TU Delft

Delft University of Technology

# (Petro) chemische clusters en veiligheid

van Nunen, K.L.L.; Swuste, Paul; Reniers, Genserik

**Publication date**
2020

**Document Version**
Final published version

**Published in**
Tijdschrift voor Toegepaste Arbowetenschap

**Citation (APA)**
van Nunen, K. L. L., Swuste, P., & Reniers, G. (2020). (Petro) chemische clusters en veiligheid. *Tijdschrift voor Toegepaste Arbowetenschap*, *33*(1), 3-20.

**Important note**
To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

**Copyright**
Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**
Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*This work is downloaded from Delft University of Technology.*
*For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.*

# Full paper

## (Petro)chemische clusters en veiligheid

*Karolien van Nunen[1,2,3] Paul Swuste[1] Genserik Reniers[1,3]*

**Samenvatting**

Het programma Duurzame Veiligheid 2030 omvat verschillende initiatieven voor een nog veiligere (petro)chemische sector in Nederland. Eén van de onderdelen van dit programma heeft als doel de veiligheid in bestaande (petro)chemische clusters duurzaam en significant te verbeteren. Dit onderzoek is daar onderdeel van, en is een verkennende studie naar parameters die de veiligheid van (petro)chemische clusters en losstaande (petro) chemische bedrijven beïnvloeden. Op basis van inzicht in deze parameters kan er meer gericht ingezet worden (o.a. door overheden en bedrijven) om de veiligheid te verbeteren in zowel clusters als losstaande bedrijven. Het stimuleren van samenwerking en kennisdeling is een belangrijke parameter, zowel binnen clusters als tussen clusters, en bij niet-geclusterde bedrijven. Extra aandacht is nodig wat betreft informatie-uitwisseling over ongevalsscenario's tussen naburige (petro)chemische bedrijven met en zonder domino-aanwijzing. Een meer proactieve en strategische samenwerking binnen clusters kan veiligheidswinst opleveren. Het inrichten van een overkoepelend clusterorgaan kan hiertoe bijdragen.

Verder is het belangrijk dat een clusterbeleid verder gaat dan ruimtelijke ordening en externe veiligheid, en dat ook bijvoorbeeld toezicht en handhaving wordt ingericht vanuit deze clusterbenadering. Er dient aandacht te zijn voor zowel domino-effecten als escalatie-effecten. Ook geïntegreerde fabrieken die onder verschillende bedrijven vallen vragen een aangepaste benadering om de veiligheid te optimaliseren. Tot slot lijkt het nodig om regionale en landelijke initiatieven rond standaardisatie en uniformiteit op vlak van procesveiligheid te bevorderen, en dringt de nood aan blijvende awareness voor fysieke security (met namen anti-terreur) zich op.

**Abstract**

The Dutch Sustainable Safety 2030 program includes various initiatives for a safer (petro)chemical sector in the Netherlands. One of the items of this program aims to improve safety in existing (petro)chemical clusters sustainably and significantly. This research, with an exploratory design, investigates parameters influencing safety of (petro)chemical clusters and stand-alone (petro) chemical plants. Insight into these parameters can lead to targeted initiatives (e.g. by government and companies) to improve safety in both clustered plants and stand-alone plants. Stimulating cooperation and sharing of knowledge is an important parameter, both in clusters as between clusters, and with non-clustered plants. Information exchange on accident scenarios between adjacent (petro) chemical plants with and without domino-designation requires extra attention. A more proactive and strategic cooperation in clustered sites can lead to safety improvements. An overarching cluster-body can contribute to this. Furthermore, it is important that cluster policies go further than spatial planning and external safety, and that also for instance inspections are being shaped based on this cluster approach. Attention is needed for both domino- and escalation-effects. Integrated plants falling under the management of different companies require an adjusted approach to optimise safety. Finally, it seems necessary to promote regional and national initiatives on standardization and uniformity in the field of process safety, and arises the need for permanent awareness for physical security (anti-terrorism in particular).

### Introductie

In 2016 werd het programma Duurzame Veiligheid 2030 (DV2030) opgestart door een gezamenlijke actie van industrie, wetenschap en overheid om de veiligheid in de (petro)chemische industrie te maximaliseren (https://dv2030.nl/). Eén van de onderdelen (roadmaps) van dit programma heeft als doel de veiligheid in bestaande (petro)chemische clusters duurzaam en significant te verbeteren.

Voor het concept '(petro)chemische cluster' wordt in dit onderzoek de volgende definitie gehanteerd:

> *'Een (petro)chemische cluster is een geografisch afgebakend 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 proces-gerelateerd incident (brand, explosie, toxische wolk). De samenwerking tussen*

*[1] Sectie Safety and Security Science, Technische Universiteit Delft, Nederland*
*[2] Leerstoel Vandeputte, Universiteit Antwerpen, België*
*[3] Antwerp Research Group on Safety and Security (ARGoSS), Universiteit Antwerpen, België*

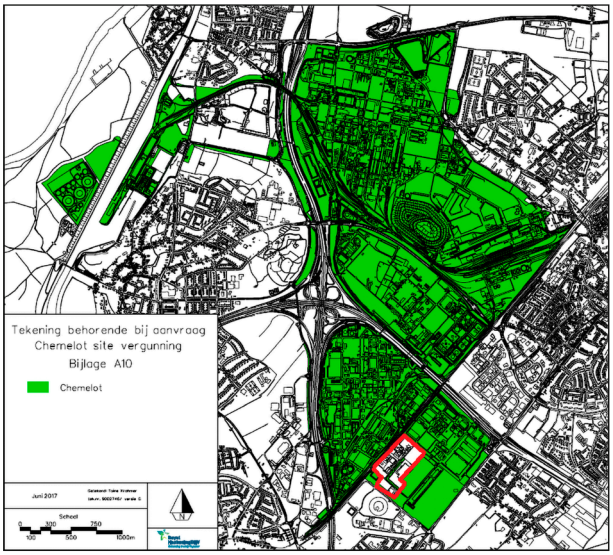
*de bedrijven kan variëren van niet of zeer licht georganiseerd tot intensief georganiseerd.'*

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.

Uitgaande van de vooropgestelde 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).

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 – 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.

Een dergelijke koepelvergunning wordt gebruikt op het Chemelot terrein. Op het Chemelot terrein (zie figuur 1) zijn verschillende bedrijven ('site-users') gevestigd die alle 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.

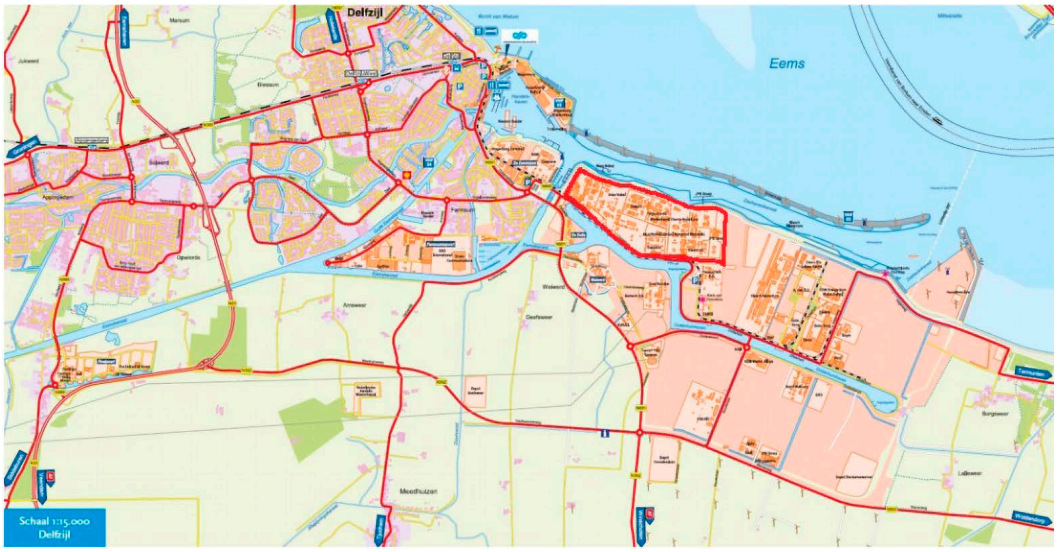



*Figuur 1 Groen gebied: de inrichting Chemelot – Rode kader: de inrichtingen Cedo Recycling, Celanese Emulsion BV en Nouryon*

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 1). In dit onderzoek worden deze bedrijven beschouwd als behorende tot de cluster omwille van de geografische nabijheid.

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 2). 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.

(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 concurren-




*Figuur 2 Oranje gebied: de chemiecluster Delfzijl-Eemshaven – Rode kader: Chemie Park Delfzijl*

tiekracht – 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 zich op allerhande vlakken manifesteren: letsel aan personen, schade aan gebouwen en het milieu, maar ook bijvoorbeeld economisch verlies door het stilvallen van een productieproces. Het verlies kan zowel niet-intentioneel veroorzaakt worden (safety/veiligheid) als opzettelijk of intentioneel (bijvoorbeeld door sabotage of terrorisme) (security/beveiliging). 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.

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 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?*

Deze vraagstelling is onderverdeeld in de volgende deelvragen:

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?

In dit onderzoek bekijken we een samentrekking van *worst-case* ongevalsscenario's en *most-credible* ongevalsscenario's, namelijk *worst-credible* ongevalsscenario's. Dit zijn scenario's met enerzijds een geloofwaardige waarschijnlijkheid, en anderzijds een ernstig of zeer ernstig gevolg[4].

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

[4] *Voor het bepalen van de waarschijnlijkheid en impact is gekeken naar het Nationaal Veiligheidsprofiel (2016). Een geloofwaardige waarschijnlijkheid komt neer op klasse C, D en E zoals omschreven in het Nationaal Veiligheidsprofiel, wat respectievelijk neerkomt op mogelijk (0,5-5%), waarschijnlijk (5-50%) en zeer waarschijnlijk (>50%). Een ernstig of zeer ernstig gevolg komt neer op klasse C en D zoals omschreven in het Nationaal Veiligheidsprofiel, wat – als naar het voorbeeld criterium aantal doden wordt gekeken – neerkomt op respectievelijk 100-1000 doden en 1000-10.000 doden.*

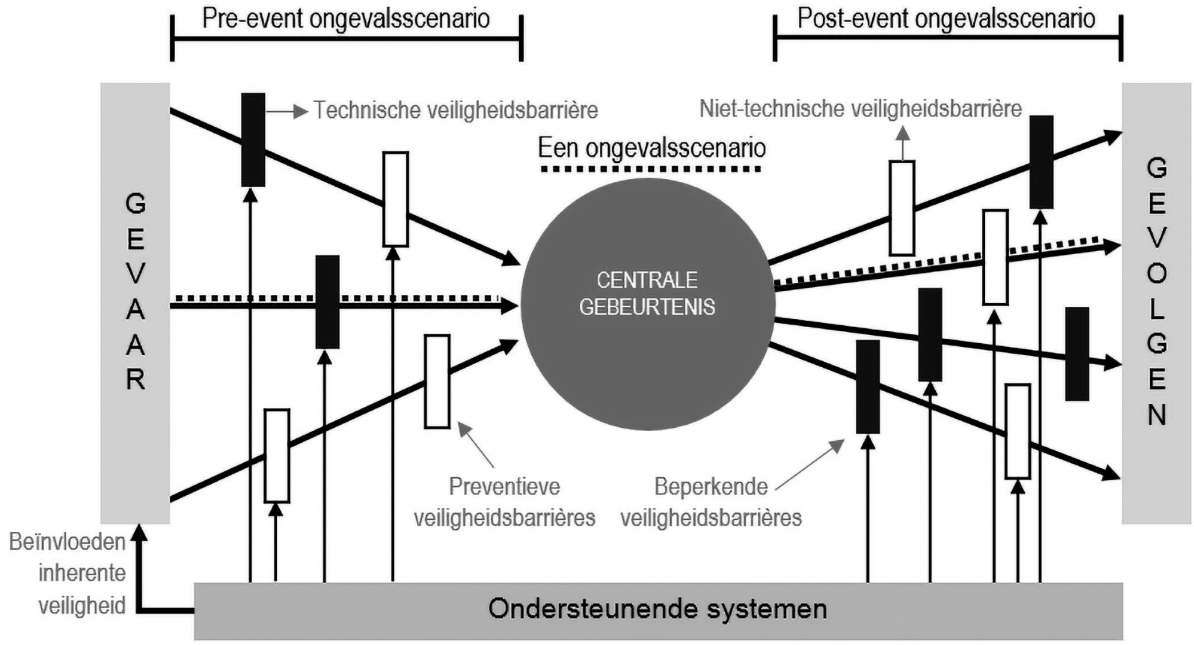
geïdentificeerd en geïnventariseerd op kwalitatieve wijze. Het valt niet binnen de scope van het onderzoek om na te gaan of een (petro)chemische cluster veiliger of onveiliger is dan een losstaand (petro)chemisch bedrijf. Wat in deze studie niet aan bod komt is hoe de veiligheidsparameters zich tot elkaar 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.

## Methoden en technieken

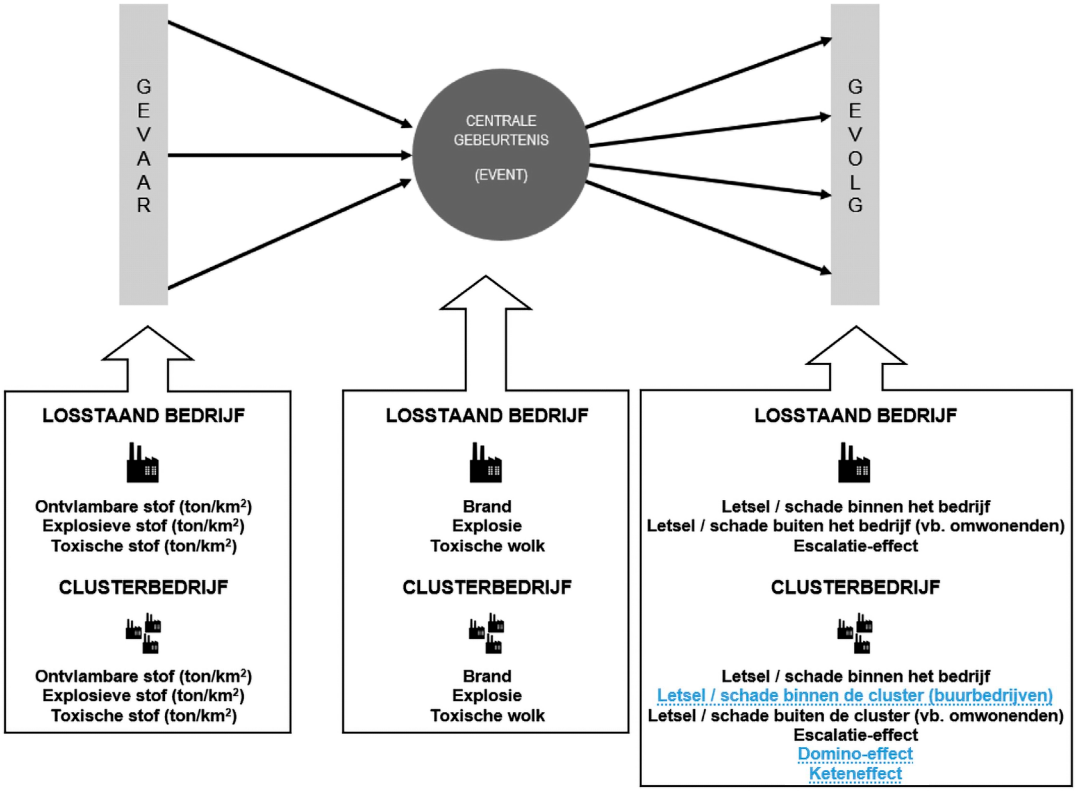
Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen worden verschillende onderzoeksmethoden gebruikt:

1) ***Literatuuronderzoek.*** Web of Science is doorzocht met de zoektermen: industrial park, chemical park, industrial area, chemical area, chemical cluster, multiplant AND safety, security, accident scenario's, domino effects. De grijze literatuur is geraadpleegd, waaronder onderzoeksrapporten en beschikbare overheidsdocumenten zoals de inventarisatie van best practices, uitgevoerd in 2017 door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
2) ***Interviews.*** 67 semi-gestructureerde interviews zijn gevoerd in drie groepen van actoren om ongevalsscenario's en veiligheidsparameters in kaart te brengen:
   a. Interviews met actoren die niet zijn verbonden aan een cluster of een losstaand bedrijf (n=8)
   b. Interviews met actoren verbonden aan (petro) chemische clusters (n=52)
   c. Interviews met actoren verbonden aan een losstaand (petro)chemisch bedrijf (n=7)
3) ***Document- en data-analyse.*** Informatie uit bedrijfsdocumenten en bedrijfsdata van betrokken bedrijven zijn geraadpleegd en, in overleg met de geïnterviewden en na goedkeuring van het bedrijf, gebruikt voor de analyse.
4) ***Vragenlijst inspectiediensten BRZO+.*** Een vragenlijst is 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. In totaal werden elf vragenlijsten ingevuld. Vaak vulden verschillende personen samen de vragenlijst in.

Om de hoofd- en deelonderzoeksvragen te beantwoorden wordt er gebruik gemaakt van het **vlinderdasmodel** of de **bow-tie** (figuur 3). Een bow-tie illustreert een ongevalsproces dat start met een gevaarsoorzaak of -oorzaken (falen) 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 diverse mogelijke fysische effecten die gevolgen teweegbrengen 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).




*Figuur 3 Het vlinderdasmodel of bow-tie*




*Figuur 4 Worst-credible ongevalsscenario's binnen losstaande en geclusterde bedrijven*

## Resultaten

*Worst-credible ongevalsscenario's*

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 4).

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 bovendien geloofwaardig dat er gelijktijdig meerdere centrale gebeurtenissen plaatsvinden. 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.

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.

*Escalatie-effecten en domino-effecten*

De laatste twee decennia is vanuit de wetenschappelijke literatuur steeds meer aandacht voor domino-effecten (Swuste et al., 2018, 2019). In de literatuur worden ver-

schillende definities gebruikt voor het domino fenomeen (Reniers, 2009; Abdolhamidzadeh et al., 2011; Swuste et al., 2019). 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'.

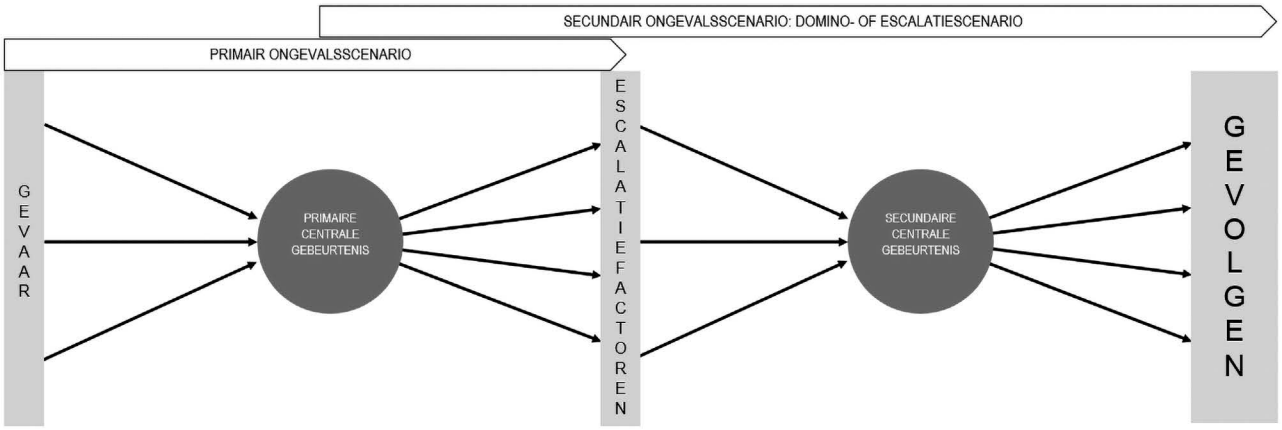
Zoals blijkt uit bovenstaande definitie wordt in de wetenschappelijke literatuur gesproken over domino-effecten als er sprake is van escalatie, of met andere woorden een ongevalsscenario dat aanleiding geeft tot een volgend ongevalsscenario, ongeacht of deze escalatie plaatsvindt in hetzelfde bedrijf. 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 5). 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. Vervolgens vindt de propagatie plaats. Het primair ongevalsscenario heeft geleid tot escalatiefactoren (overdracht mechanismen en fysische effecten)




*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 5 Een enkel domino- of escalatie-effect*

*Tabel 1 Voorbeelden 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 |
| 1974, UK Flixborough | Nee | Explosie | N.v.t. | Ja (explosies) | Ook off-site (schade aan bebouwing) | 28 | 36 |
| 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 | 2 |
| 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 |
| 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, 2011; CSB, 2016; Darbra et al., 2010; 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*

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 5 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.

Op basis van de literatuur en ongevalsonderzoeken werd een overzicht opgesteld van enkele internationale zware ongevallen (tabel 1). 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 1 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 1 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.

*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. 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 2 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 2 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 6 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. 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 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

*Figuur 6 Verbindingen tussen de bedrijven op het Chemie Park Delfzijl*

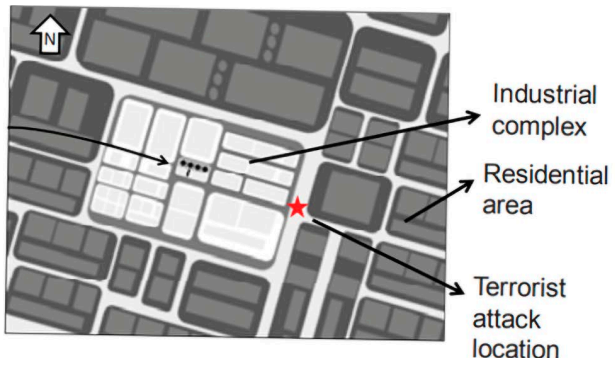
fabrieken). Dit is anders bij bijvoorbeeld de uitbraak van een brand, waarbij men onmiddellijk moet handelen. Om keteneffecten te voorkomen, of de verdere ontwikkeling ervan te beperken, is de organisatie van een efficiënte centrale noodorganisatie essentieel.

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.

*Security-incidenten als worst-credible ongevalsscenario*

Uit het veldwerk en de literatuur (Argenti et al., 2015; Hosseinnia et al., 2018; Salzano et al., 2012) komen op enkele algemene aspecten waardoor de (petro)chemische sector aantrekkelijk wordt als security doelwit:

- De schaalgrootte kan een rol spelen, zowel voor geclusterde als losstaande (petro)chemische bedrijven. De mogelijkheid van een domino- of een escalatie-effect kan een trigger zijn voor het kiezen van het doelwit.
- De afstand tot de bebouwing (figuur 7), om niet enkel de industrie, maar ook de bewoning te treffen, kan een bepalende factor zijn. Toegankelijkheid en de mate van beveiliging heeft een invloed voor geclusterde en losstaande (petro)chemische bedrijven.
- Toegankelijkheid en de mate van beveiliging is een aspect dat een invloed kan hebben, zowel voor geclusterde als losstaande (petro)chemische bedrijven.




*Figuur 7 Afstand tot bebouwing als trigger voor de keuze van een security doelwit (Salzano et al., 2012)*

- 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.

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 wat betreft 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.

Er 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 wat betreft 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.

*Beïnvloedende veiligheidsparameters in clusterbedrijven en losstaande bedrijven*

Bepaalde parameters kunnen het verloop van de worst-credible ongevalsscenario's beïnvloeden. Met beïnvloeden wordt bedoeld in welke mate een ongewenste gebeurtenis (brand, explosie, toxische wolk) voorkomen kan worden en/of 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 hier 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 wat betreft 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 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.

***Standaardisatie en uniformiteit***

Standaardisatie en uniformiteit 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 inzake veiligheid zorgen bovendien voor een toegenomen complexiteit wat betreft controle op het naleven van gemaakte afspraken. Het belang van deze standaardisatie en uniformiteit van veiligheid geldt zowel voor geclusterde als voor niet-geclusterde bedrijven. Binnen clusters is bijkomend standaardisatie nodig in het vaststellen van relevante dominoscenario's (en hun waarschijnlijkheid en potentiële gevolgen).

Er kan vastgesteld worden dat er inzake standaardisatie en uniformiteit nog verbetering mogelijk is:

- Vooral wat betreft 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. Wat betreft 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.

***(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.

***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 wat betreft 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.

***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 over (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:
- Toenemende 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.

***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. Er kan geconcludeerd worden dat voldoen aan wet- en regelgeving kan fungeren als veiligheidsparameter om ongevalsscenario's te beïnvloeden, maar dat wel enkele belangrijke tekortkomingen erkend en ondervangen moeten worden.

a) 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. 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.
b) 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).
   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.

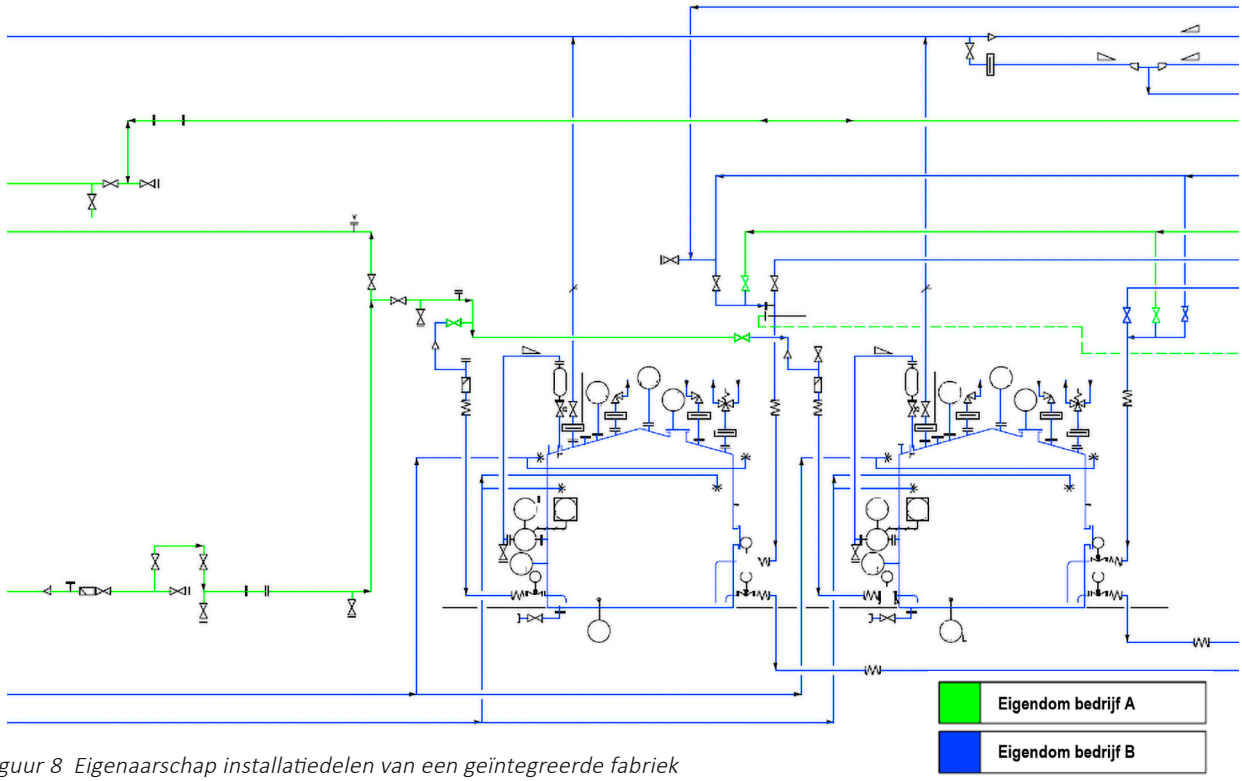
***Veiligheidsmaatregelen bij geïntegreerde bedrijven***

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 continuiteitsplan 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 (verkoop) 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 8).

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




*Figuur 8 Eigenaarschap installatiedelen van een geïntegreerde fabriek*

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.

## Discussie en conclusie

Op basis van dit verkennende onderzoek worden volgende aanbevelingen geformuleerd. Aanbevelingen 1 tot en met 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 naburige bedrijven directe effecten of gevolgen kunnen ondervinden van elkaars ongevalsscenario's zou er informatie-uitwisseling over mogelijke ongevalsscenario's moeten plaatsvinden, ook al is er tussen deze bedrijven geen domino-aanwijzing die deze uitwisseling wettelijk verplicht. Ook is het belangrijk om in dit kader extra aandacht te hebben voor inrichtingen waaronder verschillende BRZO-bedrijven vallen, ieder gekenmerkt door een eigen bedrijfsvoering. Tussen deze bedrijven is immers op basis van de BRZO-wetgeving geen dominoaanwijzing mogelijk omdat ze tot dezelfde inrichting behoren. Bijgevolg geldt ook geen wettelijke 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 cluster-initiatieven situeren zich grotendeels aan de rechterkant van de bow-tie, dus nadat een centrale gebeurtenis heeft plaatsgevonden. Niet enkel zijn de huidige cluster-initiatieven 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 wat betreft onderhoud en inspectie. Hierbij is openheid en transparantie belangrijk, maar wel op een confidentiële manier, zonder dat er angst is voor eventuele sancties. Het gaat hierbij om 'openheid in beslotenheid'. Men moet op een open manier samenwerken, maar wel via gremia die besloten genoeg zijn

zodat het opbouwen van een vertrouwensband tussen de uitwisselende partijen mogelijk is. We spreken hier over zogenaamde 'trusted communities'.

*3. Het inrichten van een overkoepelend clusterorgaan*
Een centrale aansturing – onder meer op veiligheidsbeleid – 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. Als er wat betreft 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. 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 gedachten, 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. Meer nog dan bij een losstaand bedrijf moet er bij geïntegreerde fabrieken een systeemaanpak gebruikt worden.

*6. 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 in processen of gebruikte gevaarlijke stoffen (hier is de

mogelijke veiligheidswinst vaak minder duidelijk)
- Clusters met bedrijven met grote gelijkenissen in 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

*7. Stimuleren van samenwerking en kennisdeling tussen clusters*

Uitwisseling *tussen* clusters levert een toegevoegde waarde op inzake 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 wat betreft veiligheid (zo kan een 'tunnelvisie' binnen een cluster voorkomen worden. Desondanks blijkt samenwerking en kennisuitwisseling tussen clusters slechts in beperkte mate plaats te vinden. 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.

*8. 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 hier reeds een belangrijke rol.

*9. 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 ander 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.

*10. Bevorderen van regionale en landelijke initiatieven rond standaardisatie en uniformiteit inzake procesveiligheid*

Standaardisatie en uniformiteit van veiligheid (veiligheidsregels, veiligheidscommunicatie, risicoanalyses, beheersmaatregelen, enzovoort) kan ervoor zorgen dat ongevalsscenario's zowel aan de rechterkant als aan de linkerkant van de bow-tie gunstig 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 wat betreft arbeidsveiligheid standaardisatie vast te stellen, en minder wat betreft 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 van veiligheid geldt zowel voor geclusterde als voor niet-geclusterde bedrijven.

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

Binnen de (petro)chemische industrie worden reeds verschillende initiatieven genomen betreffende 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.

***HET VOLLEDIGE ONDERZOEKSRAPPORT IS TERUG TE VINDEN OP DE WEBSITE VAN DV2030 (https://dv2030.nl/).***

## Literatuur


Abdolhamidzadeh B Abbasi, T Rashtchian D Abbasi S (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

BRZO Besluit risico's zware ongevallen (2015). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden nr 272

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

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

CSB, 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

CSB, U.S. Chemical Safety And Hazard Investigation Board (2016). Case Study Williams Geismar Olefins Plant. No. 2013-03-I-LA

Darbra RM, Palacios A, Casal J (2010). Domino effect in chemical accidents: Main features and accident sequences. Journal of Hazardous Materials, 183: 565-573

European Commission (2014). Chemical Accident Prevention & Preparedness, Major accidents involving fertilizers. Lessons Learned Bulletin No. 5 (JRC91057)

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

ILO, 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, Abbasi S (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

Meyer T Reniers G (2016). Engineering Risk Management. De Gruyter

OVV, Onderzoeksraad voor Veiligheid (2012). Brand bij Chemie-Pack te Moerdijk 5 januari 2011. Den Haag

OVV, Onderzoeksraad voor Veiligheid (2014). Explosie ethanolmengsel vacuümbandfilter bij CP Kelco te Nijmegen. Den Haag

OVV, Onderzoeksraad voor Veiligheid (2015). Explosies MSPO2 Shell Moerdijk 3 juni 2014. Den Haag

OVV, 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

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

RIVM, 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

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