

Praktijkverhaal

Beter leren van informatie in de chemische industrie

Toepassing van zwakke signalen voor verbetering van veiligheidsprestaties met behulp van geavanceerde data-analysetechnologie

Johan van Middelaar¹, Esta de Goede², Karolien van Nunen³, Sadegh Shahmohammadi¹, Coen van Gulijk¹

Trefwoorden: Voorspellen van ongevallen, Zwakke signalen, Leren van data, Geavanceerde data-analysetechnieken, Artificiële kunstmatige intelligentie (AI), Community of Practice

Inleiding

Chemelot streeft ernaar om één van de veiligste en duurzaamste chemiesites van Europa te zijn. Het project *BLIC Vooruit - Beter Leren van Informatie in de Chemie door vooruitkijken* - (hierna: het project) omvat experimenten die samen met vier fabrieken op Chemelot zijn uitgevoerd met behulp van geavanceerde data-analysetechnieken en artificiële kunstmatige intelligentie (AI). In dit project is een stappenplan ontwikkeld om zwakke signalen en (verborgen) patronen in fabrieksdata te identificeren. Zwakke signalen verwijzen naar subtiele, vaak moeilijk waarneembare aanwijzingen in de data die kunnen wijzen op potentiële problemen of afwijkingen. Deze signalen zijn meestal niet direct zichtbaar en vereisen geavanceerde analysemethoden om ze te detecteren. Verborgene patronen daarentegen zijn complexe structuren of trends die niet onmiddellijk duidelijk zijn zonder diepgaande analyse. Deze patronen kunnen bijvoorbeeld wijzen op terugkerende problemen of systematische fouten die anders onopgemerkt zouden blijven. Door deze zwakke signalen en verborgene patronen te identificeren, kan Chemelot potentiële veiligheidsrisico's vroegtijdig opsporen. Dit stelt hen in staat om proactief maatregelen te nemen en incidenten te voorkomen, wat bijdraagt aan hun doel om een van de veiligste en duurzaamste chemiesites van Europa te worden.

Dit project was een zogenaamde 'Safety Deal' waarin tien partijen onder leiding van Brightsite - het kenniscentrum binnen Chemelot voor de verduurzaming van de industrie - hebben samengewerkt. Voor het uitvoeren van dit project is een samenwerkingsverband opgericht, een zogenaamde Community of Practice (CoP), bestaand uit SABIC, Envalior, AnQore, USG, Sitech en Chemelot Site Permit (CSP) en ondersteund door TNO, Maastricht University, TU Delft en Safety Delta Nederland (SDN).

De wetenschappelijke onderbouwing is door beschreven TNO in een apart document (Bowdler, van der Beek & van Gulijk, 2023). Dit document bevat tevens bronnen uit de literatuur en theorieën over veiligheidsmanagement, organisatorisch leren, praktijkgemeenschappen en organisatorische leersystemen.

Achtergrond van de problematiek: persistentie van incidenten

Volgens de European Chemical Industry Council (CEFIC) registreerde de petrochemische industrie in Europa tussen 2011 en 2020 een gestage daling van 25% in het aantal ongevallen met verzuim door werknemers (CEFIC, 2020). Tegelijkertijd blijven er serieuze proces incidenten plaatsvinden, zo blijkt uit een analyse van RIVM van 326 incidenten bij grote chemische bedrijven in de periode 2004 tot 2018 (Kooi, Manuel & Mud, 2019). Zij concludeerden als volgt:

"De incidenten ontstonden doordat in de reguliere procesvoering dingen misgingen. De afwijkingen die daar het gevolg van waren, zijn niet op tijd opgemerkt. De veiligheid kan onder meer worden verbeterd door geschikte maatregelen in te voeren om deze afwijkingen op tijd in beeld te krijgen en te herstellen. Dit verkleint onder andere de kans dat incidenten ontstaan door ongewenste menselijke handelingen of door materiaalverzwakking."

Deze drie bevindingen tonen aan dat incidenten, zowel op het arbeidsveiligheidsvlak alsook op het procesveiligheidsvlak, persistent zijn. Organisaties binnen de chemische industrie hebben zich uitgesproken over het belang van het delen van lessen met collega-bedrijven binnen de sector (CrisisLab, 2020) en om samenwerking te versterken (Nunen & Reniers, 2022), om leed bij incidenten te voorkomen. Om te leren is een sterk commitment bij de bedrijven van belang, anders blijven incidenten zich herhalen. Incidenten hebben immers een negatieve connotatie voor de sector, zeker in een tijd dat er bij het grote publiek al zorgen zijn over duurzaamheid en het milieu. Naast commitment om te delen is een grote mate van vertrouwen tussen de organisaties essentieel. Vertrouwen blijkt een belangrijke bijdrage te leveren aan intensiever delen van geleerde lessen (Koskinen et al., 2003; Panteli & Sockalingam, 2005). Om de groeiambities van Chemelot te realiseren is continu inzetten op het verbeteren van de veiligheid essentieel. Dit kan onder andere als partijen op Chemelot bestaande samenwerking beter benutten (OVV, 2018). Het delen van

¹ TNO

² Brightsite

³ TU Delft

lessen uit incidenten of andere informatie over potentiële risico's kunnen hierin een belangrijke stap zijn.

Doelstellingen en randvoorwaarden

Bedrijven binnen een chemisch industriecluster, zoals Chemelot, beschikken over enorme hoeveelheden data. Echter, slechts een klein deel van die data wordt gebruikt voor veiligheidsdoeleinden. Incidentpreventie is vaak gericht op het achteraf verklaren waarom en hoe een incident heeft plaatsgevonden, en welke maatregelen en/of acties zijn genomen om een dergelijk incident in de toekomst te voorkómen. Met de opkomst van AI ontstond het idee of het mogelijk zou zijn om informatie uit fabrieksdata te halen met geavanceerde data-analysetechnieken met als doel om *leerpotentieel* (informatie) te identificeren om dat proactief (in plaats van 'reactief') toe te passen om zodoende incidenten te voorkómen. In een eerder project, waarbij in één bedrijf (AnQore) slechts één gegevensbron (dienstverslagen) werd gebruikt slechts één AI-techniek (een zelfontwikkeld hulpmiddel, genaamd de 'Technische Sentiment Analyse', TSA) werd toegepast, zijn met succes zwakke signalen geïdentificeerd, dat wil zeggen zwakke plekken in sociaal-technische en operationele processen. In dit project is begonnen dit breder te trekken om fabrieks-eigenaren te ondersteunen en hun veiligheidsperformance verder te verbeteren door het toepassen van geavanceerde data-analysetechnieken.

Leren van sterke signalen

Leren van incidenten kan waardevolle informatie opleveren voor het delen binnen en tussen organisaties. Traditioneel zijn er verschillende modellen beschikbaar om goed te leren van incidenten (bijv. Panteli & Sockalingam, 2005; Lindberg, Hansson, & Rollenhagen, 2009; Drupsteen, Groeneweg & Zwetsloot, 2017). Hoewel de stappen in de modellen enigszins kunnen variëren, omvatten ze over het algemeen processen voor het verzamelen en rapporteren van incidenten, het uitvoeren van onderzoeken en analyses, het verspreiden van bevindingen en het implementeren van corrigerende maatregelen om soortgelijke incidenten in de toekomst te voorkomen (het zogenaamde cybernetische managementmodel (Kuhlmann, 1981).

Een transparante rapportagecultuur

Onderzoek toont aan dat openheid en transparantie helpen bij het leren van sterke signalen. Transparantie binnen en tussen organisaties en de overheid is nu een van de speerpunten van het programma 'Duurzame Veiligheid 2030' (CrisisLab, 2020). Gedrag, acties en motivaties moeten openlijk worden onderzocht en begrepen, wat leidt tot een bedrijfscultuur waarin zorgen en problemen eerlijk worden gedeeld en beoordeeld (CIEHF, 2018). Dit staat in contrast met angst voor schuld, sancties en disciplinaire maatregelen na een incident. Om een open klimaat mogelijk te maken is het belangrijk dat er vertrouwen bestaat binnen organisaties. Dit betekent concreet dat medewerkers durven te rapporteren en/of een veiligheidsprobleem durven te bespreken met

hun directe leidinggevende, in de overtuiging dat deze meldingen serieus worden genomen en actief worden aangepakt (Parker, Lawrie & Hudson, 2006). Vertrouwen is dus essentieel voor het creëren van een cultuur waarin medewerkers zich vrij voelen om incidenten, bijna-ongelukken en gevaren te melden. Dit draagt bij aan een collectieve verantwoordelijkheid voor veiligheid (zie ook Van Nunen & Reniers, 2022).

Vermijden van schuld

Om verantwoordelijkheid voor incidenten te accepteren, is het belangrijk om niet te focussen op schuld. De betrokken actoren moeten zich comfortabel voelen om te rapporteren wat er is gebeurd (Catino, 2008; Dekker, 2009). Nog beter is het als ze actief betrokken worden bij het onderzoeksproces van het incident en de ontwikkeling van geleerde lessen, bijvoorbeeld door het implementeren van wat een leerreview wordt genoemd (Pupulidy & Vesel, 2017). Met de leerreview wordt de menselijke bijdrage aan ongevallen, veiligheid en regulier werk onderzocht. De methode is specifiek ontworpen om inzicht te bieden in de factoren en omstandigheden die menselijk handelen en beslissingen beïnvloeden, door betekenis te geven op alle niveaus binnen het bedrijf. Het doel is om leren te prioriteren boven corrigeren en repareren. Dit verschuift bedrijven van het louter beoordelen van acties als goed of fout (en onbedoeld mensen beoordelen als goed of slecht) naar een toekomstgerichte verkenning van hun organisatiesysteem en wat daarin moet veranderen. Dit houdt in wezen de verschuiving van single-loop naar double-loop leren in.

Communicatie en feedback

Open communicatie en feedback zijn essentieel voor de kennisintensiteit van een individu en een organisatie (Watkins & Marsick, 1996). Het communiceren van lessen binnen een organisatie kan groepsleren vergemakkelijken en het zoeken naar feedback van medewerkers en zakelijke (keten)partners bevorderen (Stemn et al., 2018).

"Deep learning from incidents"

Huidige onderzoeken naar incidenten binnen de chemische industrie richten zich meestal op 'root causes' en zijn vaak beperkt tot 'hindsight bias' (Dekker, 2011), waarbij leren beperkt blijft tot 'single-loop' leren in plaats van het waardevollere 'double-loop' leren (Argyris & Schön, 1978; Argyris & Schön, 1996). Single-loop leren resulteert uit de analyse van het incident, waarbij vaak alleen de specifieke situatie of fout binnen het huidige organisatiesysteem wordt aangepakt en gecorrigeerd. Het is gericht op het goed doen van dingen. Causaliteit kan worden waargenomen, maar wordt meestal niet aangepakt. Fundamentele aannames, werkpraktijken, procedures en waarden over hoe dingen binnen de organisatie werken die mogelijk hebben bijgedragen aan het ontstaan van het incident, worden niet aangepakt, waardoor organisatorisch leren in wezen wordt voorkomen (Argyris & Schön, 1978; Argyris & Schön, 1996).



Figuur 1 Stappenplan 'Beter leren van informatie'

Stappenplan

In dit project is een stappenplan ontwikkeld, gericht op het beter leren van beschikbare informatie, dat bestaat uit zes stappen. Dit stappenplan (zie Figuur 1) kan als leidraad dienen voor bedrijven die zelf AI willen inzetten voor verbetering van procesveiligheid. Het stappenplan is als volgt geïmplementeerd bij de bedrijven in de CoP.

Stap 1: Oprichten van een Community of Practice (CoP)

De CoP is opgericht met deelnemers van bedrijven op Chemelot, ondersteund door TNO, TU Delft, Maastricht University en de SDN. Het doel van de CoP is om delen van kennis te faciliteren en zodoende leerprocessen door samenwerking te versnellen. De CoP richt zich op de ontwikkeling van voorspellende modellen om incidenten proactief te voorkomen. Door data te analyseren met innovatieve technieken, zoals *Natural Language Processing* (NLP)⁴ en anomaly detection, ontstaan nieuwe inzichten op basis waarvan bedrijven veiliger kunnen opereren.

Stap 2: Selectie van databronnen met leerpotentieel

Elke deelnemer heeft eerst voor zichzelf bepaald welke databronnen mogelijk leerpotentieel (zwakke signalen) bevatten. Dit resulteerde in een palet aan databronnen, variërend van onderhoudsmeldingen en wachtdienstverslagen tot operationele data en meteorologische gegevens. Tabel 1 toont een overzicht van mogelijke databronnen. Deze databronnen werden door zowel het betreffende bedrijf, Brightsite en TNO beoordeeld op leerpotentieel, toegankelijkheid en samenhang.

Stap 3: Identificatie van features en selectie van analysetechnieken

Vervolgens is nagegaan wat de meest geschikte analysetechniek is om het leerpotentieel (zogenaamde 'features') uit die databronnen te ontginnen. Tijdens discussiesessies met de bedrijven werden deze geïdentificeerd en vastgesteld. Vervolgens werden geschikte analysetechnieken geselecteerd om (zwakke) signalen van veiligheidsrisico's te detecteren, zoals beschrijvende statistieken, sentimentanalyse, zero-shot classificatie, *topic modeling*, *anomaly detection*, *Optical Character Recognition* (OCR) en visualisatie. Om een Technische Sentiment Analyse (TSA) uit te voeren, werd een lexicon gemaakt met behulp van experts van de bedrijven.

Stap 4: Identificatie van zwakke signalen

Door data te analyseren werden zwakke signalen zoals afwijkingen, ongebruikelijke trends en subtiele patronen gedetecteerd. Deze signalen bleken vaak te wijzen op latente risico's die voorheen onopgemerkt bleven.

Stap 5: Vaststellen van leerpotentieel

De analyse leverde concrete inzichten op, zoals verbanden tussen weersomstandigheden en incidenten, of een toename van onderhoudsmeldingen als mogelijke indicatie voor hogere druk.

Stap 6: Delen en communiceren:

De resultaten werden gedeeld binnen de CoP via dashboards, rapporten en workshops. Dit bevorderde wederzijds begrip en inspiratie.

Voorbeelden van databronnen

De volgende vier casestudies illustreren welke databronnen de verschillende bedrijven hebben gebruikt.

AnQore richtte zich op data met meteorologische data en informatie uit onderhoudsrapporten. Analyse toonde aan dat bestaande protocollen - zoals voor hitte en harde wind - helpen om ongebruikelijke voorvallen te voorkomen. Een nieuw inzicht was dat lage temperaturen, samen met hoge luchtvochtigheid, vaker leidden tot een potentieel onveilige situatie.

Envalor analyseerde wachterslagen met behulp van NLP-technieken, zoals Technische Sentiment Analyse (TSA) en topic modeling. Deze technieken hielpen bij het identificeren van zowel duidelijke problemen als subtiele, moeilijk zichtbare afwijkingen. Denk bijvoorbeeld aan lichte maar consistente fluctuaties in procesparameters, zoals temperatuur of druk, die kunnen wijzen op een beginnend probleem dat aandacht vereist. Hierdoor konden fabrieks- en veiligheidsmanagers sneller en effectiever een compleet beeld krijgen van deze (zwakke) signalen, zodat ze mogelijk veiligheidsrisico's tijdig konden opsporen en aanpakken.

SABIC analyseerde alarmgegevens van hun Distributed Control System (DCS). Anomaliedetectie gaf inzicht in de frequentie en duur van bepaalde veranderingen. De beoogde reikwijdte werd beperkt tot gegevens met potentiële indicatoren van de werkdruk van operators, zoals alarmen, moduswijzigingen en graadwijzigingen. Zoals verwacht kwamen verschillende duidelijke trends naar voren, waaronder een verhoogde werkdruk tijdens stops en specifieke activiteiten. Het werd echter ook duidelijk dat er tijdens 'stille' periodes nog steeds een groot aantal systeemberichten was die actie of opvolging door de operator vereisten, wat bijdroeg aan de algehele werkdruk.

CSP gebruikte inspectierapporten en managementbeoordelingen als gegevensbronnen. Een OCR-methode werd toegepast om gescande documenten om te zetten in

⁴ *Natural Language Processing (NLP), in het Nederlands "natuurlijke taalverwerking", combineert statistische technieken met machine learning technieken. Met inzet van NLP wordt slim en automatisch informatie gehaald uit omvangrijke en ongestructureerde tekstuele data. Er kunnen bijvoorbeeld makkelijk kernwoorden uit een tekst worden gehaald en belangrijke classificaties gemaakt. Voor meer informatie, zie: <https://www.tno.nl/nl/technologie-wetenschap/technologieen/natural-language-processing/#::~:~:text=Natural%20language%20processing%2C%20of%20in,makkelijk%20kernwoorden%20uit%20een%20tekst>*

Tabel 1. Voorbeelden van databronnen

Soort	Databron	Typische elementen in deze databron waaruit mogelijk te leren is
Bedrijf	Openbaar	Adres, ligging, bedrijfstype, categorie, sector, volume, doorzet, soorten (gevaarlijke) stoffen, omzet, winst, personeel (aantal, verdeling, leeftijd, geslacht)
	Personeel	Geboortedatum, beroep, functie, taak of rol, certificaten, opleiding, ervaring, kennis, training, kwalificaties, senioriteit, verzuim, werktijden, contract, medische gegevens, keuringen
	Ploegen	Aantal, verdeling werklocaties, werktijden, grootte, capaciteit, taken, werkbelasting, planning, storingen, spoedklussen, personeelsverloop, minimale grootte, kennis, ervaring, niveau verzuim, ongewone voorvallen
	Systemen	Beleid, RIE, veiligheidsstudies, procedures, assessments, meldingen, metingen, audits, inspecties, MOC, databases, actielijsten
	Operaties	Wachtdienstverslagen, dagverslagen, overleggen, afwijkingen, spoed acceptaties, werkvergunningen, ATEX
	Onderhoud	Assets, inlevert, reparaties, testen, duur, prioriteit, doorverles, tipping points, interface, subcontractors, scope changes, rapporten
	Proces	Procesparameters, incidenten, alarmen, interlocks, overbruggingen, (open) notificaties, (duur van) overrides en prioriteiten
	Ongewone voorvallen	Tijd, dag, datum ongewone voorval, type ongewone voorval, soort schade/leed, type/geslacht/leeftijd betrokkenen, directe oorzaak, achterliggende oorzaken, locatie, soort/ernst letsel, type verzuim, hersteltijd, arbeidsomstandigheden, beschermingsmiddelen, status gereedschap, machine of procescondities
Cluster	Openbaar	Aantal bedrijven, mensen, soort, ligging, vergunning, regels, infrastructuur, faciliteiten, processen, (gevaarlijke) stoffen, onderlinge relaties, interfaces
	Systemen	Toegangsspecificaties, informatiebeveiliging, monitoringdata, afspraken, regels, onderlinge risico's, onderling leren, standaards, contractmanagement
	Operaties	Observaties, inspecties, risico inventarisaties, audits, management reviews
	Incidenten	Clusteroverstijgende incidenten en/of ongewone voorvallen
Extern	Toezichthouders	Grootte bedrijf, bevindingen, overtredingen, geslacht werknemers, type werknemers, aanleiding, gebeurtenissen, inspectieresultaten, waarschuwingen, onveilige handelingen, onveilige omstandigheden, soort ongeval, oorzaak/oorzaken, aard/ernst/letsel, type verzuim, hersteltijd, per-1.000 werknemers, aard/ernst van ongevallenstatistieken, ongevalsdata en bronnen van letsel, aantal installaties per ondernemingsgrootte
	Sector	Nieuws, artikelen, alerts, vakbladen, congressen, rapporten, peer reviews, benchmarks, normen, standaarden, best practices, incidentendatabase
	Wetenschap	Onderzoek, publicaties, innovaties
	Meteo	Wind, temperatuur, relatieve vochtigheid, zon, neerslag, bewolking, bliksem

machinaal leesbare gegevens. Vervolgens werd zero-shot classificatie uitgevoerd om veiligheidsgerelateerde trends in de rapporten over de jaren heen te analyseren. De resultaten gaven aan dat het mogelijk zou kunnen zijn om zwakke signalen van onveilige situaties voorafgaand aan incidenten te identificeren. De resultaten lieten zwakke signalen zien die vooraf gingen aan incidenten bij één van de deelnemende partijen aan het CoP.

Resultaat

Het gezamenlijk resultaat van dit project is een handreiking, inclusief het stappenplan (<https://brightsitecenter.nl/handleiding-blic-vooruit/>), waarin alle opgedane kennis en ervaring is samengevat. Het stappenplan is bedoeld om door bedrijven te worden gebruikt om hun procesveiligheid verder te verbeteren. De handreiking beschrijft hoe de eerste stappen op deze route gezet kunnen

worden, zodat bedrijven niet opnieuw het wiel hoeven uit te vinden. Ook het opzetten en inrichten van een CoP is opgenomen in de handreiking, evenals de ervaringen van de deelnemers aan de CoP.

Conclusie en aanbevelingen

Dit project heeft aangetoond dat het mogelijk is om met AI zwakke signalen en patronen uit big (fabrieks)data te identificeren en te benutten voor het verbeteren en/of optimaliseren van de (proces)veiligheid. Door samenwerking in een CoP kunnen bedrijven sneller leren en inzicht krijgen in mogelijkheden om hun veiligheidsprestaties nog meer te verbeteren.

Belangrijke aanbevelingen zijn:

- Start met een beperkt aantal databronnen en focus op concrete leerdoelen.

- Zet een CoP op om kennisdeling te faciliteren en vertrouwen tussen partijen te vergroten.
- Betrek medewerkers uit de praktijk bij het ontwikkelen en testen van modellen en het interpreteren van de resultaten, zodat deze aansluiten bij de praktijk.

Met dit project is een belangrijke stap gezet naar proactieve veiligheid in de chemische industrie. Dit project laat zien dat leren van zwakke signalen en patronen in (fabrieks)data niet alleen incidenten kan voorkomen, maar ook een cultuur van continue verbetering kan stimuleren. Het uiteindelijke doel is om de (chemische) industrie nog veiliger, duurzamer en efficiënter te maken.

Literatuur

Dit artikel is in iets minder uitgebreide vorm reeds eerder online verschenen, zie: <https://arbeidsveiligheid.tno.nl/actualities/blic-vooruit-beter-leren-van-informatie-in-chemische-industrie/>.

Argyris C. (1977) Double Loop Learning in Organizations. Harvard Business Review, September-October 1977, pp. 115-124.

Argyris C. (1991) Teaching Smart People How to Learn. Harvard Business Review, May-June 1991, pp. 2-12.

Argyris C, Schön AD. (1978) Organizational Learning: A Theory of action perspective, Reading, MA, USA: Addison-Wesley Publishing Company.

Argyris C, Schön AD. (1996) Organizational Learning II; Theory, Method and Practice, Reading, MA, USA: Addison Wesley.

De Goede E, van Middelaar JW. (2023) Handreiking BLIC Vooruit. Beschikbaar via <https://brightsitecenter.nl/handleiding-blic-vooruit/>.

Bowdler M, van der Beek D, van Gulijk C. (2023) Samen met een BLIC vooruit. Memorandum over randvoorwaarden voor een digitale praktijkgemeenschap om breder te leren van zwakke veiligheidssignalen op Chemelot. TNO rapport TNO 2023 M11444, 15 december 2023. Beschikbaar via: <https://publications.tno.nl/publication/34641924/2NqGE1/TNO-2023-M11444.pdf>.

Catino M. (2008) A Review of Literature: Individual Blame vs. Organizational Function Logics in Accident Analysis. Journal of Contingencies and Crisis Management, 16 (1), 53-62.

CEFIC. (2020) Responsible Care® Key Performance Indicators 2020. Beschikbaar via: <https://news.cefic.org/storage/5943/Responsible-Care---KPI-Report-2020.pdf> (ingezien 30 maart 2023).

Chartered Institute of Ergonomics & Human Factors (CIE-HF). (2018) Learning from adverse events. White paper, 23 June 2020. Beschikbaar via: <https://ergonomics.org.uk/resource/learning-from-adverse-events.html>.

Crisislab (2020). Literatuurstudie Achtergronddocument Handreiking Beter Leren Van Incidenten In De (Petro) Chemische Industrie. Beschikbaar via: <https://crisislab.nl/wordpress/wp-content/uploads/Handreiking-le-ren-van-incidenten.pdf>.

Dekker S. (2011) The criminalization of human error in aviation and healthcare: A review, Safety Science, 49 (2), 121-127.

Dekker SWA. (2009) Just Culture: Who Gets to Draw the Line? Cognition, Technology and Work, 11 (3), 177-185.

Drupsteen L, Groeneweg J, Zwetsloot G. (2017) Critical steps in learning from incidents: Using learning potential in the process from reporting an incident to accident prevention. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 23 (2), 153-163.

Kooi ES, Manuel HJ., Mud M. (2019) Vijftien jaar incidentanalyse: Oorzaken, gevolgen en andere kenmerken van incidenten met gevaarlijke stoffen in de periode 2004-2018. RIVM Rapport 2019-0042, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. Beschikbaar via: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0042.pdf>.

Koskinen KU, Pihlanto P, Vanharanta H. (2003) Tacit knowledge acquisition and sharing in a project work context. International Journal of Project Management, 21 (4), 281-290.

Kuhlmann A. (1981) Einführung in die Sicherheitswissenschaft, Vieweg, Berlin.

Lindberg AK, Hansson SO, Rollenhagen C. (2009) Learning from accidents – what more do we need to know? Safety Science, 47 (9), 1297-1304.

Nunen KLL, Reniers GLLME. (2022) Chemische clusters en veiligheid - Drijfveren en hindernissen voor samenwerking. Beschikbaar via: <https://research.tudelft.nl/en/publications/petrochemische-clusters-en-veiligheid-drijfveren-en-hindernissen>.

Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV). (2018). Chemie in samenwerking Veiligheid op het industriecomplex Chemelot. Den Haag, juni 2018. Beschikbaar via: <https://onderzoeksraad.nl/onderzoek/chemie-in-samenwerking-veiligheid-op-het-industriecomplex-chemelot/>.

Panteli N, Sockalingam S. (2005) Trust and conflict within virtual interorganizational alliances: a framework for facilitating knowledge sharing. Decision Support Systems, 39 (4), 599-617.

Parker D, Lawrie M, Hudson P. (2006) A framework for understanding the development of organisational safety culture. Safety Science, 44 (6), 551-562.

Pupulidy I, Vesel C. (2017) The Learning Review: Adding to the accident investigation toolbox. In 53rd ESReDA Seminar Proceedings, pp. 255-261.

Stemn E, Bofinger C, Cliff D, Hassall ME. (2018). Failure to learn from safety incidents: Status, challenges and opportunities. Safety science, 101, 313-325.

Watkins KE, Marsick VJ. (1996) In action. Creating the Learning Organization. Alexandria VA: American Society for Training and Development.