen overschakelen (pijpleidingen)
Door schaalgrootte verhoging kennis en deskundigheid over transport van gevaarlijke stoffen *(enkel voordeel indien sprake van uitwisseling van deze kennis en deskundigheid)*
Clusteren van transportrisico's en de kennis over deze risico's binnen een afgebakend gebied, en geen spreiding over het hele land
Mogelijke veiligheids<u>nadelen</u> op vlak van transport van gevaarlijke stoffen bij geclusterde bedrijven
Door de schaalgrootte groter aantal transportbewegingen
Door de schaalgrootte verhoging volume van gevaarlijke stoffen op vlak van transport
Mogelijkheid op ketenscenario's indien niet voldoende buffers aanwezig
Door schaalgrootte hoger veiligheidsvraagstuk transportassen rond cluster
Niet elk bedrijf heeft veiligheidskennis over alle aanwezige gevaarlijke stoffen binnen het gebied
Clusterbedrijf kan moeilijker bepaalde eisen opleggen op vlak van transport (transport mag enkel gevaarlijke stoffen bevatten bedoeld voor betreffende bedrijf, o.a. om foutieve lossing te voorkomen)
Gedeelde transportmodaliteiten zoals pijpleidingen vereisen duidelijke afspraken over verantwoordelijkheden, o.a. op vlak van onderhoud
Meer handelingen die vaak door verschillende partijen gebeuren, en meer overdrachtmomenten op vlak van transport
Groter aantal transportbewegingen en groter volume gevaarlijke stoffen verhoogt de mogelijkheid op domino- of escalatie-effecten tijdens een transportongeval

7.5. Security aspecten bij clusterbedrijven en losstaande bedrijven

De worst-credible centrale gebeurtenissen (brand, explosie, toxische wolk) en de gevaren die hieraan voorafgaan (de aanwezigheid van ontvlambare stoffen, explosieve stoffen, toxische stoffen) zijn gelijkaardig voor zowel safety als security. Het belangrijke verschil is dat bij een security gerelateerd ongevalsscenario de centrale gebeurtenis (en de bijhorende gevolgen) intentioneel worden veroorzaakt. Een bijkomend securityaspect is de mogelijkheid dat aanwezige beheersmaatregelen niet meer werken. Zo kunnen de ingebouwde veiligheden (automatische noodstop, alarm,…) door het hacken van procesbesturingssystemen uitgeschakeld worden of niet meer aangestuurd worden, waardoor de mogelijke gevolgen van een ongevalsscenario groter kunnen zijn. Ook is het op het vlak van security geloofwaardig dat er gelijktijdig meerdere centrale gebeurtenissen plaatsvinden. Het plaatsvinden van gelijktijdige centrale gebeurtenissen is mogelijk bij zowel losstaande bedrijven als geclusterde bedrijven.

Op het vlak van beïnvloedende veiligheidsparameters voor security gerelateerde ongevalsscenario's zijn er heel wat gelijkenissen op te merken met de beïnvloedende veiligheidsparameters voor safety gerelateerde ongevalsscenario's. Zo kan onder meer samenwerking en kennisdeling, standaardisatie en uniformiteit, en initiatieven aan de linkerkant van de bow-tie leiden tot een verbetering van het security niveau. Een belangrijk verschil manifesteert zich in de mate van transparantie. Zo kan een hoge mate van transparantie voordelen opleveren op het vlak van safety, maar kan dit nadelig zijn op het vlak van security. In dit kader is samenwerken en het delen van kennis binnen *trusted communities* (openheid in beslotenheid) des te belangrijker.

Binnen afgebakende chemieterreinen zijn er op het vlak van security vaak gedeelde initiatieven opgenomen in een *Service Level Agreement* (SLA). Maatregelen die op dit moment worden genomen op het vlak van security – zowel binnen geclusterde als binnen losstaande bedrijven – focussen zich voornamelijk op aspecten zoals camerabewaking, hekwerk en toegangscontrole. Aspecten zoals dreigingsanalyses worden in veel mindere mate opgenomen.

Er kan vastgesteld worden dat, in vergelijking met safety, bedrijven minder vertrouwd zijn met het security onderwerp. Dit geldt ook voor de BRZO+ toezichthouders die aangeven hier beperkte kennis over te hebben.

Verschillende aspecten bepalen de aantrekkelijkheid van de (petro)chemische industrie als doelwit voor een terreur aanslag. Het gaat hier onder meer over de mogelijkheid om domino- of escalatie-effecten te veroorzaken, de afstand tot de bebouwing, de toegankelijkheid en de mate van beveiliging, de nodige kennis over de chemische processen en de kwetsbare objecten, en het mogelijk aantal slachtoffers. Verder zijn er enkele verschillen op te merken die maken dat een (petro)chemische cluster al dan niet een aantrekkelijk doelwit is voor een terroristische aanslag, dan in vergelijking met een losstaand bedrijf. De tabel hieronder geeft hiervan een overzicht.

Mogelijke veiligheidsvoordelen op vlak van security bij geclusterde bedrijven
Door de schaalgrootte zijn clusters beter te beschermen: nemen van gezamenlijke security maatregelen waardoor kwaliteit en professionaliteit stijgt
Complexiteit van cluster maakt het moeilijker om opzettelijk een zwaar incident te veroorzaken, kennis over verschillende processen uit verschillende bedrijven is noodzakelijk
Mogelijke veiligheidsnadelen op vlak van security bij geclusterde bedrijven
Grotere hoeveelheid gevaarlijke stoffen
Mogelijkheid om een grotere impact of een grotere verstoring teweeg te brengen
Door schaalgrootte is het gebied moeilijker te beveiligen, is beveiliging minder overzichtelijk en complexer
Anonimiteit binnen cluster is groter, waardoor bepaalde zaken minder snel als verdacht geclassificeerd worden

Afsluitend kan vastgesteld worden dat er verschillende factoren zijn die bepalen of een (petro)chemisch bedrijf – al dan niet geclusterd – een aantrekkelijk doelwit is voor terreur. Wat de balans is tussen deze beïnvloedende factoren, is op basis van deze verkennende studie niet op te maken.

8. Aanbevelingen

Aan de hand van dit verkennende onderzoek zijn verschillen geïdentificeerd op het vlak van beïnvloedende veiligheidsparameters bij (petro)chemische clusters en bij losstaande (petro)chemische bedrijven. Op basis van deze identificatie kan er meer gericht ingezet worden, onder andere door overheden en bedrijven, om de veiligheid te verbeteren in zowel clusters als in losstaande bedrijven. Volgende aanbevelingen worden op basis van het onderzoek geformuleerd. Aanbevelingen 1 t.e.m. 8 focussen specifiek op geclusterde (petro)chemische bedrijven, aanbeveling 9 op losstaande (petro)chemische bedrijven, en aanbevelingen 10 t.e.m. 12 zijn van toepassing op zowel losstaande als geclusterde (petro)chemische bedrijven.

1. Stimuleren en verbeteren van informatie-uitwisseling over ongevalsscenario's tussen naburige (petro)chemische bedrijven (met en zonder domino-aanwijzing)

Als er tussen naburige bedrijven geen domino-aanwijzing is, is er geen verplichting tot informatie-uitwisseling over mogelijke ongevalsscenario's. Echter, ook zonder domino-aanwijzing kunnen naburige BRZO-bedrijven directe effecten of gevolgen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's. Bijkomend kunnen directe effecten of gevolgen van ongevalsscenario's ook plaatsvinden tussen naburige (petro)chemische bedrijven die niet BRZO-plichtig zijn. Informatie-uitwisseling over mogelijke ongevalsscenario's zou gestimuleerd moeten worden tussen deze bedrijven. Ook is het belangrijk om in dit kader extra aandacht te hebben voor inrichtingen waaronder verschillende BRZO-bedrijven, ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering, vallen. Tussen deze bedrijven is immers geen domino-aanwijzing mogelijk, en bijgevolg ook geen verplichting tot informatie-uitwisseling over ongevalsscenario's. Verder blijkt uit het onderzoek dat, zelfs als er sprake is van een domino-aanwijzing, de informatie-uitwisseling over mogelijke ongevalsscenario's voornamelijk op papier gebeurt, en eerder oppervlakkig blijft zonder in te gaan op de verschillende aspecten van de ongevalsscenario's. De informatie-uitwisseling in het geval van een domino-aanwijzing zou verder verbeterd moeten worden.

2. Naar een meer proactieve en strategische samenwerking binnen clusters

Binnen verschillende clusters is reeds een hoge mate van samenwerking aanwezig. Echter, gezamenlijke clusterinitiatieven situeren zich grotendeels aan de rechterkant van de bow-tie, dus nadat een centrale gebeurtenis heeft plaatsgevonden. Niet enkel zijn de huidige clusterinitiatieven voornamelijk reactief, ze situeren zich ook voornamelijk op het operationele vlak. Zo is uitwisseling van informatie vooral incident-gedreven, en worden er vooral gezamenlijke maatregelen genomen om de gevolgen van een incident te *mitigeren*, en veel minder om incidenten te *voorkomen.* Gezamenlijke initiatieven aan de linkerkant van de bow-tie blijven te beperkt. Een meer proactieve samenwerking op tactisch en strategisch niveau zou gestimuleerd moeten worden. Zo kunnen bijvoorbeeld risicoanalyses en dreigingsanalyses gezamenlijk uitgevoerd worden, kunnen mogelijke ongevalsscenario's opgesteld worden door meerdere naburige bedrijven, kan men onderling veiligheidsaudits uitvoeren, en kan er ingezet worden op samenwerking op vlak van onderhoud en inspectie.

3. Het inrichten van een overkoepelend clusterorgaan

Een centrale aansturing van verschillende bedrijven die geografisch dicht bij elkaar liggen kan tegemoet komen aan de uitdagingen die een cluster met zich meebrengen. Zeker binnen clusters die in sterke mate gekoppeld en geïntegreerd zijn, en/of waarbij de bedrijven directe effecten of gevolgen kunnen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's, kan een centrale aansturing een meerwaarde bieden. Zo kan een overkoepelend clusterorgaan er binnen een cluster over waken dat alle beslissings- en uitvoeringsmandaten vastliggen, en dat verantwoordelijkheden duidelijk zijn voor elke partij. Een overkoepelend clusterorgaan kan focussen op operationele aspecten en op de rechterkant van de bow-tie, zoals het inrichten van een centrale noodorganisatie, waarbij niet enkel gezamenlijke noodplannen en afschakelschema's worden opgesteld, maar waarbij ook beslissingsmandaten en aansturing tijdens een incident op voorhand in kaart worden gebracht. Dergelijk clusterorgaan is bovendien ook een opportuniteit om aan de linkerkant van de bow-tie, en op strategisch en tactisch niveau overkoepelende zaken vast te leggen.

4. Een clusterbeleid dat verder gaat dan ruimtelijke ordening en externe veiligheid

Verschillende provincies hebben het clusteren van risicovolle activiteiten benoemd als provinciaal belang. Dit clusterbeleid is gericht op het verhogen van de *externe veiligheid*, waarbij alle risicovolle bedrijven in één gebied worden gevestigd en waarbij de rest van de (woon)omgeving op dat punt ontlast wordt. Als er als overheid voor wordt gekozen om risicovolle bedrijven te clusteren en de risico's te concentreren, is het belangrijk om ook op andere vlakken dit clusterbeleid toe te passen, zoals op het vlak van toezicht en handhaving. Op dit moment wordt er tijdens het toezicht en handhaving enkel naar individuele bedrijven gekeken als deze bedrijven deel uitmaken van een cluster; de wet- en regelgeving is hier ook zo op ingericht. Echter, als verschillende risicovolle bedrijven in een klein gebied worden samen gezet, moet er gekeken worden naar de geaggregeerde risico's. Deze geaggregeerde risico's zijn immers niet gelijk aan de optelsom van de risico's van de individuele bedrijven. Als er op het vlak van ruimtelijke ordening en externe veiligheid voor een clusterbeleid wordt gekozen, is het ook belangrijk dat dit clusterbeleid wordt doorgetrokken om de veiligheid binnen het gebied te verhogen en te optimaliseren.

5. Meer aandacht voor mogelijke domino-effecten bij (petro)chemische bedrijven binnen clusters die (net) onder de BRZO-drempel vallen

Bedrijven die onder de BRZO-wetgeving vallen, zijn verplicht om extra maatregelen te nemen om de veiligheid te garanderen. Bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen, zijn niet gehouden aan de BRZO-wetgeving. Aan deze bedrijven (de zogenaamde 'risicorelevante bedrijven') zijn echter ook vaak risico's verbonden die zware ongevallen kunnen veroorzaken, en zijn bijgevolg gehouden aan andere veiligheidsregels (zoals PGS-richtlijnen, Bevi en ARIE). Veiligheidsmaatregelen om mogelijke domino-effecten te voorkomen of te beperken zijn bij bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen echter niet juridisch afdwingbaar. Meer aandacht voor dergelijke bedrijven is aangewezen, des te meer als deze bedrijven binnen een cluster gevestigd zijn. Binnen clusters kunnen de beslissingen van risicorelevante bedrijven immers een direct effect hebben op naburige (BRZO-)bedrijven. Het gaat hier

niet enkel over bedrijven die (net) onder de BRZO-drempel vallen, maar ook om bedrijven waarbij de BRZO-status komt te vervallen door het outsourcen van bepaalde activiteiten naar naastgelegen bedrijven.

6. Extra aandacht voor geïntegreerde fabrieken die onder verschillende bedrijven vallen

Clusterbedrijven kunnen een hoge mate van verbondenheid en onderlinge afhankelijkheid vertonen. Bij geïntegreerde bedrijven is het van belang dat adequate veiligheidsmaatregelen worden genomen om mogelijke keteneffecten te voorkomen en eventuele effecten van ketenscenario's te mitigeren. Als bedrijven worden ontworpen met een integratie in gedachte, is hier op voorhand meestal goed over nagedacht. Bij dergelijke bedrijven zijn de interfaces duidelijk in beeld en zijn er storingsanalyses aanwezig (wat is de impact van een storing in een bedrijf op een ander afhankelijk bedrijf). Dit kan echter anders zijn als een fabriek is ontworpen als één bedrijf, en er na verloop van tijd wordt beslist om een deel van een fabriek of een hele installatie af te splitsen of te outsourcen naar een ander bedrijf. Deze fabrieken zijn hier niet specifiek voor ontworpen waardoor extra veiligheidsmaatregelen noodzakelijk zijn. Zo moeten er onder meer duidelijke afspraken gemaakt worden over verantwoordelijkheden voor bijvoorbeeld onderhoud van bepaalde delen. Bij overdracht naar een nieuwe eigenaar is het ook van belang dat er strenge eisen gesteld worden aan de overdracht, waarbij onder andere de veiligheidskritische informatie up-to-date moet zijn. Bij geïntegreerde fabrieken die onder verschillende bedrijven vallen, is het belangrijk om er niet van uit te gaan dat, als de individuele bedrijven veilig opereren, ook het geheel van geïntegreerde bedrijven optimaal veilig draait.

7. Stimuleren van samenwerking en kennisdeling binnen clusters

Samenwerking tussen (petro)chemische bedrijven, zoals het delen van middelen en deskundigheid, kan niet enkel tot een kostenbesparing leiden, maar ook tot een hogere kwaliteit en professionalisering waardoor de veiligheid verhoogd kan worden. Ook door kennisdeling en inzetten op *peer pressure* kan men elkaar samen op een hoger veiligheidsniveau brengen. Er zijn verschillende aspecten die de samenwerking tussen verschillende (al dan niet geclusterde) bedrijven kunnen beïnvloeden. Het gaat hier onder meer over de invloed van ondersteunende organisaties, zoals de VNCI en de regionale veiligheidsnetwerken, de invloed van ondersteunende wet- en regelgeving (die voornamelijk focust op een individuele benadering van bedrijven), de impact van de eventuele moedermaatschappij, en de impact van gelijkaardige processen en producten binnen verschillende bedrijven.

In een cluster is veiligheidswinst mogelijk indien de bedrijven niet opereren als losstaande bedrijven. Er zijn echter heel wat aspecten die deze samenwerking en kennisdeling kunnen beïnvloeden. Uit het onderzoek blijkt dat extra stimulansen nodig kunnen zijn voor clusters met een of meer van onderstaande kenmerken:

- Clusters die niet uit één bedrijf gegroeid zijn
- Clusters waarbinnen de bedrijven in mindere mate verbonden en van elkaar afhankelijk zijn
- Clusters die niet binnen een duidelijk afgebakend chemieterrein vallen en waarvan de geografische spreiding groter is. Zo bepaalt de afbakening van een chemieterrein vaak tot hoever de samenwerking reikt.

- Clusters met bedrijven met grote *verschillen* op het vlak van processen of gebruikte gevaarlijke stoffen (hier is de mogelijke veiligheidswinst vaak minder duidelijk)
- Clusters met bedrijven met grote *gelijkenissen* op het vlak van processen of gebruikte gevaarlijke stoffen (hier kunnen de bedrijven elkaar als mogelijke concurrenten zien)
- Aanwezigheid van bepaalde samenwerkingsverbanden die men juridisch niet afdwingbaar kan maken, maar die wel een mogelijke impact kunnen hebben op de veiligheid van de omliggende bedrijven (bijvoorbeeld aansluiting bij de gezamenlijke bedrijfsbrandweer)
- Aanwezigheid van bepaalde samenwerkingsverbanden binnen een cluster waarvan de mogelijke baten op het eerste zicht niet opwegen tegen de kosten
- Clusters met bedrijven die hun volledige autonomie willen behouden (bijvoorbeeld onder invloed van de moedermaatschappij)
- Clusters met bedrijven die (grote) verschillen vertonen op het vlak van belangen en veiligheidsvisies

8. Stimuleren van samenwerking en kennisdeling <u>tussen</u> clusters

Samenwerking en kennisuitwisseling *tussen* clusters vindt in beperkte mate plaats. Toch kan uitwisseling tussen clusters een toegevoegde waarde opleveren op het vlak van veiligheid (ook al wordt er *binnen* een cluster reeds met verschillende bedrijven samengewerkt en kennis gedeeld). Samenwerking tussen clusters levert immers een kritische reflectie op van buitenaf, en kan andere inzichten opleveren op vlak van veiligheid (zo kan een 'tunnelvisie' binnen een cluster voorkomen worden). Als reden voor de beperkte samenwerking tussen clusters wordt onder meer aangehaald dat alle clusters sterk van elkaar verschillen, waardoor maatregelen binnen een bepaalde cluster moeilijk overdraagbaar zijn. De maatregelen hoeven echter geen blauwdruk te zijn. Mits aanpassingen zijn er altijd aspecten die overdraagbaar zijn.

9. Stimuleren van samenwerking en kennisdeling bij niet-geclusterde bedrijven

Niet enkel binnen clusters zijn samenwerkingsnetwerken van belang. Samenwerkingsnetwerken kunnen er ook voor zorgen dat de veiligheid van niet-geclusterde bedrijven op een hoger niveau wordt getild. De geografische nabijheid van bedrijven binnen een cluster maakt samenwerking en kennisdeling vaak makkelijker dan in vergelijking met bedrijven die geen buurbedrijven om zich heen hebben. Net daarom moet deze laatste groep bijkomend gestimuleerd worden om samenwerkingsverbanden aan te gaan. De regionale veiligheidsnetwerken en andere bestaande veiligheidsplatforms op branche- en sectorniveau vervullen op dit vlak reeds een belangrijke rol.

10. Aandacht voor domino-effecten én escalatie-effecten

Het is niet enkel belangrijk om te focussen op domino-effecten, waarbij een ongevalsscenario in één bedrijf, een ongevalsscenario veroorzaakt in een ander bedrijf. Ook is het belangrijk om aandacht te hebben voor escalatie-effecten, waarbij een ongevalsscenario in één bedrijf, een ongevalsscenario veroorzaakt in hetzelfde bedrijf. De praktijk leert dat voornamelijk interne escalatie-effecten plaatsvinden, en in mindere mate externe domino-effecten. Het belang van aandacht voor escalatie-effecten geldt zowel voor (petro)chemische bedrijven die deel uitmaken van een cluster, als voor

losstaande (petro)chemische bedrijven. Bijkomend geldt voor clusterbedrijven dat het nodig is om te kijken naar omliggende bedrijven die eventuele escalatie-effecten binnen het eigen bedrijf kunnen initiëren. Ook is het belangrijk om in dit kader extra aandacht te hebben voor inrichtingen waaronder verschillende BRZO-bedrijven, ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering, vallen. Volgens de wetgeving zijn domino-effecten binnen eenzelfde inrichting immers niet mogelijk. De praktijk is echter anders. Dit kan ondervangen worden door eventuele 'escalatie-aanwijzingen' in kaart te brengen.

11. ***Bevorderen van regionale en landelijke initiatieven rond standaardisatie en uniformiteit op vlak van procesveiligheid***

Standaardisatie en uniformiteit op het vlak van veiligheid (veiligheidsregels, veiligheidscommunicatie, risicoanalyses, beheersmaatregelen, enzovoort) kan ervoor zorgen dat ongevalsscenario's zowel aan de rechterkant als aan de linkerkant beïnvloed worden. Zo kan uniformiteit ervoor zorgen dat veiligheid overzichtelijker en minder complex wordt, dat er een bepaald kwaliteitsniveau wordt behaald, en dat er een duidelijk verwachtingspatroon wordt gecreëerd. In de praktijk zijn verschillende voorbeelden terug te vinden van standaardisatie en uniformiteit. Bovendien is er voornamelijk op het vlak van arbeidsveiligheid standaardisatie vast te stellen, en minder op het vlak van procesveiligheid. Ook manifesteren de meeste initiatieven rond standaardisatie zich aan de rechterkant van de bow-tie (reactief) en op operationeel vlak. Verder is uniformiteit voornamelijk vast te stellen binnen relatief kleine en duidelijk afgebakende chemieterreinen. Initiatieven rond standaardisatie en uniformiteit zouden meer proactief gericht moeten zijn, meer moeten focussen op procesveiligheid, en zouden meer regionaal (binnen bredere geografische gebieden) en landelijk bevorderd moeten worden. Het belang van deze standaardisatie en uniformiteit op vlak van veiligheid geldt zowel voor geclusterde als voor niet-geclusterde bedrijven.

12. ***Nood aan blijvende awareness voor security (anti-terreur)***

Binnen de (petro)chemische industrie worden reeds verschillende initiatieven genomen op vlak van security. Niet alleen de bedrijven, maar ook de BRZO+ toezichthouders geven echter aan in mindere mate vertrouwd te zijn met het security onderwerp. Er is nood aan een blijvende awareness voor security, en meer integratie tussen safety en security, zowel binnen clusters als losstaande (petro)chemische bedrijven. Wegens de schaalgrootte die clusters met zich meebrengen is verhoogde aandacht voor dit topic binnen geclusterde (petro)chemische bedrijven nodig. Belangrijk is dat er niet enkel gefocust wordt op aspecten zoals camerabewaking, hekwerk en toegangscontrole, maar ook op hoger niveau, zoals het uitvoeren van (gezamenlijke) dreigingsanalyses.

***

Referenties

- Abdolhamidzadeh, B., Abbasi, T., Rashtchian, D., Abbasi, S.A. (2011) Domino effect in process-industry accidents - An inventory of past events and identification of some patterns. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24: 575-593.
- Aitai, Z., Lingpeng, F. (2017) A new insight into the accident investigation: A case study of Tianjin port fire and explosion in China. Process Safety Progress, 36(4): 362-367.
- Analistennetwerk Nationale Veiligheid (2016) Nationaal Veiligheidsprofiel 2016 – Een All Hazard overzicht van potentiële rampen en dreigingen die onze samenleving kunnen ontwrichten. RIVM, Bilthoven.
- Argenti, F., Landucci, G., Spadoni, G., Cozzani, V. (2015). The assessment of the attractiveness of process facilities to terrorist attacks. Safety Science, 77: 169-181.
- Buncefield Major Incident Investigation Board (2008) The Buncefield Incident 11 December 2005: The final report of the Major Incident Investigation Board Volume 1. HSE Books. www.buncefieldinvestigation.gov.uk.
- Casson Moreno, V., Reniers, G., Salzano, E., Cozzani, V. (2018) Analysis of physical and cyber security-related Events in the chemical and process industry. Process Safety and Environment Protection, 116: 621-631.
- Centre for Chemical Process Safety CCPS (2000) Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, second ed., AIChE, New York.
- Chakrabarti, U.K., Parikh, J. (2009) Capacity Building for Hazmat Transport Emergency Preparedness: 'Hotspot Impact Zone' Mapping from Flammable and Toxic Releases. International Journal of Transport and Vehicle Engineering, 3(6): 163-171.
- Control of Major Accident Hazards (2011) Buncefield: Why did it happen? The underlying causes of the explosion and fire at the Buncefield oil storage depot, Hemel Hempstead, Hertfordshire on 11 December 2005. http://www.hse.gov.uk/comah/buncefield/buncefield-report.pdf.
- Cozzani, V., Tugnoli, A., Salzano, E. (2007) Prevention of domino effects: From active and passive strategies to inherent safer design. Journal of Hazardous Materials, A139: 209-219.
- U.S. Chemical Safety And Hazard Investigation Board (2017) Investigation Report Refinery explosion and fire Report No. 2005-04-I-TX.
- U.S. Chemical Safety And Hazard Investigation Board (2011) Investigation Report E.I. DuPont de Nemours & Co., Inc., Belle, West Virginia. Report No. 2010-6-I-WV.
- U.S. Chemical Safety And Hazard Investigation Board (2016) Case Study Williams Geismar Olefins Plant. No. 2013-03-I-LA.
- European Commission (2014) Chemical Accident Prevention & Preparedness, Major accidents involving fertilizers. Lessons Learned Bulletin No. 5 (JRC91057).
- Federal Motor Carrier Safety Administration (2001) Comparative risks of hazardous materials and non-hazardous materials truck shipment accidents/incidents. https://www.hsdl.org/?abstract&did=233019.

- Hosseinnia, B., Khakzad, N., Reniers, G. (2018). An emergency response decision matrix against terrorist attacks with improvised device in chemical clusters. International Journal of Safety and Security Engineering, 8(2): 187-199.
- International Labour Office (1988) Major Hazard Control – A practical manual. International Labour Office, Geneva.
- IMPEL, French Ministry for Sustainable Development, DGPR / SRT / BARPI, Magistrat der Landeshauptstadt Linz (2009) Explosions in a pharmaceutical plant, 13/08/2003 and 09/08/2004, Linz, Austria. No. 25337 / 35822.
- Khan, F.I., Abbasi, S.A. (1999) The World's Worst Industrial Accident of the 1990s. Process Safety Progress, 18(3): 135-145.
- Khan, F. (2001) Use maximum-credible accident scenarios for realistic and reliable risk assessment. CEP Magazine November 2001: 56-64.
- Lees, F. (1996) Loss Prevention in the Process Industries, second ed., Butterworth-Heinemann, Oxford, UK.
- Lozano, A., Muñoz, A., Antúna, J.P., Granadosa, F., Guarnerosa, L. (2010) Analysis of hazmat transportation accidents in congested urban areas, based on actual accidents in Mexico. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2: 6053-6064.
- Meyer, T., Reniers, G. (2013) Engineering risk management, second ed., De Gruyter.
- Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid (2014) Handreiking terrorismebestrijding voor bedrijven. Den Haag.
- Oggero, A., Darbra, R.M., Munoz, M., Planas, E., Casal, J. (2006) A survey of accidents occurring during the transport of hazardous substances by road and rail. Journal of Hazardous Materials, A133: 1-7.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid (2012) Brand bij Chemie-Pack te Moerdijk 5 januari 2011. Den Haag.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid (2014) Explosie ethanolmengsel vacuümbandfilter bij CP Kelco te Nijmegen. Den Haag.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid (2015) Explosies MSPO2 Shell Moerdijk 3 juni 2014. Den Haag.
- Onderzoeksraad voor Veiligheid (2018) Chemie in samenwerking. Veiligheid op het industriecomplex Chemelot. Den Haag.
- Pietersen, C. (2014) The two largest industrial disasters in history with hazardous material. The investigations, facts and lessons for process safety. KW Publishers Pvt Ltd, New Delhi.
- Ramírez-Camachoa, J.G., Pastora, E., Casala, J., Amaya-Gómez, R., Munoz-Giraldo, F. (2015) Analysis of domino effect in pipelines. Journal of Hazardous Materials, 298: 210-220.
- Reniers, G., Dullaert, W., Ale, B., Soudan, K. (2005) The use of current risk analysis tools evaluated towards preventing external domino accidents. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 18: 119-126.
- Reniers, G. (2009) Multi-Plant Safety and Security Management in the Chemical and Process Industries. Wiley.

- Reniers, G., Cozzani, V. (2013) Domino-effects in the process industries. Modelling, prevention and managing. Elsevier.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2003) Instrument Domino-Effecten. RIVM, Bilthoven.
- Rodante, TV. (2003) Analysis of an LPG Explosion and Fire. Process Safety Progress, 22(3): 174-181.
- Salzano, E., Cozzani, V. (2012) Introducing external hazard factors in quantitative risk analysis. Revista de Ingeniería, Universidad de los Andes. Bogotá D.C., p. 50-56.
- Swuste, P., van Gulijk, C., Groeneweg, J., Zwaard, W., Lemkowitz, S. (2017a) Risico- en veiligheidsmanagement in high-tech-high-hazard sectoren, van Clapham Junction tot Macondo, Deepwater Horizon: een overzicht van Engels- en Nederlandstalige literatuur. Deel 4: de periode 1988-2010 – de industriële high-tech-high-hazard sectoren. Tijdschrift voor Toegepaste Arbowetenschap, 30(3): 78-120.
- Swuste, P., Reniers, G. (2017b) Werken de Seveso-richtlijnen? Geschiedenis en kwaliteit van de Europese Seveso-wetgeving in België en Nederland. Tijdschrift voor Toegepaste Arbowetenschap, 30(2): 39-52.
- Swuste, P., van Nunen, K., Reniers, G. (2018) Domino-effecten bij chemische bedrijven en clusters, een literatuuroverzicht van de kennisontwikkeling. Tijdschrift voor toegepaste Arbowetenschap, 31(4): 131-147.
- Swuste, P., van Nunen, K., Reniers, G., Khakzad, N. (2019) Domino-effects in chemical factories and clusters: An historical perspective and discussion. Process Safety and Environmental Protection, https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.01.015.
- Tomasoni, A.M., Garbolino, E., Rovatti, M., Sacile, R. (2010) Risk evaluation of real-time accident scenarios in the transport of hazardous material on road. Management of Environmental Quality: An International Journal, 21(5): 695-711.
- Török, Z., Ajtai, N., Turcu, A-T., Ozunu, A. (2011) Comparative consequence analysis of the BLEVE phenomena in the context on Land Use Planning; Case study: The Feyzin accident. Process Safety and Environmental Protection, 89: 1-7.
- van Nunen, K., Sas, M., Reniers, G., Vierendeels, G., Ponnet, W., Hardyns, W. (2018) An integrative conceptual framework for physical security culture in organisations. Journal of Integrated Security Science, 2(1): p. 25-32.
- Zhou, Z.H., Chen, G.H. (2015) Challenges to Risk Management of Underground Transmission Hazardous Material Pipelines in China. Procedia Engineering, 130: 1503-1513.

Bijlage 1. Overzicht van de geïnterviewde personen

Interviews met experten verbonden aan een (petro)chemische cluster		
Naam	**Functie**	**Cluster**
Robert Claasen	Executive Director Chemelot	Chemelot
Jean Lardinois	Officer Safety & Labor, Sitech Services BV	Chemelot
Torsten Riedel	Site Manager, Vynova	Chemelot
Hans Leppink	Manager Business Unit Fire Brigade & Security, Sitech Services BV	Chemelot
Jos van der Varst	SHE officer, Vynova	Chemelot
Rob Reinartz	Plant Manager, AnQore	Chemelot
Sjef Jongen	Senior Manager Projects site Geleen, SABIC	Chemelot
Denise Bakker	BU Manager Environmental Permitting, Sitech Services BV	Chemelot
Fred Vroomen	Program Manager Chemelot Site Management	Chemelot
Peter Schmitz	HSE Manager, OCI Nitrogen	Chemelot
Jos Weijers	Senior Security Advice & Investigation, Sitech Services BV	Chemelot
Hans Hendrix	Staffunctionaris Fire Brigade BU Fire Brigade & Security, Sitech Services BV	Chemelot
Rob Smeets	Performance engineer Risicobeheersing & Incidentbestrijding, Sitech Services BV	Chemelot
Jan Starmans	Senior Preparatie Bedrijfsbrandweer, Emergency response Bedrijfsnoodorganisatie, Sitech Services BV	Chemelot
Ludmilla Kobes	Directeur Regionale Uitvoeringsdienst Zuid-Limburg	Chemelot
Roelien Wagenaar	QHSE Manager, BioMCN Delfzijl	Delfzijl
Kim Boersema	QHSE Officer, BioMCN Delfzijl	Delfzijl
Geert-Jan Reinders	Stafmedewerker Havenmeester, Groningen Seaports (havenbedrijf)	Delfzijl
Yvette Oostelbos	Beleidsmedewerker ruimte & milieu, adviseur externe veiligheid, Groningen Seaports (havenbedrijf)	Delfzijl
Franz Lenselink	Strategisch Beleidsadviseur & Coördinator Ruimtelijke Ordening / Fysieke Veiligheid Gemeente Delfzijl, Programmacoördinator Veiligheid Oosterhorn	Delfzijl
Frans Alting	Directeur Samenwerkende bedrijven Eemsdelta	Delfzijl
Kerstin Probst	Adviseur externe veiligheid, Omgevingsdienst Groningen	Delfzijl
Bert Oeseburg	Coördinator Toezicht en Handhaving BRZO Noord Nederland, Omgevingsdienst Groningen	Delfzijl
Siske Klaassens	Commandant brandweer cluster Eemsdelta, Veiligheidsregio Groningen	Delfzijl
Piet Tolsma	Teamleider specialistisch advies, Veiligheidsregio Groningen	Delfzijl
Fester Oosterhuis	HSE manager, Nouryon	Delfzijl
Marit Hooijboer	Projectleider milieu, Havenbedrijf Amsterdam	Amsterdam
Wim Derksen	Adviseur externe veiligheid, Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied	Amsterdam
Jim Satter	Adviseur externe veiligheid, Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied	Amsterdam
Lars de Vrij	Projectmanager externe veiligheid en milieu, Havenbedrijf Amsterdam	Amsterdam
Cees Mars	Adviseur externe veiligheid, Afdeling Risicobeheersing, Veiligheidsregio Amsterdam-Amstelland	Amsterdam
Ferry El-Aaïdi	Adviseur Industriële & Externe Veiligheid, Veiligheidsregio Amsterdam-Amstelland	Amsterdam
Erwin de Bruin	Hoofd Industriële Veiligheid, Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond	Rotterdam
Alan Dirks	Program Manager Policy and Planning, Port of Rotterdam	Rotterdam
Ton Heemskerk	Director EHS, Hexion	Rotterdam
Wim Kooijman	Hoofd bureau Externe Veiligheid, DCMR Milieudienst Rijnmond	Rotterdam
Axel Pel	Department Manager Industrial Permits, DCMR Milieudienst Rijnmond	Rotterdam
Corry van Driel	Senior beleidsmedewerker Milieu/veiligheid, Provincie Zuid-Holland	Rotterdam
Alex de Roos	Beleidsmedewerker externe veiligheid, Provincie Zuid-Holland	Rotterdam

Leo Noordam	Beleidsmedewerker externe veiligheid, Provincie Zuid-Holland	Rotterdam
Nico Koolen	Strategisch Manager Moerdijk, Veiligheidsregio Midden- en West-Brabant, Cluster West	Moerdijk
Antoon Kleijne	Adviseur Risicobeheersing Industriële Veiligheid, Adviseur Gevaarlijke Stoffen, Brandweer Midden- en West-Brabant, Veiligheidsregio Midden- en West-Brabant	Moerdijk
Maiquel Nonnekes	Adviseur Industriële Veiligheid, Sector Risicobeheersing, Brandweer Midden- en West-Brabant, Veiligheidsregio Midden- en West-Brabant	Moerdijk
Metha de Heer	Medewerker risciobeheersing, Brandweer Midden- en West-Brabant, Veiligheidsregio Midden- en West-Brabant	Moerdijk
Tim Steffens	Programmamanager Veiligheid en Havenmeester, Havenbedrijf Moerdijk	Moerdijk
Kees Aarts	Specialist externe veiligheid, Omgevingsdienst Midden- en West-Brabant	Moerdijk
Anton Van Beek	Dow President and Chairman of the Board Benelux, Dow Area President Benelux, Nordic & UK	Terneuzen
Doug McKnight	Responsible Care Leader Benelux & Frankrijk, Dow Benelux	Terneuzen
Robert van den Boom	Responsible Care Leader (EHS), Trinseo Terneuzen	Terneuzen
Hans Klandermans	Process Safety Specialist & Seveso coordinator, Yara Sluiskil	Terneuzen
Dan de Bruijn	Specialist industriële veiligheid, Veiligheidsregio Zeeland	Terneuzen
Kees Douma	Specialist industriële veiligheid, Veiligheidsregio Zeeland	Terneuzen

Interviews met experten verbonden aan een losstaand chemisch bedrijf		
Naam	**Functie**	**Bedrijf**
Jos Dingemans	Manager Permit Foundations	Aspen Oss
Tim Weijers	EHS-expert	Aspen Oss
Sjoerd Visser	Site Director	BASF Heerenveen
Klaas Kramer	HSE manager	BASF Heerenveen
Thom van Eyck	SHE & security manager	DSM Delft
Roelant Rosman	HSE-QA Manager	Sachem
Jarno Kluijtmans	HSE-QA Coördinator	Sachem

Interviews met experten die niet zijn verbonden aan een cluster of een losstaand bedrijf	
Naam	**Functie**
Peter Bareman	Speerpuntmanager Veiligheid, Gezondheid en Milieu, VNCI (Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie)
Peter Kuijper	Adviseur Arbeids- en Procesveiligheid, VNPI (Vereniging Nederlandse Petroleum Industrie)
Reinette Kiès	Coördinerend senior adviseur veiligheid, milieu en handhaving, IPO (Interprovinciaal overleg)
Jaap Hoogcarspel	Voorzitter Roadmap (petro)chemische clusters, programma Duurzame Veiligheid 2030
Lucas Sluijs	Senior onderzoeker en projectleider, OVV (Onderzoeksraad voor Veiligheid)
Erwin Medendorp	Onderzoeksmanager, OVV (Onderzoeksraad voor Veiligheid)
Geert Bogaerts	Expert Process safety, Occupational Health and Safety, Essenscia (België)
Koen Desmet	Fire Captain, Brandweerzone Centrum (Oost-Vlaanderen, België)

Vanuit roadmap 4 van het programma Duurzame Veiligheid 2030 werd door volgende personen input gegeven voor het onderzoek: Jaap Hoogcarspel (voorzitter roadmap 4), Charles Tangerman (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat), Robert Claasen (Chemelot), Alan Dirks (Havenbedrijf Rotterdam), Peter Bareman (VNCI), Peter Kuijper (VNPI), Anne Schuurmans (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat), Erwin de Bruin (Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond), Ludmilla Kobes (Regionale uitvoeringsdienst Zuid-Limburg), Frank Kasel (Deltalinqs), Peter van Loo (Deltalinqs), Reinette Kiès (IPO), Nils Bosma (Shell), Arie-Jan Arbouw (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat) .

Bijlage 2. Functies respondenten vragenlijst inspectiediensten BRZO+

Inspectie SZW
1) Noord/Midden
2) Rijnmond/Zeeland
3) Limburg
Veiligheidsregio's
4) Friesland, Groningen en Drenthe (chemiecluster Delfzijl onder toezicht)
5) Limburg (chemiecluster Chemelot onder toezicht)
BRZO-Omgevingsdiensten
6) Regionale Uitvoeringsdienst Zuid-Limburg: BRZO-coördinator en een BRZO-inspecteur
7) Omgevingsdienst regio Nijmegen: BRZO-coördinator
8) Omgevingsdienst Midden- en West-Brabant: BRZO-inspecteur
9) Omgevingsdienst Groningen: BRZO-coördinator en een BRZO-inspecteur
10) Omgevingsdienst Zuid-Holland en Zeeland: vier BRZO-inspecteurs van de DCMR Milieudienst Rijnmond
11) Waterkwaliteitsbeheerders