Memorandum over randvoorwaarden voor een digitale praktijkgemeenschap om breder te leren van zwakke veiligheidssignalen op Chemelot

Samen met een BLIC vooruit

TNO Public › TNO 2023 M11444
15 december 2023

Healthy Living & Work
www.tno.nl
+31 88 8667500
info@tno.nl

TNO 2023 M11444 – 15 december 2023

Samen met een BLIC vooruit

Memorandum over randvoorwaarden voor een digitale praktijkgemeenschap om breder te leren van zwakke veiligheidssignalen op Chemelot

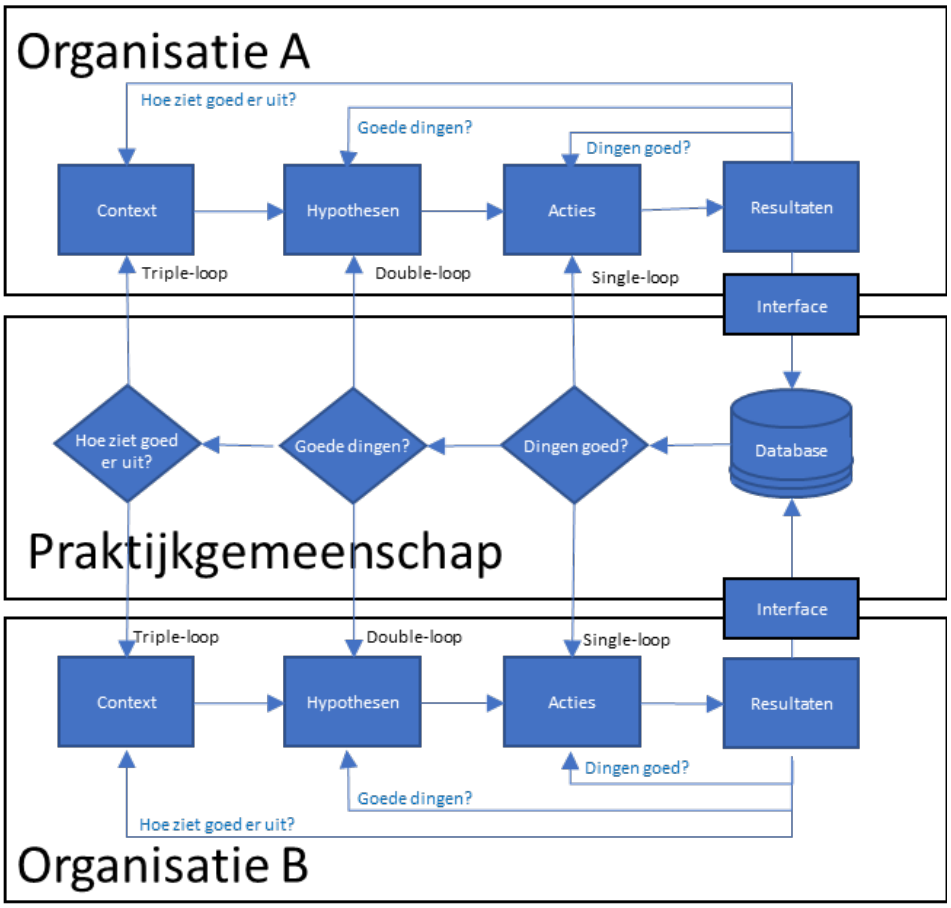
Auteurs	Mairi Bowdler, Dolf van der Beek, Coen van Gulijk
Rubricering rapport	TNO Public
Aantal pagina's	38 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	1
Projectnaam	RVO BLIC Vooruit
Projectnummer	060.54574

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave 3
1 Inleiding 4
2 Achtergrond van de problematiek – persistentie van incidenten 6
3 Vóór we naar zwakke signalen kijken: leren van sterke signalen 7
3.1 Transparante meldcultuur 7
3.2 Vermijd de schuldvraag 7
3.3 Communicatie en feedback 8
3.4 Dieper leren van ongevallen 8
4 Leren van zwakke signalen 9
4.1 Wat wordt verstaan onder zwakke signalen? 9
4.2 Detectie van zwakke signalen 10
4.3 Omgaan met zwakke signalen 10
5 Organisatorisch leersysteem 12
5.1 Leerkringen van Agryis 12
5.2 De double-loop leerkring 13
5.3 De triple-loop leerkring 14
5.4 Leren op het werk 15
6 De mens in het leerproces 17
6.1 Leren bij medewerkers 17
6.2 Leren bij oudere werknemers 18
6.3 Breder leren 19
6.4 Leren attractief houden 19
7 Praktijkgemeenschappen 20
7.1 Wat zijn praktijkgemeenschappen? 20
7.2 Gedeelde interesse en/of identiteit 20
7.3 Ondersteunende omgeving 20
7.4 Gemeenschap van deelname 21
7.5 Interne dynamiek 22
8 Technologie om leren in een praktijkgemeenschap te ondersteunen 24
8.1 Software voor leren in praktijkgemeenschappen 24
8.2 Machine learning als analysevorm 25
8.3 Machinelearning voor veiligheidsanalyse 25
8.4 Noodzaak van menselijke expertise 26
8.5 Menselijke en machinale expertise samen 27
8.6 Vertrouwen in het algoritme 28
9 Blauwdruk voor de praktijkgemeenschap 30
9.1 Processen en algoritmen voor de praktijkgemeenschap 30
9.2 Randvoorwaarden 31
10 Conclusie 33
Bijlage A Bronnen 34

1 Inleiding

BLIC vooruit is een project dat ambieert bij te dragen in de verbetering van de omgevingsveiligheid door het opstellen van een handreiking voor de identificatie van zwakke signalen in big data om breder te leren uit verschillende soorten informatie van chemische bedrijven. Het doel is om een methode (‘digitaal ecosysteem’) te maken om zwakke signalen (leerpunten)te identificeren uit meerdere databronnen van meerdere bedrijven met behulp digitale instrumenten. Er is gekozen voor een gezamenlijke aanpak met een select aantal bedrijven op het chemisch cluster ‘Chemelot’. Hierdoor wordt de leercurve van individuele bedrijven versneld, omdat bedrijven direct van elkaar leren en niet ieder bedrijf dit proces afzonderlijk hoeft te doorlopen. Het moge duidelijk zijn dat dit geen eenvoudige opgave is en dat er veel haken en ogen zijn om een dergelijk systeem in te richten. Om dit vorm te geven heeft TNO dit literatuuronderzoek uitgevoerd om de achtergronden in kaart te brengen en om een aantal randvoorwaarden voor het ontwikkelen van een leergemeenschap die gebaseerd is op gemeenschappelijk leren van data. Dit memorandum levert een blauwdruk voor een dergelijke gemeenschap en de bijpassende IT backbone (zie onderstaande figuur). Dit memorandum rapporteert over de relevante literatuurdomeinen en de belangrijkste randvoorwaarde (BLIC vooruit werkpakket 1B).



Herhaling Figuur 9: Blauwdruk voor het leerproces in de praktijkgemeenschap.

Na een korte overpeinzing van de achtergronden (§2) begint de dit memorandum met een zoektocht naar relevante randvoorwaarden bij het traditionele leren van incidenten (§3) en zwakke signalen (§4) en loopt via leren (§5) leersystemen (§6) naar praktijkgemeenschappen (§7) en ondersteunende technologie (§8) tot een conclusie (§9) waar een blauwdruk wordt gepresenteerd met de randvoorwaarden om dit op te zetten. Er is hier sprake van een fusie van drie wetenschappelijke domeinen: a) klassieke incident systemen, b) leersystemen en c) praktijkgemeenschappen. Daarnaast is er nog sprake van technologie maar die wordt in een ander deel van dit project nader uitgewerkt (BLIC vooruit werkpakket 2B).

Het onderzoek laat zien dat de randvoorwaarden kunnen worden afgeleid uit drie kennisdomeinen die elk hun eigen randvoorwaarden met zich meebrengen: cybernetisch (of traditioneel) veiligheidsmanagement, leren in organisaties op basis van het triple-loop leermodel en praktijkgemeenschappen. Uit de randvoorwaarden voor de praktijkgemeenschap volgen succescriteria op een hoog abstractieniveau welke kunnen worden gestructureerd volgens het in de veiligheidskunde welbekende MTO model: Mens, Technologie & Organisatie:

- Mens: de praktijkgemeenschap vereist betrokken individuen die de ruimte krijgen voor individuele ontwikkeling.
- Technologie: de technologie moet begrijpelijk zijn en het vertrouwen in de praktijkgemeenschap niet ondermijnen.
- Organisatie: de praktijkgemeenschap heeft een herkenbare meerwaarde en opereert op basis van transparantie, betrouwbaarheid en een eenduidige basis van kennis en kunde.

2 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 serieuze proces incidenten plaatsvinden. Ook heeft het RIVM heeft 326 incidenten met gevaarlijke stoffen geanalyseerd die tussen 2004 en 2018 plaatsvonden bij grote chemische bedrijven (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 & Riniers, 2022) om leed bij incidenten te voorkomen. Om te leren is een sterk commitment bij de bedrijven relevant, anders blijven incidenten zich herhalen. Incidenten hebben immers een negatieve connotatie voor de sector zeker in een tijd dat er al zorgen zijn over duurzaamheid en het milieu bij het grote publiek (Aldewereld, 2014). 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). Wil Chemelot haar groeiambities realiseren dan zal continu moeten worden ingezet op het verbeteren van de veiligheid. Dit kan onder andere als partijen op Chemelot bestaande samenwerking beter benutten (OVV, 2018). Het delen van lessen uit incidenten of andere informatie over potentiële risico's kunnen hierin een belangrijke stap zijn.

3 Vóór we naar zwakke signalen kijken: leren van sterke signalen

Leren van incidenten kan waardevolle informatie opleveren als het gaat om het delen tussen en binnen organisaties. Traditioneel zijn er verschillende modellen beschikbaar om op de juiste manier van incidenten te leren (bijv. Panteli & Sockalingam, 2005; Lindberg, Hansson, & Rollenhagen, 2009; Drupsteen, Groeneweg & Zwetsloot, 2017). Hoewel de stappen in de modellen enigszins kunnen variëren, gaat het doorgaans om processen voor het verzamelen en rapporteren van incidenten, het uitvoeren van onderzoeken en analyses, het verspreiden van de bevindingen, en het implementeren van corrigerende maatregelen om soortgelijke incidenten in de toekomst te voorkomen (het zogenaamde cybernetische management model (Kuhlmann, 1981). Hieronder volgen een aantal randvoorwaarden die belangrijk zijn voor het goed functioneren van het cybernetisch management model binnen de organisatorische entiteit.

3.1 Transparante meldcultuur

Uit onderzoek blijkt dat openheid en transparantie helpen bij het leren van sterke signalen. Transparantie tussen en binnen organisaties en de overheid is inmiddels een van de speerpunten van het programma 'Duurzaam Veilig 2030' (CrisisLab, 2020). Gedrag, handelen en drijfveren moeten open onderzocht en begrepen worden dat leidt tot een bedrijfscultuur waarin zorgen en problemen eerlijk worden gedeeld en beoordeeld (CIEHF, 2018). Dit in tegenstelling tot angst voor schuld, sancties en disciplinering naar aanleiding van een incident. Om een open klimaat mogelijk te maken is het van belang dat er binnen organisaties vertrouwen aanwezig is. Dat betekent concreet dat werknemers een veiligheidsprobleem durven te melden en/ of te bespreken met hun direct leidinggevende, dat zij geloven dat deze meldingen serieus worden genomen en actief worden opgepakt (Parker, Lawrie & Hudson, 2006). Vertrouwen is dus essentieel voor het creëren van een cultuur waarin werknemers zich vrij voelen bij het melden van incidenten, bijna-ongevallen en gevaren. Dit draagt bij aan een collectieve verantwoordelijkheid voor veiligheid (zie ook Nunen & Reneirs, 2022).

3.2 Vermijd de schuldvraag

Om de verantwoordelijkheid voor incidenten te accepteren is het van belang om de schuldvraag niet centraal te stellen, de betrokken actoren en moeten mensen zich op hun gemak voelen om te melden wat er is gebeurd (Catino, 2008; Dekker, 2009). En nog beter, actief betrokken zijn bij het onderzoeksproces van incidenten en het ontwikkelen van geleerde lessen, bijvoorbeeld door het implementeren van wat de leerbeoordeling (learning review) wordt genoemd (Pupulidy & Vesel, 2017). De leerreview verkent de menselijke bijdrage aan ongevallen, veiligheid en regulier (normaal) werk. De methode is specifiek ontworpen om het begrip van de factoren en omstandigheden die menselijke acties en beslissingen beïnvloeden te vergemakkelijken door betekenisgeving op alle niveaus binnen het bedrijf (individu, groep,

organisatie) aan te moedigen. Het doel is om leren boven corrigeren en repareren te plaatsen. Hierdoor bewegen bedrijven van het sec beoordelen van acties als goed of fout (en onbedoeld mensen als goed of slecht) in de richting van een toekomstgerichte verkenning van hun organisatiesysteem en wat daarin verandert moet worden. In feite betreft het hier ook weer de beweging van single-loop naar double-loop leren.

3.3 Communicatie en feedback

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

3.4 Dieper leren van ongevallen

Huidige onderzoeken naar incidenten binnen de chemische industrie richten zich gewoonlijk op 'basis oorzaken' en zijn meestal beperkt tot ‘hindsight bias’ (Dekker, 2011) waarbij het leren wordt beperkt tot 'single-loop'-leren in plaats van het waardevollere 'double-loop'-leren (Argyris & Schön, 1978, 1996). Single-loop-leren is het resultaat van de analyse van het incident, waarbij vaak alleen de specifieke situatie of het falen wordt aangepakt en gecorrigeerd binnen het organisatiesysteem zoals het in zijn huidige vorm bestaat. Het is gericht op de dingen goed te doen. Causaliteit kan worden waargenomen, maar wordt meestal niet aangepakt. Fundamentele aannames, werkpraktijken, procedures en waarden over hoe dingen gaan binnen de organisatie die mogelijk aan het ontstaan van het incident hebben bijgedragen, worden niet geadresseerd waardoor organisatorisch leren in essentie niet plaats vindt (Argyris & Schön, 1978, 1996). §6.1 behandelt dit rapport de verschillende learning loops van Argyris & Schön.

4 Leren van zwakke signalen

4.1 Wat wordt verstaan onder zwakke signalen?

Er is veel onderzoek gedaan op gebied van identificatie van zwakke signalen en afwijkingen (o.a. Guillaume, 2011; Korvers, 2004; Schoemaker & Day, 2009; Paltrinieri et al., 2019; Hollnagel et al., 2013). Zij hanteren daarbij vaak hun eigen terminologie en/of theoretische nuancering op detailniveau over wat een 'afwijking' is. Doorgaans worden afwijkingen geduid in termen als 'early warning, anomaly, hidden pattern, disruption of precursor'. In essentie gaat het bij alle definities om de zoektocht naar signalen die inzicht geven over zich ontwikkelende of veranderende (werk)omstandigheden en factoren die van invloed zijn op de toekomstige prestaties van de mens, techniek (assets) en/of organisatieprocessen en -functies. Het hoofddoel is veelal het voorkómen van (herhaling van) incidenten door tijdig signaleren én adresseren van afwijkingen in het operationele proces.
De nadruk ligt in onderzoeken vaak op de negatieve variant van afwijkingen, i.c. ongewenste gebeurtenissen. De positieve variant bestaat eveneens en gaat meer over het vergroten van het veiligheidsvermogen van de organisatie door bijv. doorvoeren van (veiligheids) verbeteringen of het veerkrachtig reageren op (on)voorziene omstandigheden. Als een afwijking vroegtijdig wordt gesignaleerd kan er veerkrachtig op gereageerd worden. Nicolaidou en collega's (2021) geven bijvoorbeeld diverse voorbeelden van 'weak signals' afkomstig uit eerdere studies van grote industriële rampen. Ter illustratie in onderstaande Tabel 1 de voorbeelden met betrekking tot twee grote rampen met als focus technische signalen geproduceerd binnen de operationele infrastructuur van de industriële omgeving en immateriële signalen die wijzen op een slechte werking van de organisatorische processen binnen de industriële omgeving.

Bhopal gaslek ramp	De ramp in Tsjernobyl
Slecht onderhoud	Eerdere incidenten met hetzelfde type reactoren
Niet-naleving van industriële regels	Bekende zwakke punten in het ontwerp van de reactor
Draaiknoppen in controlekamer functioneren niet	Ontoereikende opleiding van de ploeg die de test uitvoerde
Gecorrodeerde leidingen	Onervaren hoofdingenieur
Niet werkende kleppen	Systematische schending van veiligheidsprotocollen
Niet werkende indicatoren	Abnormale werking van de staven
Controle-instrumenten niet aanwezig	3 eerdere mislukte veiligheidstests
Geur van methylisocyanaat	Ongebruikelijk rapport van computersysteem dat sluiting aanbeveelt
Druknaald gaat van 2 naar 30	Waarschuwing van expert over gifvorming
Gerommel van vloeistof	
Lekkage van gesloten kleppen	

Tabel 1. 'Weak signals' afkomstig uit eerdere studies van grote industriële rampen (naar Nicolaidou en collega's, 2021).

De focus op technische en organisatorische factoren als wortels van zwakke signalen sluit daarmee aan bij de categorieën zwakke signalen die Guillaume (2011) geïdentificeerd heeft in activiteiten van de normale bedrijfsvoering, namelijk:

- Technische zwakke signalen die geworteld zijn in het systeem van beheer van technische storingen.
- Zwakke signalen betreffende werkcoördinatie die hun oorsprong vinden in het beheer van onderaanneming (contractormanagement) en de coördinatie van de werkzaamheden, en.
- Zwakke signalen betreffende onderschatting van het risico die hun oorsprong vinden in de proactieve en reactieve instrumenten en processen voor risicoanalyse.

Belangrijk is dat Guillaume constateert dat gemeenschappelijke organisatorische factoren ten grondslag lagen aan de zwakke punten in de normale operaties; de onderzochte locaties beperkte zich tot organisatorisch leren in één enkele lus (single loop learning) en zij kwamen niet tot organisatorisch leren in een dubbele lus (double loop learning). Zie ook paragraaf §5.3.

4.2 Detectie van zwakke signalen

Guillaume geeft een lijst van voorwaarden welke aangeeft wanneer een afwijking of zwak signaal als ‘early warning signal’ betekenisvol wordt. Dat is als aan bepaalde aannames of voorwaarden wordt voldaan:

- Verstoringen treden herhaaldelijk op, zijn detecteerbaar voor mens en/of AI en keren terug in een periode (kort) voorafgaand aan het eigenlijke incident.
- Afwijkingen worden gekenmerkt door een hoge waarschijnlijkheid en lage waargenomen veiligheid gerelateerde gevolgen.
- Een herhaling van (bepaald type) verstoringen impliceert dat het bijbehorende organisatorische controlemechanisme (indien aanwezig; bijv. technische of organisatorische barrières) faalt of kan gaan falen.
- Op basis van detectie van de afwijking kan tijdig worden ingegrepen zodat een incident kan worden voorkómen (preventie) of dat de schade (het effect) aanzienlijk wordt beperkt.
- Verstoringen kunnen heel evident zijn (zogenaamde ‘strong signals’) maar ook schijnbaar willekeurige, betekenisloze of losgekoppelde stukjes informatie (bijv. kleine technische storing of menselijke afleiding) die op het eerste gezicht achtergrondruis lijken en niet direct veiligheidsgerelateerd, maar in feite herkend kunnen of moeten worden als onderdeel van een significant onderliggend patroon dat organisatorische controlemechanismen (langzaam) eroderen en potentieel ernstige gevolgen kan hebben (zogenaamde ‘weak signals’).
- Alternatieve omstandigheden anders dan voorzien (kunnen vaak) leiden tot de escalatie van verstoringen en tot daadwerkelijke ongevallen.

4.3 Omgaan met zwakke signalen

Er zijn diverse stappen die bedrijven kunnen nemen die hen helpen te leren van zwakke signalen en afwijkingen in hun veiligheidsgegevens. Deze stappen zijn in essentie niet anders dan degene die worden voorgeschreven in het kader van leren van incidenten (Drupsteen, Groeneweg & Zwetsloot, 2017). Nicolaidou en collega’s (2022) gebruiken hiervoor de term ‘weak signal management’ in industriële omgevingen.

Door te leren van zwakke signalen in hun veiligheidsgegevens kunnen bedrijven potentiële veiligheidsproblemen vroegtijdig identificeren en proactieve maatregelen nemen om de veiligheidsprestaties te verbeteren, de kans op incidenten te verkleinen en hun veiligheidscultuur te verbeteren. Hieronder enkele belangrijke stappen van 'weak signal management' (o.a. Guillaume, 2011; Nicolaidou en collega's, 2022; Yu en collega's, 2022):

- Verzamel en analyseer veiligheidsgegevens: bedrijven moeten regelmatig veiligheidsgegevens uit verschillende bronnen verzamelen en analyseren, zoals rapporten over incidenten, bijna-ongevallen, veiligheidsaudits en veiligheidsobservaties.
- Identificeer afwijkingen: bedrijven moeten zoeken naar patronen of trends in de veiligheidsgegevens die kunnen wijzen op zwakke signalen of vroege waarschuwingssignalen zijn van veiligheidsproblemen. Zo kan een toename van kleine incidenten, een toename van de ernst van incidenten of een verandering in de aard van incidenten wijzen op een probleem met de veiligheidsprestaties. Tabel 1 geeft voorbeelden voor een startpunt van de analyse.
- Onderzoek afwijkingen: zodra zwakke signalen zijn vastgesteld, moeten bedrijven deze onderzoeken om de onderliggende oorzaken en mogelijke gevolgen voor de veiligheidsprestaties accuraat vast te stellen. Dit kan inhouden dat veiligheidsonderzoeken, risicobeoordelingen en veiligheidsaudits worden uitgevoerd om hiaten en mogelijkheden tot verbetering vast te stellen.
- Actie ondernemen: zodra het bestaan van zwakke signalen is doorgegeven aan de besluitvormers, kunnen de besluitvormers bepalen of zij op de zwakke signalen moeten reageren en prioriteiten stellen op basis van het belang van de zwakke signalen. Bedrijven moeten proactieve maatregelen nemen om de zwakke signalen aan te pakken en de veiligheidsprestaties te verbeteren. Dit kan inhouden dat corrigerende en preventieve maatregelen worden genomen, veiligheidstrainingen en bewustmakingscampagnes worden georganiseerd en veiligheidsprocessen en -procedures worden verbeterd.
- Monitor de vooruitgang: bedrijven moeten hun veiligheidsprestaties regelmatig controleren om te bepalen of de genomen maatregelen voor afwijkingen effectief zijn geweest in het verbeteren van de veiligheid. Dit betekent ook dat 'weak signal management' vast onderdeel moet worden van het risicobeoordeling- en evaluatieproces (de PDCA loop in het Safety Management System; bijv. naar vereisten in ISO 45001:2018) en dat het bedrijf veiligheidscijfers en belangrijke prestatie-indicatoren bijhouden op de geïdentificeerde afwijkingen en regelmatig veiligheidsaudits en -inspecties uitvoeren ter toetsing.

5 Organisatorisch leersysteem

Leren moet leiden tot een meetbare verandering van apparatuur, gedragingen, processen en beheerssystemen, die herhaling van soortgelijke of zelfs andere incidenten zullen voorkomen (double-loop learning).

5.1 Leerkringen van Agryis

Agryris werkte in het begin van de jaren ’70 aan de manier waarop organisaties leren maar het duurde tot 1991 voordat hij samen met Schön tot een eenduidig leermodel kwam, het triple-loop learning system (Argyris, 1977; 1991). Vrij vertaald gaat het om leerkringen of cycli waarin lering optreedt: de manier waarop een organisatie zich aanpast aan de hand van gebeurtenissen die haar forceren te veranderen. De cyclus kan gebaseerd zijn op een cybernetisch management model maar dat was voor Agryris geen uitgangspunt.

Er worden drie leerkringen herkend, de single-loop leerkring, de double-loop leerkring en de triple-loop leerkring. Elke volgende leerkring is gebaseerd op de vorige, dat wil zeggen dat er een impliciete aanname wordt gemaakt dat een effectieve double-loop leerkring pas mogelijk is als de single-loop leerkring in operatie is.

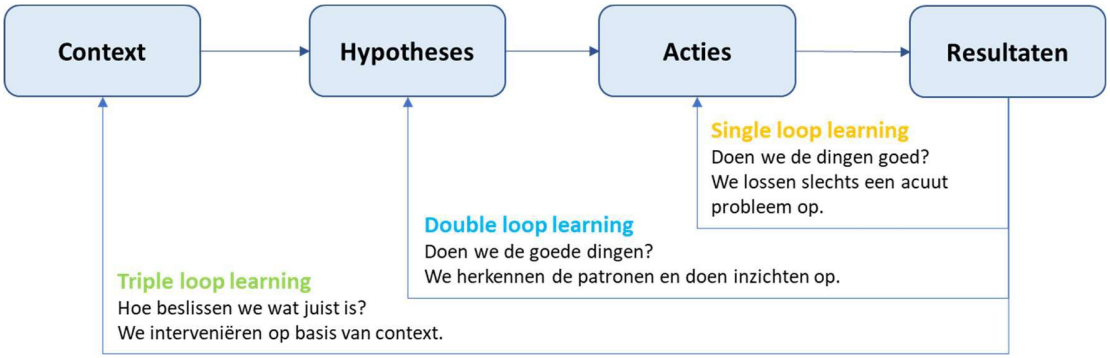
In de single-loop leerkring wordt lokaal geleerd van gemaakte fouten. Het gaat dan bijvoorbeeld om het oplossen van acute problemen in de bestaande operatie. De centrale vraag is ‘Doen we de dingen die we doen goed?’ Voorbeelden kunnen zijn: procesveranderingen in batchprocessen, aanpassingen in de financiële administratie of het aanpassen van de agenda van wekelijkse veiligheidsoverleggen. Over het algemeen zijn bedrijven relatief goed in deze vorm van leren en vaak worden geleerde lessen ook zonder tussenkomst van complexe leersystemen ingebed: mensen lossen het probleem op. Voor het leren van veiligheidsincidenten is het gebruikelijk om dit soort veranderingen via cybernetische leerprocessen in te richten omdat er vaak nog een vorm van analyse nodig is voordat (ook eenvoudige) maatregelen worden genomen (zie §3 en §4).

In de double-loop leerkring wordt, meestal nadat er enige vorm van analyse heeft plaatsgevonden, dieper ingegrepen op bestaande processen. De centrale vraag is ‘Doen we de goede dingen?’ Deze leerkringen zijn te herkennen in structurele veranderingen in de procesoperatie. Voorbeelden kunnen zijn een batch naar een continu proces omzetten, een alternatief financieel registratiesysteem aanschaffen of het veiligheidsoverleg vervangen met een gezamenlijke veiligheidsloop over de site met de directie. Het is strikt genomen niet noodzakelijk is de centrale vraag via cybernetische systemen te beantwoorden; in een directieoverleg kunnen ook discussies plaats vinden die de vraag beantwoorden en op basis daarvan kunnen besluiten worden genomen. Toch wordt er meestal gebruik gemaakt van een cybernetisch management model omdat de beslissing ingrijpt op de organisatie en daar is (meestal) onderbouwing voor nodig.

In principe zijn cybernetische veiligheidsmanagement systemen zéér geschikt voor de onderbouwing van dit soort besluiten maar vanwege de één-dimensionale aanpak (alléén vanuit veiligheid) wordt deze in een multidisciplinaire besluitvorming niet altijd gevolgd (Drupsteen, 2014).

De triple-loop leerkring vraagt veel van een organisatie. Er moet ruimte en tijd zijn om na te denken over de vraag 'Hoe beslissen we dat dingen goed zijn?' Voorbeelden van veranderingen kunnen zijn: het batch proces inrichten voor het fabriceren van andere producten, de financiële administratie uitbesteden, of een digitale leeromgeving ontwikkelen voor predictive-based safety. Evenals bij double-loop kring leren kan de besluitvorming losstaand zijn maar vaak volgt het uit management systemen die laten zien dat bepaalde processen keer op keer aangepast worden. Ook hier kan een cybernetisch veiligheidsmanagementsysteem helpen maar dat is vooralsnog niet in de literatuur gerapporteerd.

Omdat we er in deze memo vanuit gaan dat het cybernetische management model wordt toegepast in de single-loop leerkring (zie §3 en §4) behandelen we deze kring niet verder in de volgende secties.



[Bron: Organizational Learning, Chris Argyris]

Figuur 1: triple loop learning (Argyis & Schön, 1996).

5.2 De double-loop leerkring

Bij double-loop leren is het identificeren en begrijpen van causaliteit wel het primaire doel samen met het ondernemen van actie om de onderliggende problemen op te lossen. Het gaat erom de juiste dingen te doen. En is gericht op het achterhalen en onderzoeken waarom men binnen het bedrijf doet wat men doet (i.c. achterliggende assumpties, werkpraktijken, etc.). Om vervolgens de onderliggende normen, procedures, beleid en doelstellingen te wijzigen op basis van de bevindingen. De tweede kring impliceert het veranderen van de kennisbasis of bedrijfsspecifieke competenties of routines (Argyris, 1977; 1991). Hoewel de eerste leerkring niet noodzakelijk een obstakel is voor organisatorisch leren of verandering, is het niet een succesfactor want het leidt slechts tot een oppervlakkige verandering. De tweede kring leidt juist tot een diepe verandering of een meer substantiële verandering, d.w.z. nieuw gedrag en nieuw denken op basis van nieuwe onderliggende veronderstellingen, waarden, overtuigingen en doelstellingen (Kantamara & Ractham, 2014). Het vereist ook de betrokkenheid van alle stakeholders. Het verschil tussen beide vormen van verandering wordt toegelicht in tabel 2.

TYPE	DEFINITION	PSYCHOLOGICAL EXPERIENCE
Surface Change (caused by Single-loop learning)	• Focus on short-term result, quick fix • Accepting ideas and information passively • Effective for maintenance of norms • Normally top-down, less true involvement from staff	• Anxiety • Dependent on existing norms, policies, procedures, goals, etc. • Fear of failure, fear of unknown • Meet day-to-day goal • Not necessarily lead to a new behavior or thinking
Deep Change (caused by Double-loop learning)	• Focus on long-term result, more sustainable fix • Change "taken for granted's" • Challenge underlying assumptions • Change values, norms, beliefs, systems, practices • Change culture • Change paradigm • More involvement from all stakeholders	• Positive feelings • Interested • Challenged • Intrinsic motivation • Energy • Lead to a new and more effective way of thinking and doing

Tabel 2: Vergelijking oppervlakkige en diepere verandering (Kantamara & Ractham, 2014).

Het lijkt erop dat, als het gaat om het verminderen van incidenten, de tweede kring een betere route is om een organisatie in staat te stellen met succes na te gaan hoe ze precies meer duurzame veranderingen kan aanbrengen in haar functioneren om toekomstige incidenten te voorkomen. Organisaties binnen de chemische industrie en overheden zijn zich steeds meer bewust van de voordelen van het volgen van de tweede kring en het functioneel maken hiervan.
De Registratie, Evaluatie, Autorisatie en Beperking van Chemische Stoffen (REACH)-verordening is bijvoorbeeld van een wet die beide kringen stimuleert. Het is een Europese verordening die tot doel heeft de menselijke gezondheid en het milieu te beschermen tegen de risico's van chemische stoffen. REACH verplicht bedrijven om hun gebruik van chemische stoffen te registreren en informatie te verstrekken over hun eigenschappen en mogelijke risico's, en staat het gebruik van bepaalde chemische stoffen alleen toe als kan worden aangetoond dat ze veilig zijn. De verordening maakt gebruik van een leerbenadering met twee lussen door de onderliggende veronderstellingen over het veilig gebruik van chemische stoffen in de industrie ter discussie te stellen en vervolgens voorschriften en processen te ontwikkelen om het veilige gebruik ervan te waarborgen (ECHA).

5.3 De triple-loop leerkring

De derde leerkring wordt zelden gebruikt (Flood & Romm, 1996). Deze kring gaat nog dieper en onderzoekt achterliggende waarden en de redenen waarom het bedrijf zijn systemen, processen en gewenste resultaten heeft. Het gaat erom proberen te begrijpen hoe en op basis waarvan beslissingen in het bedrijf genomen worden die het werk (negatief) beïnvloeden. Doorgaans gaat het dan om transformationele verandering waarbij de missie, visie, normen en waarden, de cultuur en het beleid onder de loop genomen worden en aangepast. In de derde kring leren van incidenten houdt in dat, nadat de diepte en breedte van de leerbenaderingen op een bepaalde locatie zijn geëvalueerd en nadat de lacunes zijn vastgesteld, deze initiatieven binnen een samenhangend systeem aan elkaar moeten worden gekoppeld. Het belangrijkste doel van die systeemontwikkeling is de effectiviteit van het (systeem)leren te vergroten. Een dergelijke systematische aanpak voorkomt dat binnen een organisatie kennissilo's ontstaan en vergroot de doeltreffendheid van alle LFI-initiatieven door integratie van kennis binnen de organisatie. Lukic, Littlejohn en Margaryan(2012) suggereren een structuur (zie Figuur 2).

Figuur 2: Herzien kader voor het leren van incidenten op de werkplek (Lukic, Littlejohn en Margaryan, 2012).

5.4 Leren op het werk

Schophuizen & Veldhuis (2021) ontwikkelden recent een onderwijsraamwerk bestaande uit vier pijlers om leren op de werkplek te versterken (Figuur 3). De pijlers zijn gebaseerd op een soort maturiteitsladder van de leeromgeving.

Figuur 3: Het toekomstig onderwijsontwerp - Vier pijlers om veilig te leren werken (Schophuizen & Veldhuis, 2021).

- Pijler 1: Deze pijler versterkt het fundament van de leerinrichting door geleerde lessen naar de werkpraktijk te brengen via bestaande en/of formele lesmaterialen (curriculum herziening en verrijking). Denk aan het integreren van 'best practice sharing' of middels peer-exchange ervaringskennis te delen met medewerkers die geen of minder ervaring hebben met de uitvoering van het werk.
- Pijler 2: Van leerplek naar werkplek; nog steeds een voorbereidende stap voor het opzetten van een leeromgeving maar nu met een focus op zelfstudie.

Als leermaterialen hiervoor geschikt zijn kunnen eveneens zelftoetsing, geautomatiseerde feedback en herhaling worden aangeboden; bijv. quizzen, e-learning modules gestoeld op game-based learning.

- Pijler 3: Leren op de werkplek richt zich op de teams en hun directe leidinggevende en manieren om samen te kunnen leren. Het biedt mogelijkheden om vaste leermomenten in te bouwen en maakt ervaringsleren mogelijk via collegiaal-en feedback. Hierin kunnen direct leidinggevenden instrueren of faciliteren, al dan niet met behulp van onderwijsmaterialen of (digitale) tools. De auteurs bevelen ook aan om doorlopende (peer)-coaching in te zetten. En zo wordt een continue verbetercirkel tot stand gebracht van leren op de werkplek.
- Pijler 4: Zelfstandige professionele ontwikkeling is de laatste trede in de trap. Er wordt beroep gedaan op het zelfsturend vermogen van werknemers om te leren en het vergroten van hun eigenaarschap voor veilig werken. Door middel van het aanbieden van een kennisdatabank met leermiddelen en/of korte leertrajecten (i.e. learning bits) kunnen werknemers een eigen leerweg kiezen welke is afgestemd op interesse, behoefte en tijd. Een dergelijk traject kan gekoppeld worden aan zelf-toetsing of self-assessment met (deel-)certificeringen om aan te tonen dat een medewerker bepaalde aspecten beheerst. Het is dan ook nog mogelijk om tot een skills-portfolio te komen welke door HR wordt beheerd zodat medewerkers zichzelf kunnen ontwikkelen naar een voor hun gunstige positie.

Kennisdatabanken, zoals die in pijler 4 zijn aangegeven zijn al publiek beschikbaar. De IChemE Safety & Loss Prevention Special Interest Group (S&LP SIG) heeft bijvoorbeeld een Lessons Learned Database (LLD) ontwikkeld om het bewustzijn van grote incidenten uit de procesindustrieën in het verleden te vergroten. De database bevat rapporten van één pagina met een korte beschrijving van verschillende factoren van het incident. Het doel van de rapporten is om de communicatie over belangrijke kwesties te stimuleren, aangezien de rapporten door de hele organisatie kunnen worden verspreid. Deze rapporten zijn beduidend toegankelijker dan de standaard gedetailleerde onderzoeksrapporten die zich meestal beperken tot de beoordeling van senioren en specialisten binnen hun specifieke discipline. Ook zijn er commerciële databases beschikbaar over procesveiligheid zoals FACTSonline die vergelijkbare informatie leveren. De database bevat meer dan 24.100 beschrijvingen van ongevallen met gevaarlijke stoffen.
Kennisdatabanken zijn vaak het technische centrum (zie §8) van een praktijkgemeenschap (§7).

6 De mens in het leerproces

6.1 Leren bij medewerkers

Over het algemeen wordt aangenomen medewerkers op de werkplek het best leren door participatie en ‘doen’ met een nadruk op sociale interactie binnen de groep. Bovendien stimuleert leren reflectie (met name zelfreflectie over de relevantie van het geleerde voor de eigen praktijk) met meer kans op dieper leren en verbetering van werkpraktijken. De eerdergenoemde leermiddelen kunnen daadwerkelijk effectief zijn maar dat hangt af van de wijze waarop hier exact invulling aan wordt gegeven in de praktijk. Onderzoek binnen relevante industrieën (bijv. Lukic, Littlejohn en Margaryan, 2012; Veiligheid Voorop, 2020) heeft aangetoond dat, om te leren, individuen en teams:

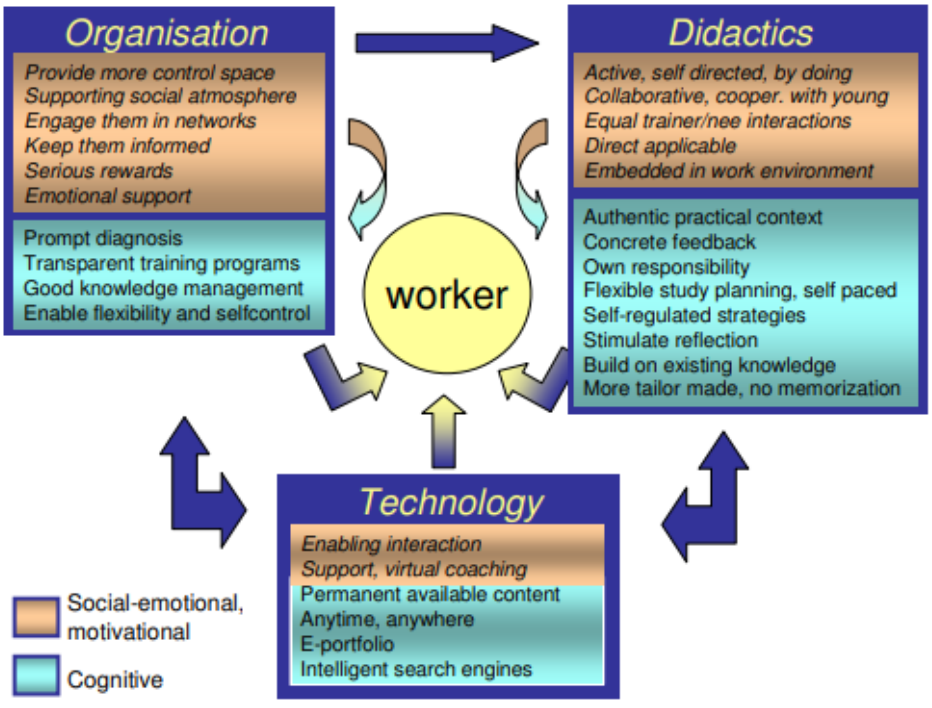
- De context van incidenten moeten begrijpen, en er moet tijd worden uitgetrokken voor nadenken over lessen en het begrijpen ervan (abstract leren).
- Aanmoediging van de organisatie nodig hebben om de status quo uit te dagen en na te denken over de vraag of de huidige praktijken veiliger kunnen worden gemaakt (reflectief leren; double-loop learning). Psychologische veiligheid is daarbij een belangrijke voorwaarde (Edmondson, 1999; 2018). Collega's die hun werkomgeving als psychologisch veilig ervaren, zijn eerder bereid tot het nemen van interpersoonlijke risico's wat bijdraagt aan meer organisatorische innovatie – denk daarbij concreet aan het zich uitspreken, vragen stellen, onuitgesproken bedenkingen delen en respectvol van mening verschillen.
- Hebben baat bij een actievere betrokkenheid, bijvoorbeeld door incidenten om te zetten in op een scenario gebaseerde groepstrainingen (concreet leren).
- Wordt beïnvloed door wie de leerinformatie levert. De kwaliteit en geloofwaardigheid van de personen die de informatie verstrekken zijn van cruciaal belang. Bijvoorbeeld, leren van een collega die betrokken is geweest bij een incident kan effectiever zijn dan de informatie horen van een leidinggevende of manager (actief leren).

Het komt ook regelmatig voor dat mensen simpelweg niet in staat zijn om alle informatie die ze ontvangen te verwerken en op te slaan. Mensen hebben een beperkte leercapaciteit en als er een te grote hoeveelheid informatie over een incident wordt aangeboden levert dat weinig op (Veiligheid Voorop, 2020). De crux zit hem in ervoor te zorgen dat alle medewerkers in je bedrijf vooral de belangrijkste geleerde lessen van incidenten kennen. Een eenduidige kernboodschap lang genoeg herhalen is effectiever dan werknemers overspoelen met een grote hoeveelheid aan informatie. Maak duidelijk wat de geleerde lessen betekenen voor welke doelgroep werknemers of direct leidinggevenden; wat moet men in gedrag, taken en/ of handelingen anders doen in de werkpraktijk dan voor het incident.
Om effectief te kunnen leren is de leermethode van belang. De inhoud en/ of vaardigheden die men moet aanleren moet aansluiten bij de doelgroep (leeftijd, ervaring, achtergrond en opleidingsniveau). Volwassenen zijn het meest gemotiveerd om kennis te leren die direct relevant en praktisch nuttig is voor hun werk en aansluit bij de ervaringen die ze (tijdens hun werk) hebben opgedaan. Leerinformatie die is afgestemd op de functie van een werknemer genereert een groter leereffect dan generieke leerinformatie.

6.2 Leren bij oudere werknemers

Een essentieel aandachtspunt is tevens dat jongeren sneller leren dan ouderen. Voor oude(re) medewerkers zal meer tijd uitgetrokken moeten worden om hen optimaal te kunnen te leren. En ze leren op een andere manier. Dit is geen marginaal punt omdat we in NL te maken hebben met een stijgende vergrijzing van de beroepsbevolking; ook in de industrie. De gemiddelde leeftijd is 42 jaar, maar de grootste toename zit hem vooral tussen de 50 en 60 jaar en daarboven (UWV, 2020). Het aandeel 50-plussers zal overigens haar maximale niveau bereiken in 2023 en daarna gaan dalen. De volgende factoren moet rekening mee worden gehouden als het gaat om leren bij middelbare en oudere werknemers (Korteling & Van Emmerik, 2010):

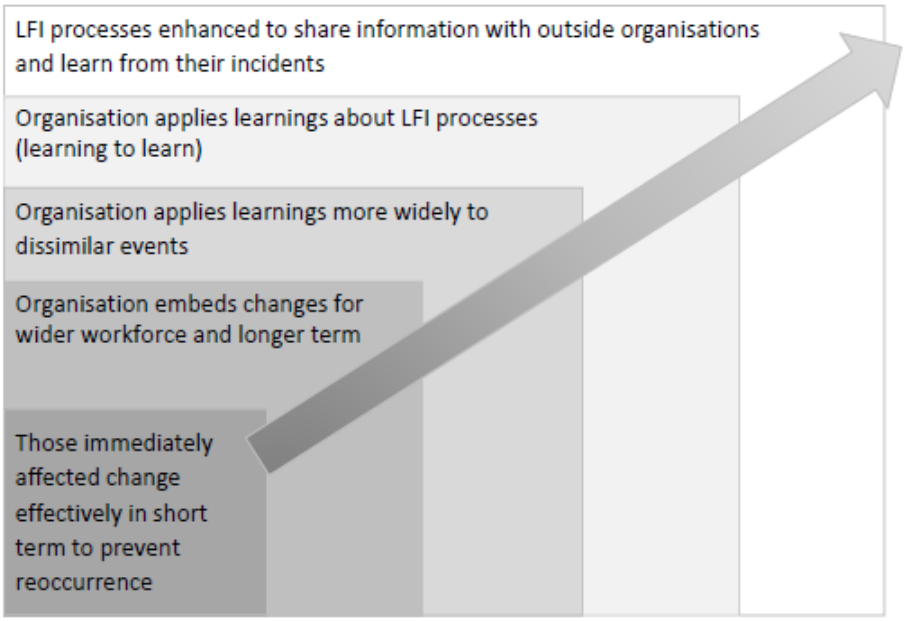
- Oudere personen worden belemmerd door fysieke, perceptueel-motorische en cognitieve achteruitgang die op latere leeftijd optreedt. Het belangrijkste gevolg van het fysieke en perceptueel-motorische verval is dat ouderen minder geschikt zijn voor zwaar lichamelijk werk of voor het werken onder extreme, langdurige en aversieve omstandigheden. Dit geldt bijvoorbeeld voor 24/7 functies in o.a. de industrie.
- Bovendien zijn door de opkomst van onze informatiemaatschappij de cognitieve eisen en de complexiteit van de taken dramatisch toegenomen. Een conclusie in dit verband is dat eerder verworven cognitieve vaardigheden, bijvoorbeeld geleerd op school of op het werk, ook op oudere leeftijd effectief blijven. Wanneer ouderen echter niet kunnen terugvallen op eerder goed aangeleerde vaardigheden (bv. een lage opleiding), of wanneer deze vaardigheden moeten worden aangepast, worden negatieve effecten van de leeftijd waargenomen. Dit beeld heeft ook een link met ‘digitale vaardigheid.’
- Op basis van diverse onderzoeken wordt het volgende model voorgesteld als het gaat om diverse factoren waar rekening mee gehouden moet worden voor het bevorderen van een leven lang leren bij oudere werknemers (zie Figuur 4).



Figuur 4: Levenlang leren ouderen (Korteling & Van Emmerik, 2010; pag. 30).

6.3 Breder leren

Het concept ‘breder leren’ beoogd eveneens de effectiviteit van het leren te vergroten (Smith & Roels, 2016). Breder leren gaat verder dan enkel disseminatie van geleerde lessen. Het houdt in dat mensen tijd krijgen om na te denken, om de informatie in de context van hun eigen werkomgeving te plaatsen en de verspreide informatie te begrijpen. Daardoor is de kans groter dat zij hun gedrag veranderen en het risico op een soortgelijk incident verminderen. Het verbredende effect van leren gaat uiteindelijk de grenzen van het specifieke incident voorbij (leren wordt toegepast op andere gebeurtenissen) en dat van de eigen organisatie door het delen van informatie met andere organisaties en te leren van hun incidenten en risico-informatie, zie Figuur 5.



Figuur 5: Representatie breder leren (Energy Institute, 2016).

6.4 Leren attractief houden

Diversiteit in leermiddelen afgestemd op de doelgroep is van belang. Het beste wordt geleerd als dezelfde kennis via verschillende leermethodes op een afwisselende manier bijgebracht wordt. Denk hierbij aan een afwisseling in leermethodes als: simulaties, groepsdiscussies, e-learning, lezen en het bijwonen van presentaties (Veiligheid Voorop, 2020). Ergo, sec toolboxen gebruiken als leer/ kennis transfer methode is te mager en eenzijdig. Bedrijven moeten meer oog hebben voor diversiteit in leermethoden die aansluiten bij de doelgroepen en de effectiviteit ervan binnen de eigen organisatie.

7 Praktijkgemeenschappen

7.1 Wat zijn praktijkgemeenschappen?

Praktijkgemeenschappen (Engels: Community of Practice, of CoP's) zijn groepen individuen die informeel met elkaar verbonden zijn door een gedeelde kennis en interesse in gemeenschappelijke vraagstukken en opgaven die ze onderling met elkaar uitwisselen teneinde hiervan te leren. Ze werken regelmatig samen om te leren en/of hun werkpraktijk te bevorderen (Lave & Wenger, 1990), Nicolini et al., 2022). Praktijkgemeenschappen zijn vaak gericht op het delen van goede praktijken en het creëren van nieuwe kennis om een domein van de beroepspraktijk vooruit te helpen. Interactie op permanente basis is hier een belangrijk onderdeel van; zowel face-to-face als web-based ontmoetingen en groepsactiviteiten. Het concept is in het bedrijfsleven ontwikkeld vanuit de practice-based theory of learning (Lave & Wenger, 1990) en werd drie decennia geleden geïntroduceerd en gepopulariseerd door Brown en Duguid (1991). Sindsdien worden praktijkgemeenschappen (Engels: Community of Practice of CoP) op grote schaal in de praktijk toegepast en vormt het de basis voor een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek over dit onderwerp. Er zijn vijf factoren te onderscheiden die het succes van een praktijkgemeenschap bepalen, die hieronder kort worden besproken.

7.2 Gedeelde interesse en/of identiteit

De ervaring van een gedeelde identiteit helpt bij duurzame onderlinge verbinding en betekenisgeving, die beiden de praktijk mogelijk maken en verbeteren evenals de gemeenschap zelf (Cox, 2005). Een gedeelde harmonieuze identiteit ontstaat vanuit een collectief van individuen/organisaties die zich vervolgens onderling naar voren positioneren, kennis verspreiden, eventuele organisatorische uitdagingen aanpakken en daarmee waarde toevoegen voor de eigen organisatie en gemeenschap als geheel (Nicolini et al., 2022). Een praktisch voorbeeld hiervan zijn procesingenieurs in de chemische industrie en hoe ze een gemeenschappelijke identiteit delen als experts in chemische processen en productie. Ze werken samen om chemische productieprocessen te ontwerpen en te optimaliseren, en oplossingen te ontwikkelen om de efficiëntie te verbeteren en afval te minimaliseren. Deze gedeelde identiteit helpt om een gevoel van doel en richting te creëren binnen de gemeenschap. Eerder werk bij het cluster Chemelot ondersteunt dit door voor te stellen om een gemeenschappelijke veiligheidsvisie te ontwikkelen (Nunen & Reneirs, 2022).

7.3 Ondersteunende omgeving

Praktijkgemeenschappen creëren een veilige en ondersteunende omgeving voor een verscheidenheid aan functies. Zij beschermt en ontwikkelt de werkpraktijk, en maakt samenwerking en experimenteren met nieuwe ideeën in de context van potentieel onzekere omgevingen mogelijk (Bridwell-Mitchell, 2016). Een dergelijke ondersteunende omgeving is vooral in internationale contexten van belang, waar de toegang tot belangrijke kennis en goede praktijken meestal cruciaal is, maar vaak beperkt beschikbaar (Urzelai & Puig, 2019; Welch & Welch 2015).

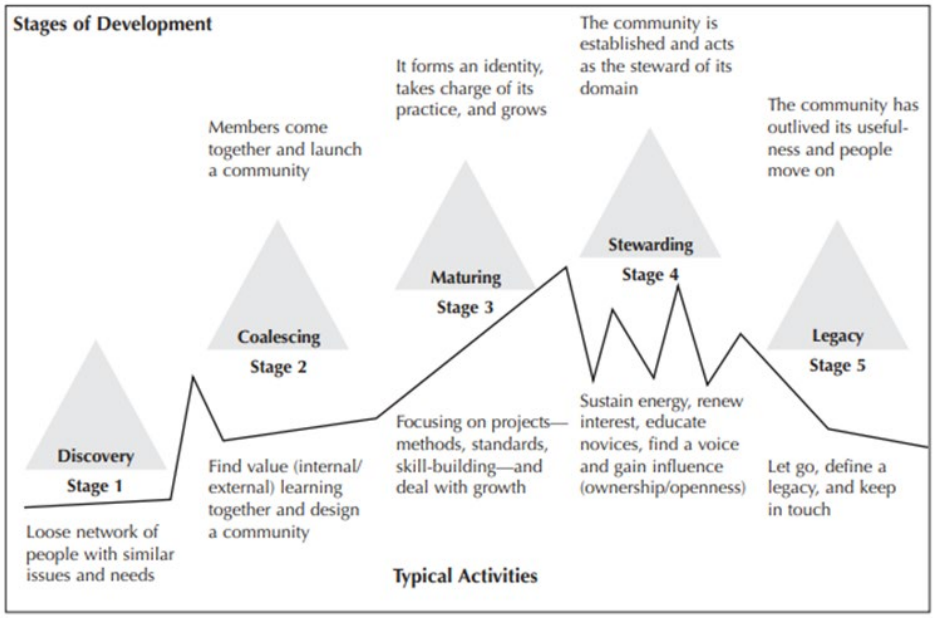
De leden streven hun gedeelde belang na door middel van gezamenlijke activiteiten, discussies, mogelijkheden om problemen op te lossen, het delen van informatie en het opbouwen van relaties.
De notie van een gemeenschap creëert het sociale netwerk om collectief leren mogelijk te maken. Een sterke gemeenschap bevordert interactie en stimuleert de bereidheid om ideeën te delen. De leden van de gemeenschap zijn daadwerkelijke beoefenaars in het gedeelde interessegebied, en bouwen een gedeeld repertoire op van middelen en ideeën die zij weer mee terug nemen naar hun eigen werkpraktijk/-omgeving. Terwijl het domein het algemene interessegebied voor de gemeenschap vormt, is de praktijk de specifieke focus waar de gemeenschap haar kern van collectieve kennis binnen ontwikkelt, deelt en onderhoudt.
De Chemelot Innovation and Learning Labs (CHILL; 2023) zijn een belangrijk voorbeeld van een samenwerkende, ondersteunende omgeving die innovatie en leren wil faciliteren. Zij bieden bijvoorbeeld een gastvrije omgeving voor start-ups in de chemische industrie door toegang te bieden tot apparatuur en expertise.

7.4 Gemeenschap van deelname

Om een praktijkgemeenschap te laten voortduren hebben ze continu de steun en deelname van de leden uit de individuele organisaties nodig. In termen van leren maakt een gemeenschap verbetering in competenties mogelijk richting een effectievere beoefenaar binnen het betreffende expertisegebied, via de procedure van "legitieme perifere participatie" (Lave & Wenger, (1990), pg. 29). Hierbij wordt verwezen naar hoe nieuwkomers van een praktijkgemeenschap in eerste instantie deelnemen in activiteiten die perifeer zijn ten opzichte van het centrale werk van de gemeenschap, maar gaandeweg meer vaardigheden en kennis krijgen van de meer ervaren leden van de gemeenschap. Door deel te nemen aan een gemeenschap binnen de chemische industrie kunnen professionals op de hoogte blijven van de nieuwste trends en ontwikkelingen in de branche en hun carrière vooruithelpen.
Praktijkgemeenschappen groeien door verschillende ontwikkelingsfasen heen. Wat betekent dat het over verloop van tijd de uitdaging is om deze gemeenschappen levend te houden in termen van de specifieke activiteiten, methoden, en spanningen die ontstaan in de groep gedurende elke fasen van ontwikkeling. Een gemeenschap gaat veelal door een serie van prototypische stadia van gemeenschapsontwikkeling. Wenger en collega's representeren het vijf-fasenmodel voor gemeenschapsontwikkeling (zie Figuur 6) schematisch. Het is gebaseerd op een gemeenschappelijk patroon dat in vele gemeenschappen wordt waargenomen, maar het varieert voor elke specifieke gemeenschap. Gemeenschapsontwikkeling is over het algemeen geen lineair groeiproces, maar fluctueert vaak; gemeenschappen gaan vooruit, glijden terug, rusten een tijdje, en maken soms een significante sprong naar voren. Wenger en collega's (2002, pp. 68-70) beschrijven de volgende fasen:

- Ontdekken: het identificeren van strategische zaken die geadresseerd moeten worden - die op één lijn liggen met zowel strategische doelstellingen en de belangen van de leden, zoals het verminderen van wapengeweld of auto-ongelukken of in het geval van veiligheid het voorkomen van rampen en ongelukken.
- Samenvoegen: leden bijeenroepen om een actie-leer-agenda te ontwikkelen en te bouwen aan het onderlinge collectieve commitment om deze agenda samen na te streven.
- Rijpen: voortbouwen op het delen van kennis, clinics, en co-advies activiteiten – in de richting van samenwerking op innovatie en toepassingsprojecten; verder groeien dan de oorspronkelijke groep.
- Stewarding: een prominente rol in het werkveld vervullen en het nemen van het rentmeesterschap voor het aanpakken van geavanceerde vraagstukken op schaal.

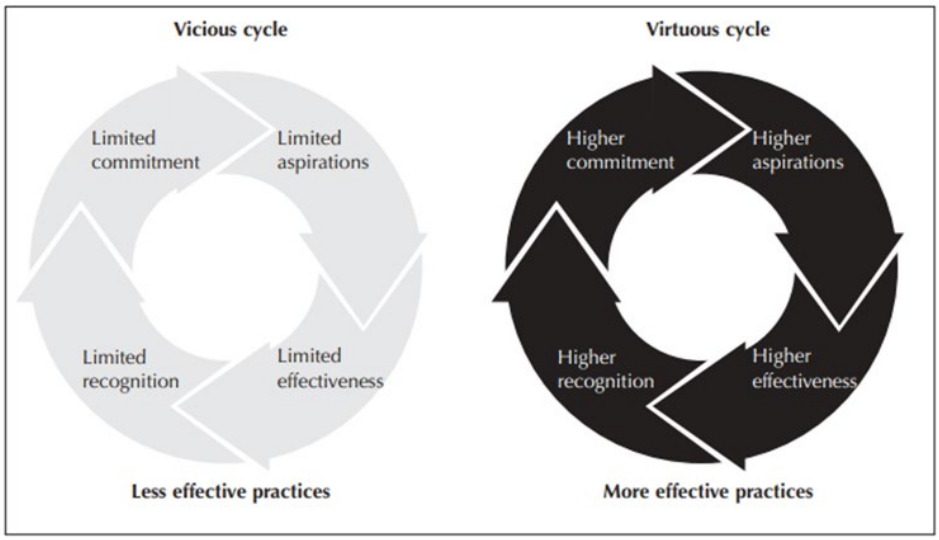
- Legacy: na het succes, kunnen verschillende ontwikkelingen zich voordoen bijv. institutionalisering als een formele organisatie; de gemeenschap laten ontbinden wanneer de vraagstukken minder interessant worden; de gemeenschap segmenteren in subgebieden wanneer de vraagstukken meer gedifferentieerd worden.



Figuur 6: Ontwikkelingsmodel van praktijkgemeenschappen (Wenger en collega's, 2002).

7.5 Interne dynamiek

Tenslotte is het van belang in te zoomen op de effecten van een incrementele investering op de ontwikkeling van een praktijkgemeenschap. Snyder & Briggs (2003) maken hierbij een onderscheid tussen de vicieuze en de virtuoze cirkel (Figuur 7).



Figuur 7: Vergelijking van het effect van een incrementele investering op de ontwikkeling van een CoP (Snyder & Briggs, 2003).

Vicieuze cirkel: Draaiend rad zonder steun:
- Onvoldoende sponsoring voor fondsen, legitimiteit, en invloed.
- Oppervlakkig vertrouwen en dun professioneel netwerk met veel ontbrekende schakels.
- Moeilijke toegang tot informatie, invloed en expertise; overbodige overheadkosten bij lokale partijen.
- Beperkte doeltreffendheid en zwakke steun van belanghebbenden.

Virtuoze cirkel: Toenemende energie leidt tot resultaten:
- Hoge mate van sponsoring bevordert legitimiteit, invloed en initiatief.
- Meer vertrouwen en samenwerking.
- Meer opbouw en delen van informatie en expertise.
- Grote impact op de resultaten, meer steun van stakeholders, enzovoorts.

Als één van de eerste beoefenaars van praktijkgemeenschappen heeft Wenger (2002) ook de voordelen van de gemeenschap voor mensen en organisaties geïdentificeerd, zoals blijkt uit onderstaande tabel:

Why focus on communities of practice?

	for members	for organizations
short-term value	• help with challenges • access to expertise • confidence • fun with colleagues • meaningful work	• problem solving • time saving • knowledge sharing • synergies across sectors/districts • reuse of resources
long-term value	• personal development • enhanced reputation • professional identity • networking	• strategic capabilities • keeping up-to-date • innovation • retention of talents • new strategies

From: Wenger's *Cultivating Communities of Practice: a quick start-up guide*

Tabel 3: De waarde van praktijkgemeenschappen (bron: Edmonton Regional Learning Consortium).

8 Technologie om leren in een praktijkgemeenschap te ondersteunen

Om ervoor te zorgen dat organisaties kunnen leren van incidenten of zwakke signalen, zal het delen van hun middelen (een kenmerk van een praktijkgemeenschap) dit proces ondersteunen. Niet alleen is er een belang van een gedeelde identiteit, maar het delen van apparatuur, software en andere middelen bevordert samenwerking en innovatie binnen een praktijkgemeenschap. Daarbij kunnen individuen en organisaties samenwerken om innovatieve ideeën en oplossingen te ontwikkelen en deze in een ondersteunende omgeving te testen (Wenger, 2010). Dit kan leiden tot de ontwikkeling van nieuwe producten en processen die groei en succes in de branche stimuleren. Delen is in een concurrentiegevoelige omgeving waarbij sprake is van juridische verweving is niet altijd even gemakkelijk. Evengoed zijn er verschillende manieren gevonden waarop technologie kan worden ingezet om een praktijkgemeenschap te ondersteunen.

8.1 Software voor leren in praktijk-gemeenschappen

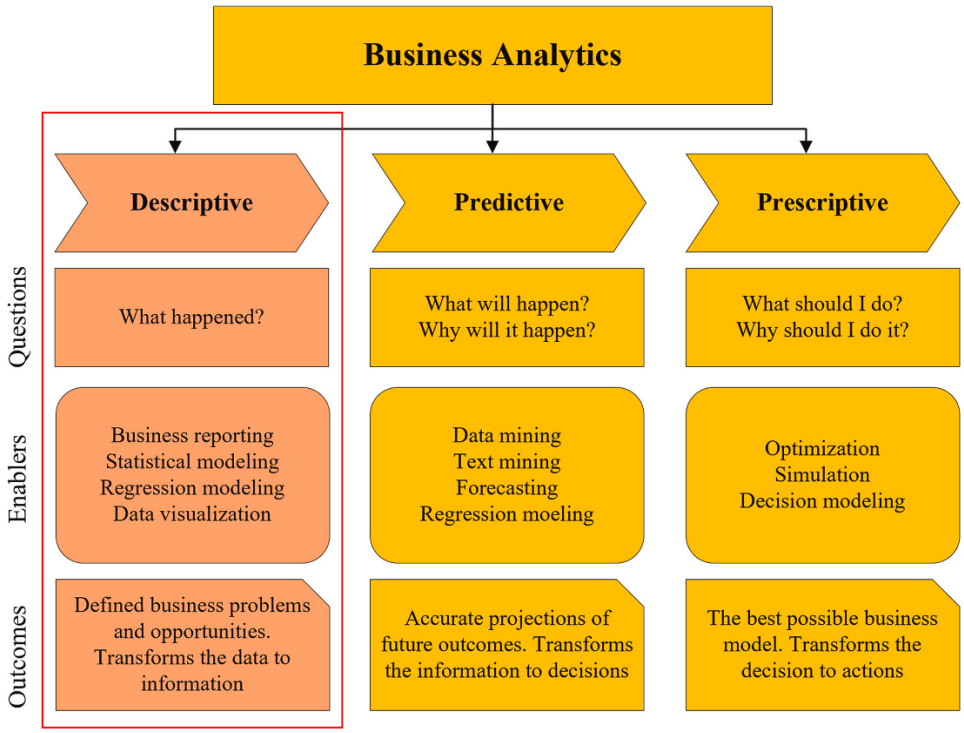
Er zijn veel verschillende digitale tools beschikbaar voor het ondersteunen van praktijkgemeenschappen. Deze tools worden ingezet voor het delen van gegevens die het leren binnen en/of tussen organisaties kunnen vergemakkelijken.
Deze omvatten:

- Sociale leerplatforms: Medewerkers kunnen kennis delen, vragen stellen en met elkaar samenwerken. Deze platforms kunnen worden gebruikt om informeel leren en kennisdeling tussen medewerkers op meerdere locaties en afdelingen mogelijk te maken. Voorbeelden hiervan zijn: Slack, Yammer.
- Knowledge Based/Management Systems: softwaretoepassingen die worden gebruikt om kennis en expertise van de organisatie te beheren en te delen. Ze kunnen worden gebruikt om documenten, handleidingen en andere kennisbronnen te maken en op te slaan, en om samenwerking en kennisdeling tussen medewerkers te vergemakkelijken. Voorbeelden van KMS-platforms zijn Confluence, Microsoft SharePoint en Bloomfire.
- Kennisdatabanken: systemen die feitenkennis verzamelen en beschikbaar stellen voor gebruikers. Binnen de chemische procesindustrie zijn verschillende ongevallendatabases beschikbaar, waaronder het Failure and Accidents Technical Information System (FACTS), eMARS (Major Accident Reporting System) en de Process Safety Incident Database (PSID). Door vergelijkbare processen en procesinstallaties te analyseren, evenals afwijkingen van de normale werking en de doeltreffendheid van veiligheidsmaatregelen en risicobeperkende maatregelen, kunnen ongevallendatabases helpen om kennis over ongevallen uit het verleden vast te houden en herhaling ervan te voorkomen (Single, Schmidt & Denecke, 2020).

Klassieke ongevallendatabases worden echter niet veel gebruikt in de veiligheidsontwerp processen binnen de chemische procesindustrie omdat ze omslachtig zijn als gevolg van het ontbreken van een efficiënt zoekmechanisme (Single, Schmidt & Denecke, 2020).

8.2 Machine learning als analysevorm

Het is van belang te realiseren dat de inzet van ML algoritmen niet direct leiden tot inzichten uit (veiligheids)data waar operators of managers zelfstandig opvolging aan kunnen geven. Zoals Nakhal en collega's (2021) aangeven gaan daar enkele stappen aan vooraf. Het achterhalen van afwijkingen in door de organisatie(s) verzamelde (veiligheids)data start doorgaans met wat descriptieve analyse wordt genoemd. In feite betreft het hier geavanceerde statistische algoritmen om de patronen in de data beter te begrijpen. De beschrijvende kant is gericht op het achterhalen van de structuur van gegevens uit het verleden (d.w.z. wat is er gebeurd), terwijl de voorspellende (d.w.z. wat zal er gebeuren; voorspellingen of modellen voor de huidige en mogelijke toekomstige situaties) en prescriptieve (d.w.z. wat moet ik doen) kant probeert de geanalyseerde procesgegevens om te zetten naar handvatten voor preventie en/of verbetering van veiligheid (Figuur 8). Hierbij worden weer andere technieken gebruikt om de beste beslissingen te kunnen nemen onder specifieke omstandigheden. Wat onderstaand plaatje duidelijk maakt is dat naarmate het analyseniveau toeneemt de handelingsperspectieven voor medewerkers in de praktijk ook beter worden.



Figuur 8: Diverse stappen als onderdeel van business intelligence analyse (Nakhal en collega's, 2021).

8.3 Machinelearning voor veiligheidsanalyse

Naast standaard technologieën wordt er in de wetenschappelijke literatuur steeds vaker gerapporteerd over algoritmen die organisaties helpen afwijkingen te identificeren; denk daarbij aan machine learning (ML)-technologieën.

De inzet van algoritmen om afwijkingen in veiligheidsprocessen te identificeren kunnen waardevolle inzichten opleveren in potentiële veiligheidsrisico's en mogelijkheden voor verbetering. Hieronder volgen enkele conclusies uit studies die hier onderzoek naar gedaan hebben (Brizon en Wybo, 2009; Drupsteen & Wybo, 2015; Swuste, 2016; Babic en collega's, 2021; Delétang et al., 2021; Nakhal en collega's, 2021; Xu & Saleh, 2021).

Deze studies benadrukken de noodzaak van gegevens van hoge kwaliteit, menselijke expertise en voortdurende controle om ervoor te zorgen dat de resultaten accuraat en bruikbaar zijn.

- Machine learning algoritmen kunnen potentiële veiligheidsrisico's helpen identificeren doordat zij in staat zijn grote hoeveelheden gegevens uit verschillende bronnen (tegelijk) te analyseren en zo patronen en trends te ontdekken in (veiligheidsgerelateerde) data die wijzen op potentiële veiligheidsrisico's. Hierdoor kunnen bedrijven deze risico's proactief aanpakken voordat ze tot incidenten leiden.
- Afwijkingen kunnen subtiel en moeilijk te identificeren zijn, vooral wanneer ze verscholen liggen in grote hoeveelheden gegevens. Machine learning algoritmen helpen om deze afwijkingen aan de oppervlakte te brengen en potentiële veiligheidsrisico's te markeren die anders misschien onopgemerkt blijven.
- De kwaliteit van de gegevens moet hoog zijn om nauwkeurige resultaten te kunnen genereren. Als de gegevens onvolledig of onnauwkeurig zijn, is het algoritme mogelijk niet in staat om zwakke signalen te identificeren of kan het vals-positieve resultaten genereren.
- Menselijke expertise blijft nodig om de resultaten te interpreteren en passende maatregelen te nemen op potentiële veiligheidsrisico's die machine learning algoritmen identificeren. Menselijke deskundigen kunnen context en inzicht verschaffen die machines mogelijk niet kunnen vastleggen.
- Voortdurende monitoring en controle is essentieel omdat veiligheidsrisico's zich in de loop der tijd kunnen veranderen. Het is dan ook noodzakelijk om ervoor te zorgen dat het risicoprofiel accuraat en up-to-date blijft. De algoritmen kunnen hierbij helpen door gegevens voortdurend te analyseren en potentiële veiligheidsrisico's te identificeren wanneer deze zich voordoen.

Op een aantal van bovenstaande punten gaan we dieper in.

8.4 Noodzaak van menselijke expertise

De crux van leren zit hem in het vermogen van mensen om veranderingen te detecteren als bepaalde signalen (bijv. visuele of auditieve informatie) worden gepresenteerd aan de werknemer in een doorgaans relatief stabiele omgeving (niet-noodsituaties) (Swets, 1964; Green & Swets, 1966). Daarnaast gaat het over het detecteren van (kleine) veranderingen over tijd die al dan niet met elkaar samenhangen. Tevens moet er begrip zijn van de betekenis van signalen bijv. voor de betrouwbaarheid van een proces of asset en een projectie van de toekomstige status daarvan mogelijk zijn, gevolgd door (analytische of intuïtieve) besluitvorming(strategieën) over hoe het signaal adequaat en juist te adresseren (Kahneman & Klein, 2009).
Data-technologie is effectief als het de mens helpt helpen bij signaaldetectie (of het verhogen van de drempelwaarde daartoe) door bepaalde informatie (als sterk of zwak signaal) zo vroeg mogelijk te detecteren en voor te schotelen aan de mens om tijdig in te grijpen en/ of dat de AI (op termijn) direct zelf (of in samenwerking met de menselijke beslisser) ingrijpt om verdere degradatie van het controlemechanisme en/ of een incident te voorkomen. Er wordt zelfs veronderstelt dat AI veel beter is in dergelijke taken dan de mens vanwege de eerder genoemde menselijke feilbaarheid in het besluitvormingsproces.

Wil een AI systeem inderdaad in staat zijn de menselijke beslisser effectief te ondersteunen dan moet deze voldoen aan bepaalde eisen om succesvol te kunnen zijn.

De eigenschappen van (intelligente) beslissingsondersteunende systemen zijn (Guerlain, Brown, & Mastrangelo, 2000):

- Interactiviteit: het systeem werkt samen met de menselijke gebruiker(s) om de "ruimte van mogelijkheden" op een op beperkingen gebaseerde manier te verkennen, in plaats van slechts één "optimale" oplossing te bieden.
- Detectie van gebeurtenissen en veranderingen: het systeem herkent en communiceert effectief belangrijke veranderingen en gebeurtenissen.
- Representatiehulp: het systeem representeert en communiceert informatie op een overtuigende, informatieve en mensgerichte manier (bijvoorbeeld door slimme visualisatie of "dashboarding").
- Foutdetectie en -herstel: het systeem controleert op typische redeneerfouten van mensen (bv. vooringenomenheid). Verder heeft het systeem kennis van zijn eigen beperkingen en controleert het op situaties waarvoor het misschien niet zo volledig geschikt is.
- Informatie uit gegevens: het systeem gebruikt intelligente algoritmische technieken om uit de beschikbare gegevens informatie af te leiden en te genereren.
- Voorspellend vermogen: Het systeem kan het effect van acties op toekomstige prestaties voorspellen (what-if analyses).
- Daarnaast kan een intelligent beslissingsondersteunend systeem helpen bij risicoanalyses (Prelipcean & Boscoianu, 2011).

8.5 Menselijke en machinale expertise samen

Machine Learning werkt volgens mathematische wetmatigheden die niet alléén positieve effecten heeft. Als data wordt gebruikt die eenzijdige informatie bevat (zoals oude of eenzijdige informatie) of dat de data ongeschikt is voor het organisatiesysteem dat bestudeerd wordt kan Machine Learning beoogde doelen niet behalen. Dat is niet onbelangrijk op het moment dat data wordt gedeeld voor cross-organisatie leren via praktijkgemeenschappen. Ook wordt er wordt geregeld verondersteld dat er geen menselijke expertise, i.c. (veiligheids)theorieën of (ongevals/ risico-analyse) modellen, meer nodig zijn om nieuwe inzichten over de veiligheidsprestaties te verkrijgen maar dat is onwaarschijnlijk. Je kijkt in dat geval alleen nog naar inzichten op basis van correlaties in de data in plaats van op basis van causaliteit (verkregen uit bijv. ongevalsmodellen). Echter, de bestaande veiligheidstheorieën en –modellen (bijv. HAZOP, HIRA, LOPA, Bow-tie) kunnen een classificatie, een noodzakelijke structuur, bieden bij analyse en helpen bij de interpretatie van de resultaten die zijn afgeleid van ‘big data’-analyse. Een dergelijke classificatie is cruciaal, omdat 'theorievrije' correlaties, in combinatie met big data-analyses, geen inzicht geven in (het waarom en – de context van) relaties, en daarmee van enig begrip van waarom correlaties in de loop van de tijd zullen veranderen of enige vorm van inzicht geven in potentiële bias in de data (Swuste, 2016). Dit betekent o.a. dat het AI systeem, de operator en/ of manager voor adequate besluitvorming:

- Een accuraat (mentaal) model moeten hebben van hoe een (productie)systeem veilig functioneert.
- Weten wat de drempelwaarden van diverse parameters (in samenhang) zijn om binnen de veilige bandbreedte te blijven van het controlemechanisme.

- Weten welke onzekerheidsmarges gepaard gaan met de voorspellingen die gemaakt worden door de AI; en
- Weten wat de bijbehorende beperkingen in relatie tot het handelingsperspectief zijn om accurate en effectieve interventies te kunnen bepalen en in te zetten.

ML technieken hebben het inherente vermogen om zelfstandig steeds complexere beslissingen te nemen en zich continu aan te passen aan nieuwe gegevens (Babic en collega's, 2021). De vraag is echter of bedrijven deze ML algoritmen autonoom moeten laten evolueren, of dat ze deze algoritmen softwarematig moeten 'vergrendelen' en periodiek updaten? Als bedrijven ervoor kiezen om het laatste te doen, wanneer en hoe vaak moeten die updates dan plaatsvinden? En hoe moeten bedrijven de risico's van die en andere keuzes evalueren en mitigeren? De vraag is of AI en de mens daar op dit moment klaar voor zijn.

8.6 Vertrouwen in het algoritme

Omdat ML algoritmen zoveel voorspellingen doen, is het waarschijnlijk dat sommige het ook wel eens mis hebben; het is eenvoudigweg een statistische mogelijkheid. De kans op fouten hangt af van veel factoren, waaronder (Babic en collega's, 2021):

- De hoeveelheid, diversiteit en kwaliteit van de gegevens die worden gebruikt om de algoritmen te trainen (voorkomen van biased data).
- De toegepaste data voorbewerkingstechnieken.
- De feature selectie methode.
- De specifieke type machine-learning methode dat gekozen is (bijvoorbeeld deep learning, waarbij gebruik wordt gemaakt van complexe wiskundige modellen, versus classificatiebomen die afhankelijk zijn van beslisregels); en
- Of het systeem alleen 'explainable' algoritmen gebruikt (wat betekent dat mensen kunnen beschrijven hoe de algoritmen tot hun beslissingen zijn gekomen), waardoor de nauwkeurigheid mogelijk niet wordt gemaximaliseerd.

Daarnaast kan de (interne en externe) omgeving waarin ML opereert zelf evolueren of verschillen van de omgeving waarin de algoritmen zijn ontwikkeld. Hoewel dit op veel manieren kan gebeuren, zijn twee van de meest voorkomende (Babic en collega's, 2021):

- 'Concept drift': relatie tussen de inputs die het systeem gebruikt en de outputs is niet stabiel over tijd of kan verkeerd gespecificeerd zijn; het machine-learningsysteem en de omgeving moeten samen evolueren; en
- 'Covariate shift': gegevens die in een algoritme worden ingevoerd tijdens het gebruik verschilt van de gegevens waarmee het is getraind.

Met zoveel parameters is het moeilijk om te beoordelen of en waarom een ML algoritme een fout heeft gemaakt, laat staan zeker te zijn over zijn gedrag en wie eventueel verantwoordelijk is in geval van fouten (bijv. dataproviders, algoritme-ontwikkelaars, implementeerde en/ of gebruikers). Om die reden wordt het raadzaam geacht als bedrijven hun nieuwe, op ML gebaseerde, producten indien mogelijk onderwerpen aan gerandomiseerde gecontroleerde onderzoeken om hun veiligheid, werkzaamheid en eerlijkheid te waarborgen voorafgaand aan de uitrol (mogelijk zelfs certificeren).
Tenslotte zijn er auteurs die aangeven dat er veel mogelijkheden zijn om meer en betere inzichten uit databases en veiligheidsbeheerssystemen (SMS) te halen met behulp van ML-instrumenten dan met traditionele statistische instrumenten (Hughes et. al., 2018; Xu & Saleh, 2021).

De volgende generatie slimme SMS zal waarschijnlijk ML-instrumenten bevatten voor de naadloze integratie van veiligheidsgerelateerde heterogene gegevens die op verschillende tijdschalen en met verschillende middelen zijn verzameld (bv. real-time online monitoring, inspecties, handmatig gecodeerde near miss melding gegevens; zie Hughes et al. 2019) om de doeltreffendheid van ongevallenprecursorenidentificatie en veiligheidsmaatregelen te verbeteren.

Gegevenskoppelingen met andere databases die geen betrekking hebben op ongevallen, kunnen verder helpen blootstellingsmetingen te genereren voor het bepalen van de ongevallen- en letselpercentages, het vergelijken van vergelijkbare contexten of bedrijfstakken, en het identificeren van voorspellende kenmerken en de sterkte van hun associaties met de resultaten voor betere veiligheidsinterventies en ongevallenpreventie.

9 Blauwdruk voor de praktijkgemeenschap

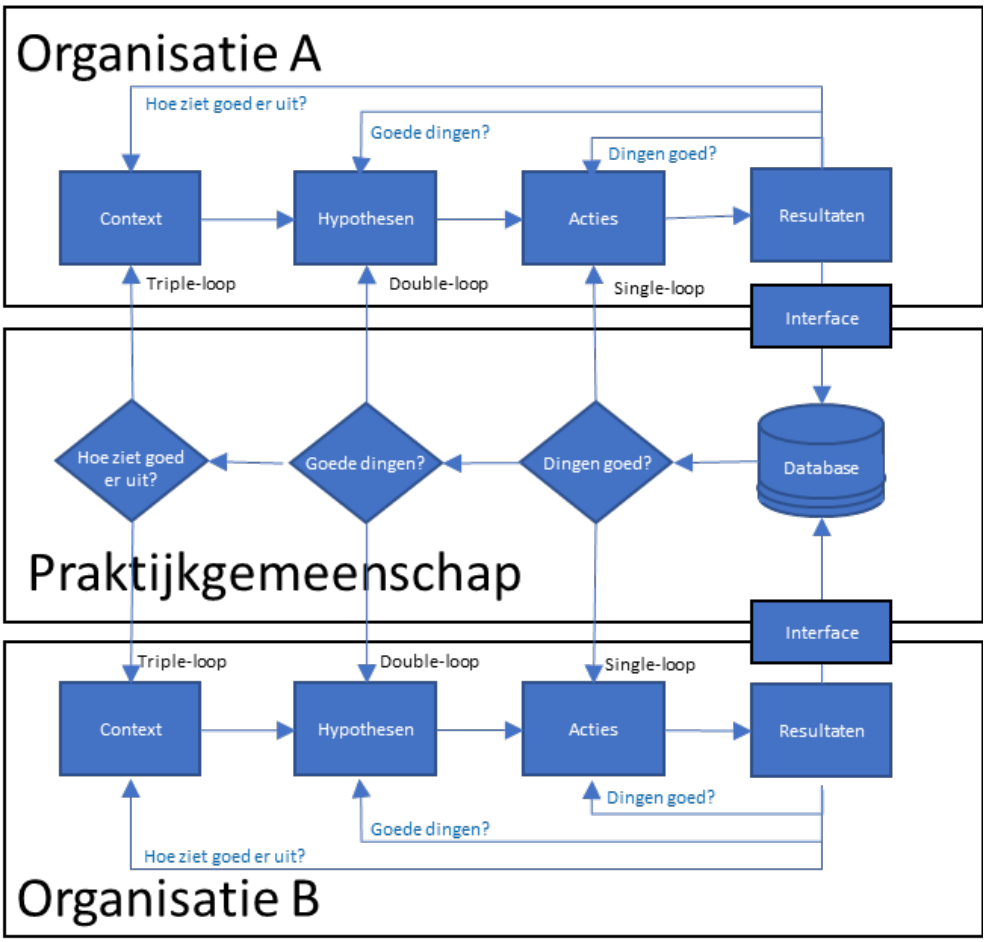
9.1 Processen en algoritmen voor de praktijkgemeenschap

De crux bij succesvol leren van zwakke signalen en afwijkingen zit hem in de manier waarin de lessen een effect hebben op de betrokken organisatie(s). BLIC vooruit ambieert de potentie van dergelijke leerprocessen methodisch op te lossen met behulp van een digitaal ecosysteem; dit mede vanwege het grote aantal bedrijven die sterk verknoopt zijn in het chemisch cluster Chemelot.
Dit onderzoek geeft aan welke kennisbeginselen ten grondslag liggen van een dergelijke samenwerking alsook de randvoorwaarden voor het ontwikkelen van een praktijkgemeenschap en de bijbehorende technologie.

In essentie komt de visie van het BLIC vooruit project neer op een drietal kern technologieën die op een unieke manier samen worden gevoegd:

- Een praktijkgemeenschap op basis van een digitaal ecosysteem waarmee een leereffect wordt beoogd op basis van zwakke signalen.
- Een gestructureerde leeraanpak op basis van het triple-loop leerprincipe, op basis van
- Het cybernetische veiligheidsmanagement model (ook wel het klassieke veiligheidsmanagement model) om te leren van zwakke signalen en afwijkingen te detecteren.

Dat levert een theoretische blauwdruk op voor het leerproces: een praktijkgemeenschap die één of meer algoritmen ondersteunt om gezamenlijk te leren van data waar mogelijk zwakke signalen in zijn verborgen die afkomstig zijn van traditionele (cybernetische) veiligheidsmanagementsystemen om single, double en triple-loop leerkringen in de deelnemende bedrijven te ondersteunen en versterken. Naar gelang van de wensen van de deelnemende partijen kan de praktijkgemeenschap nog steeds op veel verschillende manieren ingevuld worden. Een mogelijkheid zou kunnen zijn zoals in figuur 9.



Figuur 9: Theoretische blauwdruk voor het leerproces in de praktijkgemeenschap.

De algoritmen bestaan in dit geval uit AI technieken die geschikt zijn om afwijkingen te detecteren in de aangeleverde data en die al-dan-niet als relevante zwakke veiligheidssignalen te identificeren. Tegelijkertijd moet de praktijkgemeenschap toegankelijk en aantrekkelijk zijn voor geselecteerde individuen die een deel van hun tijd aan de praktijkgemeenschap besteden. Voor de deelnemende bedrijven moet de praktijkgemeenschap transparant zijn voor de deelnemende organisaties en waardevrije lessen (blame free) teruggeven naar die organisaties. In theorie is het te verwachten dat deelnemende bedrijven hun eigen verantwoording pakken als het gaat om single-loop learning (mede omdat deze eventueel bedrijfsgevoelig kan zijn) en de meerwaarde van de praktijkgemeenschap meer in second-loop en third-loop leren zit.

9.2 Randvoorwaarden

Op basis van het theoretische model en de onderliggende literatuur kunnen de volgende randvoorwaarden gesteld worden:

Vanuit de praktijkgemeenschap:

- De praktijkgemeenschap heeft een herkenbare identiteit nodig.
- Een belangrijk deel van de identiteit moet gebaseerd zijn op (unieke) kennis en/of kunde.
- De praktijkgemeenschap moet voor de deelnemende organisaties betrouwbare meerwaarde opleveren.

- Individuen in de praktijkgemeenschap moeten zich onder elkaar, en in hun organisaties psychologisch veilig voelen.
- Begin met kleine successen en zet daarmee een positieve collaboratiespiraal in die het vertrouwen continue doet toenemen (en voorkom een vicieuze cirkel).
- Zorg dat (kennis) algoritmen en procedures toegankelijk zijn (m.n. in het begin).
- Wanneer je in praktijkgemeenschappen met machine learning of AI werkt, wees alert op fouten of valkuilen die het vertrouwen in het algoritme (en daarmee de praktijkgemeenschap) ondermijnen:
    - Gebruik zo veel mogelijk explainable AI (óók ten koste van nauwkeurigheid!).
    - Zorg voor hoge kwaliteit van trainingsdata.
    - Monitor de algoritmen op afwijkingen of veranderingen, analyseer en probeer duiding te geven (of in te grijpen).
    - Spiegel uitkomsten met menselijke experts (die eventueel nog context kunnen aanbrengen).

Vanuit het leersysteem:

- Zorg ervoor dat deelnemende individuen voldoende tijd krijgen voor leren en breder leren.
- Zorg voor psychologische veiligheid van de lerende individuen.
- Doseer de kennis die uit de lessen voortvloeit in afstemming met de gebruikers.
- Onderhoud een divers leeraanbod met meerdere leermiddelen.
- Houd rekening met verschillende niveaus van digitale vaardigheid en met oudere werknemers.

Vanuit het cybernetisch (veiligheids) managementmodel:

- Zorg voor transparantie van het VMS voor melders/betrokkenen/gebruikers.
- Vermijd de schuldvraag.
- Communiceer over de processen en haar uitkomsten.
- Neem verantwoording voor het opvolgproces.
- Specifiek voor het detecteren van zwakke signalen:
    - Verzamel informatie over hoog-frequente afwijkingen; ook kleine of ogenschijnlijk onschuldige afwijkingen.
    - Breng een typering aan van de afwijkingen; ook als ze onschuldig lijken.
    - Zoek naar achterliggende patronen of onderliggende causaliteit.
    - Houd rekening met de context van de verstoring (in een anders situatie had…).
    - Wanneer een ‘zwak signaal’ gevonden is: ga het monitoren en besluiten óf en welke ad-hoc of systematische maatregelen nodig zijn.
- Monitor beheersmaatregelen.

10 Conclusie

Deze memo is de praktische invulling van deliverable 1B van BLIC vooruit. Het geeft een blauwdruk voor een praktijkgemeenschap die één of meer algoritmen ondersteunt om gezamenlijk te leren van data waar mogelijk zwakke signalen in zijn verborgen die afkomstig zijn van traditionele (cybernetische) veiligheidsmanagementsystemen om breed leren volgens de triple-loop leermethode.

De drie centrale kennisbeginselen zijn: cybernetisch veiligheidsmanagement (ook wel klassiek veiligheidsmanagement), triple-loop leren en theoretische beginselen van praktijk-gemeenschappen. Hieruit zijn 18 randvoorwaarden gedistilleerd en 9 verdiepende voorwaarden (die verdiepen op de onderwerpen AI en het detecteren van zwakke signalen). Samen leveren deze voorwaarden succescriteria op hoog abstractieniveau op, deze zijn gebaseerd op de MTO systematiek uit de Veiligheidskunde: Mens, Techniek en Organisatie.

De succescriteria zijn de volgenden:

Mens: de praktijkgemeenschap vereist betrokken individuen die de ruimte krijgen voor individuele ontwikkeling.

Technologie: de technologie moet begrijpelijk zijn en het vertrouwen in de praktijk-gemeenschap niet ondermijnen.

Organisatie: de praktijkgemeenschap heeft een herkenbare meerwaarde en opereert op basis van transparantie, vertrouwen, betrouwbaarheid en een eenduidige basis van kennis en kunde.

Het in ogenschouw nemen van de succescriteria en de randvoorwaarden levert een raamwerk van leervoorwaarden op voor de ontwikkeling van het leersysteem om breder te leren van zwakke signalen in een praktijkgemeenschap welke ontwikkeld wordt in BLIC vooruit.

Bijlage A Bronnen

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

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

Babic, B., Cohen, I. G., Evgeniou, T., & Gerke, S. (2021). When machine learning goes off the rails. HARVARD BUSINESS REVIEW.

Bridwell-Mitchell, E. N. (2016). Collaborative Institutional Agency: How Peer Learning in Communities of Practice Enables and Inhibits Micro-Institutional Change. Organization Studies, 37(2), 161–192.

Brizon, A., & Wybo, J. L. (2009). The life cycle of weak signals related to safety. International Journal of Emergency Management, 6(2), 117-135.

Brown, J. S., & Duguid, P. (1991). Organizational learning and communities-of-practice: Toward a unified view of working, learning, and innovation. Organization Science, 2(1), 40-57.

Catino, M. (2008). 'A Review of Literature: Individual Blame vs. Organizational Function Logics in Accident Analysis', Journal of Contingencies and Crisis Management, Volume16, Number1, pp. 53–62.

CEFIC Responsible Care® Key Performance Indicators 2020 (2020). Available at: https://news.cefic.org/storage/5943/Responsible-Care---KPI-Report-2020.pdf (Accessed: March 30, 2023).

CHILL: Chemelot Innovation and Learning labs (2023). Available at: https://chillabs.nl/ (Accessed: March 31, 2023).

CIEHF: Chartered Institute of Ergonomics & Human Factors (2018). Learning from adverse events.

Cox, A. (2005). What are communities of practice? A comparative review of four seminal works. Journal of Information Science, 31(6), 527–540.

Crisislab (2020). Literatuurstudie Achtergronddocument Handreiking Beter Leren Van Incidenten In De (Petro)Chemische Industrie.

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

Dekker, S.W.A. (2009). 'Just Culture: Who Gets to Draw the Line?', Cognition, Technology and Work, Volume11, Number 3, pp.177–185.

Delétang, G., Grau-Moya, J., Kunesch, M., Genewein, T., Brekelmans, R., Legg, S., & Ortega, P. A. (2021). Model-Free Risk-Sensitive Reinforcement Learning. arXiv preprint arXiv:2111.02907.

Drupsteen, L., & Wybo, J. L. (2015). Assessing propensity to learn from safety-related events. Safety Science, 71, 28-38.

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.

Energy Institute (Tripod). Learning from incidents, accidents and events, 2016.

Flood, R. L., & Romm, N. R. (1996). Contours of diversity management and triple loop learning. Kybernetes, Volume 25, Issue 7-8, Pages 154 – 163.

Geller, E. S. (2014). Are you a safety bully: recognizing management methods that can do more harm than good. Professional Safety, 59(01), 39-44.

Green, D. M., Swets J. A. (1966). Signal Detection Theory and Psychophysics. New York: Wiley. (ISBN 0-471-32420-5).

Guidance on the design and conduct of learning reviews. Retrieved from https://www.ergonomics.org.uk/page/AdverseEventsGuidance

Guillaume, E. G. (2011). https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:f455e8a0-cce5-4a36-8a98-f83371dc2a2a?collection=research

Hollnagel, E., J. Leonhardt, T. Licu, and S. Shorrock. (2013). From Safety-I to Safety-II: A White Paper. Brussels: EUROCONTROL.

Hughes P., Robinson R., Figueres-Esteban M. & Van Gulijk C. (2019). Extracting safety information from multi-lingual accident reports using an ontology-based approach, Safety Science 118, pp 288-297.

Hughes P., Shipp D., Figueres-Esteban M. & Van Gulijk C. (2018). From free-text to structured safety management: introduction of a semi-automated classification method of railway hazard reports to elements on a bow-tie diagram, Safety Science 110, pp 11 – 19.

Kahneman, D., & Klein, G. (2009). Conditions for intuitive expertise: a failure to disagree. American Psychologist, 64(6), 515.

Kantamara, P. & Ractham, V. V. (2014). Single-loop vs. double-loop learning: An obstacle or a success factor for organizational learning. In EDULEARN11 Proceedings (pp. 1586-1591). IATED.

Kooi, E. S., Manuel, H. J., & Mud, M. (2019). Vijftien jaar incidentanalyse: Oorzaken, gevolgen en andere kenmerken van incidenten met gevaarlijke stoffen in de periode 2004-2018. DOI 10.21945/RIVM-2019-0042.

Körvers, P. M. W. (2004). Accident precursors. Eindhoven, Technische Universiteit Eindhoven.

Koskinen K. U., Pihlanto P., Vanharanta H. (2003). Tacit knowledge acquisition and sharing in a project work context. International Journal of Project Management, May 1;21(4):281–290. doi:10.1016/S0263-7863(02)00030-3.

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

Lave, J., & Wenger, E. (1990). Situated learning: Legitimate peripheral participation. Cambridge University Press.

Le Coze, J. C., (2013). What have we learned about learning from accidents? Post-disasters reflections. Safety Science, 51, 441–453.

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

Lukic, D., Littlejohn, A. and Margaryan, A. (2012). A framework for learning from incidents in the workplace, Safety Science, 50 (2012) pp 950-957.

Nakhal Akel, A. J., Patriarca, R., Di Gravio, G., Antonioni, G., & Paltrinieri, N. (2021). Investigating occupational and operational industrial safety data through Business Intelligence and Machine Learning. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 73, 104608.

Nicolaidou, O., Dimopoulos, C., Varianou-Mikellidou, C., Boustras, G., & Mikellides, N. (2021). The use of weak signals in occupational safety and health: An investigation. Safety Science, 139, 105253.

Nicolaidou, O., Dimopoulos, C., Varianou-Mikellidou, C., Mikellides, N., & Boustras, G. (2022). Weak signals management in occupational safety and health: A Delphi study. Safety Science, 146, 105558.

Nicolini, D., Pyrko, I., Omidvar, O., & Spanellis, A. (2022). Understanding communities of practice: Taking stock and moving forward. Academy of Management Annals, 16(2), 680-718.

Nunen, K & Reneirs, G. (2022). Chemische clusters en veiligheid - Drijfveren en hindernissen voor samenwerking. Van: https://open.overheid.nl/documenten/ronl-a493764b5151660b9f63bd9375126545b4e15b94/pdf

OVV, (2018). Chemie in samenwerking Veiligheid op het industriecomplex Chemelot. Den Haag, juni 2018. Chemie in samenwerking - Veiligheid op het industriecomplex Chemelot – Onderzoeksraad voor Veiligheid, Den Haag.

Paltrinieri, N., Comfort, L., & Reniers, G. (2019). Learning about risk: Machine learning for risk assessment. Safety Science, 118, 475-486.

Panteli, N. & Sockalingam, S. (2005). Trust and conflict within virtual interorganizational alliances: a framework for facilitating knowledge sharing. Decision Support Systems, Jun 1;39(4):599–617. doi:10.1016/j.dss. 2004.03.003.

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

Rasmussen, H. B., Drupsteen, L., Dyreborg, J., (2013). Can we use near-miss reports for accident prevention? A study in the oil and gas industry in Denmark. Safety Science Monitor, 2.

Sanne, J. M. (2008). Incident reporting or storytelling? Competing schemes in a safety-critical and hazardous work setting. Safety Science, 46(8), 1205-1222.

Schöbel, M., Manzey, D., (2011). Subjective theories of organizing and learning from events. Safety Science, 49, 47–54.

Schoemaker, P. J., & Day, G. S. (2009). How to make sense of weak signals. Leading Organizations: Perspectives for a New Era, 2, 37-47.

Schophuizen, M. & Veldhuis, G. (2021). SAFE SOLAR WORK. Van wetenschappelijk geïnformeerd referentiekader naar richtinggevend onderwijsraamwerk. TNO-2021-R11435B. https://ris-data.tno.nl/bibliotheek/sv-015068/TNO/Rapporten/2021/TNO-2021-R11435B.pdf

Single, J. I., Schmidt, J., & Denecke, J. (2020). Knowledge acquisition from chemical accident databases using an ontology-based method and natural language processing. Safety Science, 129, 104747.

Smith & Roels (2016). Learning from incidents, accidents and events. London: ENERGY INSTITUTE.

Snyder, W., & Briggs, X. N. D. S. (2003). Communities of Practice: A New Tool for Government Managers, November 2003 Series Collaboration. IBM Center for the Business of Government.

Sonnemans, P. J., & Körvers, P. M. (2006). Accidents in the chemical industry: are they foreseeable? Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 19(1), 1-12.

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

Swets, J.A. (ed.) (1964). Signal detection and recognition by human observers. New York: Wiley.

Swuste, P. (2016, July). Is big data risk assessment a novelty? In Safety and Reliability (Vol. 36, No. 3, pp. 134-152). Taylor & Francis.

Understanding reach (no date) ECHA. Available at: https://echa.europa.eu/regulations/reach/understanding-reach (Accessed: March 31, 2023).

Urzelai, B., & Puig, F. (2019). Developing international social capital: The role of communities of practice and clustering. International Business Review, 28(2), 209–221.

UVW, (2020). Duiding arbeidsmarktontwikkelingen. UWV - Duiding arbeidsmarkt-ontwikkelingen januari 2020.

Veiligheid Voorop. Handreiking Beter Leren van Incidenten in de (petro)chemische industrie, 2020.

Watkins, K. E., & Marsick, V. J. (1996). In action. Creating the Learning Organization. Alexandria VA: American Society for Training and Development.

Welch, D., & Welch, C. (2015). How global careers unfold in practice: Evidence from international project work. International Business Review, 24(6), 1072–1081.

Wenger, E. (1998). Communities of practice: Learning as a social system. Systems thinker, 9(5), 2-3.

Wenger, E. (2010). “Communities of Practice and social learning systems: The career of a concept,” Social Learning Systems and Communities of Practice, pp. 179–198.

Wenger, E. C., & Snyder, W. M. (2000). Communities of practice: The organizational frontier. Harvard Business Review, 78(1), 139-146.

Wenger, E., McDermott, R., & Snyder, W. (2002). Cultivating Communities of Practice. Harvard Business School Press.

Xu, Z., & Saleh, J. H. (2021). Machine learning for reliability engineering and safety applications: Review of current status and future opportunities. Reliability Engineering & System Safety, 211, 107530.

Yu, M., Pasman, H., Erraguntla, M., Quddus, N., & Kravaris, C. (2022). A framework to identify and respond to weak signals of disastrous process incidents based on FRAM and machine learning techniques. Process Safety and Environmental Protection, 158, 98-114.

Healthy Living & Work

Sylviusweg 71
2333 BE Leiden
www.tno.nl

TNO innovation for life