

Hoe effectief zijn procesveiligheidsindicatoren?

Indicatoren en managementfactoren

Swuste, Paul; van Nunen, Karolien; Reniers, Genserik; Schmitz, Peter

Publication date

2019

Document Version

Final published version

Published in

Proceedings of NVVK-congres 2019

Citation (APA)

Swuste, P., van Nunen, K., Reniers, G., & Schmitz, P. (2019). Hoe effectief zijn procesveiligheidsindicatoren? Indicatoren en managementfactoren. In *Proceedings of NVVK-congres 2019: 2025 Wat ga ik anders doen?* (pp. 83-86). Nederlandse Vereniging voor Veiligheidskunde.

Important note

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

Copyright

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

Takedown policy

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

Hoe effectief zijn procesveiligheidsindicatoren?

Procesveiligheidsindicatoren geven informatie over ongevalsscenario's en over de effectiviteit van veiligheidsbarrières. Dat is de bedoeling. Het is de vraag of dat lukt. In de vakliteratuur wordt een onderscheid gemaakt tussen leidende (leading) en volgende (lagging) indicatoren. Dit lijkt overtuigend. Behalve bedrijven gebruikt ook de overheid deze indeling. Indicatoren worden vaak gekwantificeerd. Wat betekent dat getal? Veiligheidsindicatoren zijn ook binnen arbeidsveiligheid een onderwerp. Deze bijdrage beperkt zich voornamelijk tot indicatoren in procesveiligheid en in high-tech-high-hazard-sectoren. Het onderwerp veiligheidsindicatoren zal nog lang in de belangstelling blijven staan.

| TEKST PAUL SWUSTE, KAROLIEN VAN NUNEN, PETER SCHMITZ EN GENSERIK RENIERS

Kennis van ongevalsprocessen is belangrijk om grote ongevallen in de procesindustrie te begrijpen en te beheersen. Veiligheidskunde kent nog geen uniforme theorie of model voor ongevalsprocessen. Dat komt door de jonge leeftijd van dit domein. Pas in de jaren 70 van de vorige eeuw is op uitgebreide schaal onderzoek opgestart.

Nu zien bedrijven de frequentie van arbeidsongevallen vaak als indicator voor procesveiligheid, impliciet verwijzend naar Heinrich's piramide of ijsberg uit 1929. Een vroege publicatie over indicatoren komt van de Amerikaanse ingenieur Thomas Rockwell. In 1959 stelt hij dat arbeidsongevallen met of zonder verzuim niet betrouwbaar zijn en geen informatie geven over onveilig gedrag van werknemers, refererend aan de Heinrich's dominometafoor uit 1941 en de brokkenmakerstheorie uit 1919. De BP-ramp in Texas City in 2005 heeft indicatoren in de vakpers weer op de kaart gezet. Het onderzoek concludeert dat arbeidsongevallen geen voorbode zijn van rampen.

Na de Tweede Wereldoorlog start een ontwikkeling in de industrie en het militaire domein. Wapens en installaties worden complex en vragen een hoog kennisniveau van bedieners. Onderzoek naar de menselijke factor, de betrouwbaarheid van menselijk handelen, ergonomie en naar mens-machine-systemen komt op. Dit is gericht op een optimale combinatie van mogelijkheden en beperkingen van werknemers en het ontwerp van installaties, taken en organisatie van de arbeid. De Nederlandse arts en psycholoog Willen Winsemius laat in 1951 zien dat ongevallen veroorzaakt worden door procesverstoringen en ergonomisch slecht ontworpen werkplekken. In het leger en bij bedrijven hebben ontwerpers een natuurlijke affiniteit met technische oplossingen. De mens-machine-interface lijkt

dan op een klokkenwinkel, meer bepaald door de logica van de ontwerper dan door de behoefte van de bediener.

Onderzoek in de Verenigde Staten richt zich op de menselijke betrouwbaarheid, vergelijkbaar met Rockwell's benadering. Deze wordt gekwantificeerd en de gegevens worden opgeslagen in databanken. Deze benadering is niet erg succesvol. Kleppen en pompen hebben immers een specifieke in- en output, mensen niet. De betrouwbaarheid van de uitkomsten is daarmee een probleem.

In Groot-Brittannië heeft de ergonomie zich ontwikkeld in samenhang met de biologie en de aandacht voor het welzijn en de gezondheid van werknemers. In de tweede helft van de jaren 60 van de vorige eeuw komt de systeemtheorie op uit de Verenigde Staten en wordt de systeemergonomie ontwikkeld. Taken en manieren hoe werknemers informatie verwerken worden belangrijk en dit leidt tot een andere uitleg van menselijke fouten. Het uitgangspunt is dat werknemers niet dom en geen brokkenmakers zijn. Organisatorische oorzaken en de fysieke omgeving van het werk veroorzaken menselijke fouten.

Grote ongevallen in de zogenaamde *high-risk-high-hazard*-sectoren blijven voorkomen (tabel 1). Complexe, deels geautomatiseerde technologieën vereisen een complexe controle. Dit leidt tot situaties die onvoorspelbaar, of wanneer voorspelbaar, niet te veranderen zijn.

Door automatisering is de afstand tussen werknemers en de te controleren processen groter geworden en zijn taken beperkt tot de diagnose en analyse van processtoringen. Mensen hebben gewoon veel minder te doen. De fixatie van management op arbeidsongevallen speelt ook een rol, evenals soms slecht uitgevoerde automatiseringsprojecten.

'We hebben een vijfde generatie technologie en een tweede generatie management', wordt wel gezegd. Automatisering geeft niet minder ongevallen, maar de ernst is veranderd. Na BP Texas 2005 verschijnen er veel verschillende definities voor veiligheidsindicatoren, met 'verbeteren' en 'benchmarking' als kernbegrippen. Bijna alle indicatoren worden gekwantificeerd. Het is de vraag of alleen het aantal toolboxbijeenkomsten, of het aantal procesverstoringen informatie geeft over ongevalsprocessen. Deze bijdrage zal de volgende vraag beantwoorden:

Volgen procesveiligheidsindicatoren logischerwijs uit bestaande veiligheidskundige theorieën, modellen en metaforen en hoe efficiënt zijn deze indicatoren?

Veiligheidstheorieën, modellen, metaforen en procesveiligheidsindicatoren

Sinds 1970 zijn verschillende theorieën en modellen ontwikkeld voor processen van grote ongevallen. Deze behandelen organisatorische factoren (incubatietheorie, veiligheidscultuur, Zwitserse kaas), technologische factoren (*normal accident*-theorie en risicoconcepten) of een combinatie (socio-technische systemen, *high reliability*-theorie en de vlinderdas).

Organisatorische factoren

De Britse socioloog Barry Turner heeft in 1978 de *disaster incubation theory* gepubliceerd in zijn boek *Man-made disasters*. Hij vraagt zich af wat er misgaat in organisaties met rampen. Menselijke fouten alleen kunnen deze rampen niet verklaren. Een complexe keten van gebeurtenissen in de organisatie maakt haar blind voor risico's. Procesverstoringen blijven zich herhalen als slecht gestructureerde verrassingen, die niet worden begrepen en niet overeenkomen met wat de organisatie gevaarlijk of normaal vindt. Volgens Turner zijn rampen een bijproduct van een normaal functionerende technologie en organisatie. Het onbegrip van dreigende risico's komt door onvoldoende, of geen kennis van ongevalsprocessen. Dit zijn ingrediënten van een incubatieperiode, die maanden, jaren kunnen sluimeren voordat de ramp plaatsvindt. De term *sloppy* of *slordig management* is hierop van toepassing.

In analyses van Tjernobyl (1986), Kings Cross (1987) en Piper Alpha (1988) wordt expliciet verwezen naar de veiligheidscultuur. Dit is een populair onderwerp geworden. De Amerikaanse sociaal-psycholoog Edward Schein geeft in 1992 een etnografische beschrijving van cultuur. Volgens Schein vormt een cultuur zich tijdens de eerste test voor het voort-

bestaan van een organisatie. De persoonlijke en werkrelaties waarmee de test succesvol wordt doorstaan, vormen de basis-assumpties, de ziel van de organisatie. Deze basis-assumpties zijn impliciet. Cultuur is neutraal. Er bestaat geen goede of slechte cultuur. De zichtbare elementen van cultuur zijn artefacten, de formele communicatie, de symbolen, de beleden waarden en de gedragspatronen. Er bestaan drie verschillende benaderingen van cultuur:

1. **De academische.** Gedeelde basis-assumpties van een groep of organisatie vormen de cultuur. Uit artefacten en beleden waarden en conflicten tussen deze twee verschijningsvormen van cultuur zijn basis-assumpties te achterhalen. De benadering is kwalitatief en vereist uitvoering van veldwerk, observaties, interviews en documentanalyses.
2. **Veiligheidsklimaat.** Deze benadering is psychologisch. Vragenlijstonderzoek geeft een momentopname van de cultuur door veiligheidspercepties te meten. Het onderzoek beperkt zich tot bureauwerk en kan niet de dynamiek van een organisatie of bedrijf karakteriseren.
3. **De normatieve.** Dit is gestoeld op ervaringen van bedrijven en experts (figuur 1). Ook hier is er geen veldwerk. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen een goede en een slechte veiligheidscultuur. Het doel is om de cultuur te verbeteren. Noch deze benadering noch veiligheidsklimaat raken aan basis-assumpties.

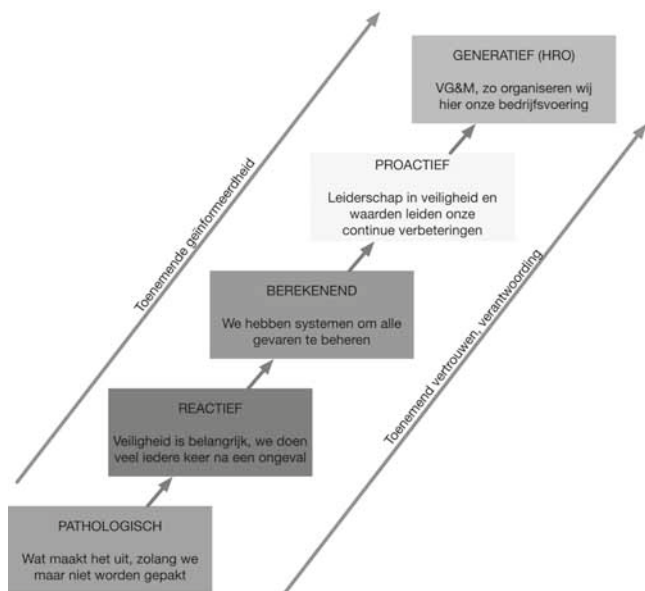
Recent is een geïntegreerd model gepubliceerd met input vanuit verschillende disciplines, het zogenaamde TEAM-model, The Egg Aggregated Model of safety culture (figuur 2). Net als de eerdergenoemde normatieve benadering heeft ook dit model tot doel de cultuur van een organisatie te verbeteren. Alleen is hier wel sprake van veldwerk en worden te observeren dimensies als veiligheidsklimaat, -houding, -perceptie, -technologie, -procedures en -training geaggregeerd in het model.

Ondanks al het onderzoek van de afgelopen decennia is een overtuigende relatie tussen cultuur en het veiligheidsniveau van een organisatie niet aangetoond. In de literatuur wordt verzocht dat er geen begrip is dat zó gewenst maar zo slecht begrepen is als cultuur.

De Britse psycholoog James Reason heeft latente factoren en de incubatieperiode van Turner vergeleken met aanwezige ziektefactoren. Zijn metafoor, Zwitserse kaas uit 1997, plaatst deze factoren in de organisatie die lange tijd een slapend bestaan leiden (incubatieperiode). Ze worden geactiveerd door ander systeemfalen. Grote ongevallen zijn nega-

| High-tech-high-hazard | 1970-1990 | 2000-2010 |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| Kernenergie | Tjernobyl, 1986 | Fukushima, 2011 |
| Off-shore exploitatie | Piper Alpha, 1988 | Deepwater Horizon, 2010 |
| Opslag | Port Eduard Heriot, 1987 | Buncefield, 2005 |
| Ruimtevaart | Challenger, 1986 | Columbia, 2003 |
| Luchtvaart | Tenerife, 1977 | Rio-Paris Air France Af 447, 2009 |
| (Petro-)Chemische industrie | Flixborough, 1974, Bhopal, 1985 | Toulouse, 2001, Texas City, 2005 |
| Spoorwegen | Clapham Junction, 1988 | Landbroke Grove 1999 |
| Scheepvaart I | Zeebrugge, 1987 | Costa Concordia, 2012 |
| Scheepvaart II | Exxon Valdez, 1987 | Erika, 2003 |
| Luchtverkeersleiding | Zagreb, 1976 | Umberlingen, 2002 |

Tabel 1. Grote ongevallen, een déjà vu.



Figuur 1. De normatieve benadering van cultuur.

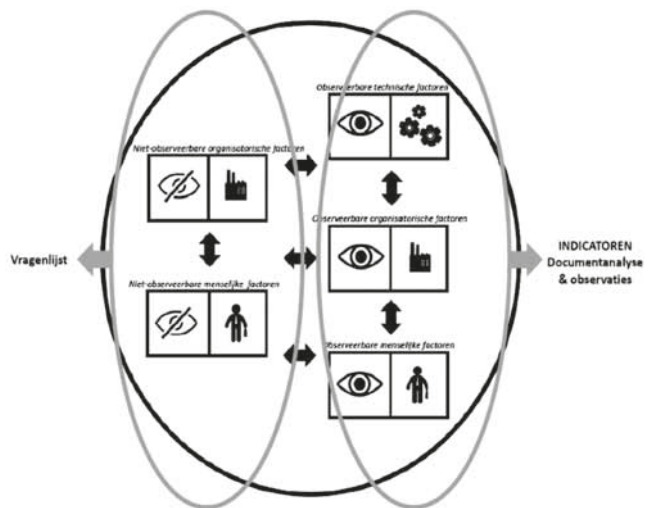
tieve consequenties van organisatorisch falen. De gaten in de kaas zijn slecht ontwerp, onhandige procedures en besluiten van topmanagers aan het zogenaamde *blunt end* (figuur 3).

De Tripod-theorie van Jop Groeneweg uit 1992 benoemt de gaten als basisrisicofactoren (figuur 4). Ook hier ligt de nadruk op besluitvorming op het *blunt end*. Er zijn elf basisrisicofactoren geïdentificeerd:

- 1. ontwerp: ontwerp van de installatie, apparatuur, gereedschap;
- 2. materieel en middelen: kwaliteit van de installaties, apparatuur, gereedschap;
- 3. onderhoud: gereedschap managen en uitvoeren van onderhoud;
- 4. orde en netheid: dagelijks onderhoud op de werkplek (*housekeeping*);
- 5. omgevingsfactoren: fysieke werkomstandigheden op de werkplek;
- 6. procedures: begrijpelijkheid, juistheid en aanwezigheid;
- 7. communicatie: tussen werknemers, afdelingen, bedrijfsonderdelen;
- 8. strijdige doelstellingen: managen van tegenstrijdige doelen, zoals arbeidsomstandigheden versus productie;
- 9. organisatiestructuur: van de organisatie waarin wordt gewerkt;
- 10. training en opleiding: geoefendheid en ervaring van werknemers;
- 11. barrières: aanwezigheid en werking van beheersmaatregelen en beveiligingssystemen als onderdeel van de bedrijfsfilosofie (BRF-barrières).

Technologische factoren

De Amerikaanse socioloog Charles Perrow is de vader van de Normal Accidents Theory, een deterministische benadering van grote ongevallen. De naam verwijst naar ongevallen die, vergelijkbaar met Turner, bij 'normale' organisaties plaatsvinden. Door complexe, interactieve processen met strak gekoppelde processtappen zijn deze ongevallen niet te vermijden en opgesloten in de technologie (figuur 5). Ze zijn niet te voorzien door ontwerpers, werknemers, piloten, machinisten en managers. Werknemers maken opzettelijk



Figuur 2. The Egg Aggregated Model (TEAM) van veiligheidscultuur.

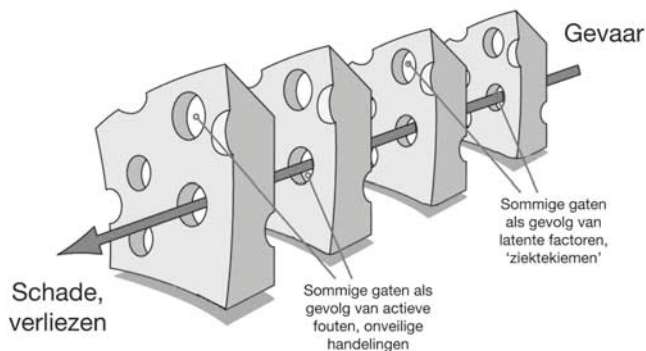
(kleinere) fouten om het systeem onder de knie te krijgen en te zien of het systeem werkt zoals ze verwachtten. Een strak gekoppeld systeem heeft geen tijd om fouten te corrigeren. Een zeer complexe technologie vereist een decentrale controle. Tegelijkertijd eist een strakgekoppeld systeem een centrale controle en besluitvorming. Zie hier het conflict en de oorsprong van *normal accidents*.

Met de systeemtheorie doet het risico begrip en de kwantitatieve risico-analyse (QRA) zijn intrede in de veiligheidskunde, geïnitieerd door de kernenergie. Nederland speelt internationaal een vooraanstaande rol met de reeks 'gekleurde boeken', die belangrijk zijn voor Europese Seveso-richtlijnen. De QRA is nu een geaccepteerde techniek, terwijl geaccepteerde risico's, risicoperceptie van betrokkenen en risicoberekeningen in politieke besluitvorming nog steeds ter discussie staan. Gevaren zijn reëel, risico's zijn een *construct*. Het technische kader van risico's beperkt de rol van betrokkenen tot een vertrouwen of wantrouwen van risico-experts. Voor risico-experts is risico een getal, een technische vaststelling van een kans op overlijden. Voor betrokkenen spelen andere argumenten. Naast een onevenredige verdeling en voordelen van risico's en mate van controle zijn ook de potentie van grote ongevallen, onzekerheden in berekeningen en dreiging voor toekomstige generaties belangrijke punten.

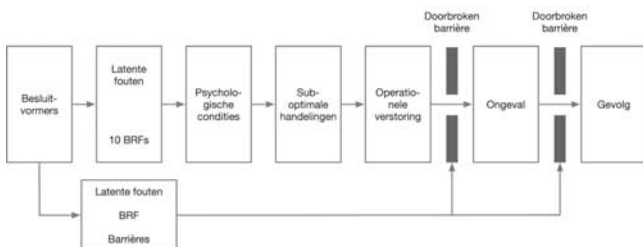
Technologische en organisatorische factoren

Organisaties worden nu gezien als open, informatieverwerkende systemen. Er zijn twijfels over de rationaliteit van hun besluitvorming. Bij problemen in de productie, wordt er bijna nooit een uitgebreide analyse gemaakt. Rationaliteit is eerder een façade, een manier hoe mensen binnen een organisatie zingeven aan de stroom van informatie, die onder tijdsdruk verwerkt wordt. In de literatuur staat dit bekend onder de term socio-technische systemen, de nog slecht begrepen interactie tussen technische, sociale en organisatorische aspecten van productie.

De High Reliability Theory past in deze traditie. Organisaties met inherent gevaarlijke, strakgekoppelde processen kunnen volgens de *normal accident*-theorie vaak rampen verwachten. Deze organisaties zijn echter vrijwel ongevalsvrij. De uitvoering van het werk zit tegen de grens aan van het ontwerp en



Figuur 3. Het Zwitserse kaas-model van Reason.



Figuur 4. De Tripod-theorie.

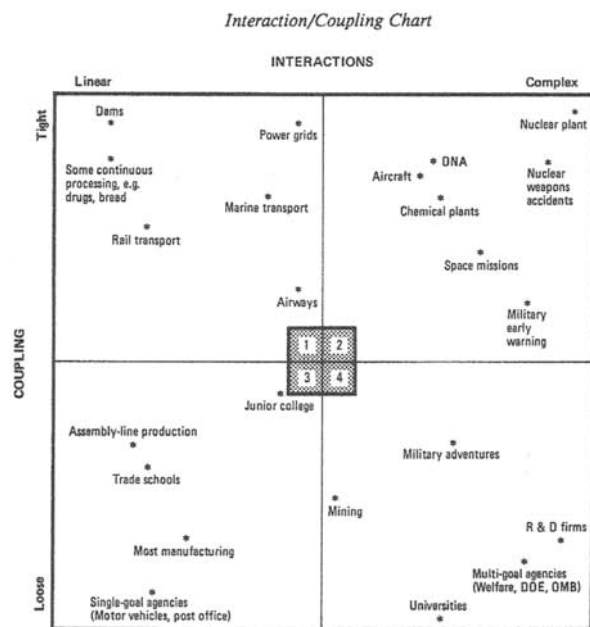
menselijke prestaties. Het sleutelwoord is redundantie, zowel organisatorisch als technisch als qua besluitvorming. Als voorbeeld van organisatorische redundantie neemt een netwerk of een team taken over van een ander team wanneer deze dreigt te mislukken in veiligheidskritische taken. Of tijdens extreme drukte staan meerdere teams van experts klaar voor assistentie. Deze organisaties werken niet volgens een klassieke ingenieursbenadering, met een focus op meetbare, objectieve gegevens. Formele kennis heeft een lagere status dan kennis door ervaring. Bij operationele problemen zijn niet-geformaliseerde teams actief, die weer verdwijnen als problemen zijn opgelost. Incidentrapportages worden gewaardeerd en er is geen schuldvraag bij fouten. De organisatie wisselt moeiteloos tussen een gecentraliseerde en gedecentraliseerde besluitvorming, waardoor het eerdergenoemde dilemma van de *normal accident*-theorie wordt omzeild.

De vlinderdasmetafoer geeft een ongevalsproces weer (figuur 6). Latente factoren worden niet voorgesteld als gaten in barrières. Managementfactoren moeten de kwaliteit van barrières (fysieke of technische eenheden) bewaken, of direct invloed op scenario's hebben of direct gevaren beïnvloeden (inherente veiligheid).

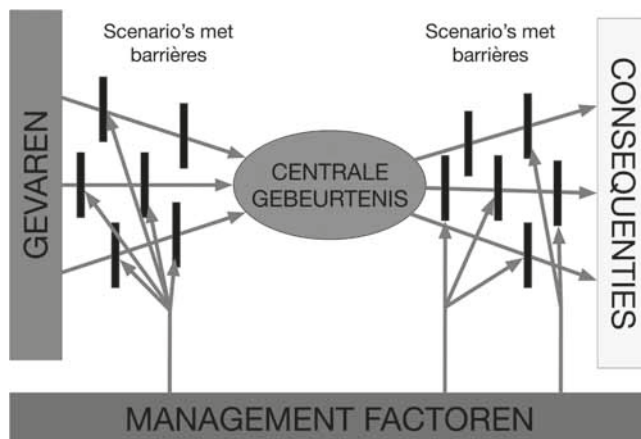
Managementfactoren zijn niet-technisch. Technici starten vanuit gevaren en technische barrières. Sociale wetenschappers rekken het barrièrebegrip op met niet-technische elementen, zoals training, opleiding, competentie en andere administratieve routines. In de vlinderdas zijn deze elementen ondergebracht in de managementfactoren.

Discussie en conclusies

Procesveiligheidsindicatoren volgen niet direct uit de besproken theorieën en metaforen. Mogelijke startpunten zijn de basisrisicofactoren, complexiteit en koppelingen en technische en organisatorische redundantie. Managementfactoren zijn een andere optie. In opvolgende presentaties zal dit worden uitgewerkt. Het is duidelijk dat het verloop van scenario's, de kwaliteit van barrières een ingewikkeld



Figuur 5. Normal accidents.



Figuur 6. De vlinderdas.

onderwerp is, veel moeilijker dan vak- en overheidspublicaties ons doen geloven. Een paar modellen zijn buiten het overzicht gebleven, zoals Drift to Danger van Jens Rasmussen uit 1997 en Resilience Engineering van Eric Hollnagel uit 2006. Dat laatste model lijkt erg op de High Reliability Theory. Drift to Danger is anders. Daar zorgen externe factoren, de dynamiek van technologische ontwikkelingen en economische factoren om steeds goedkoper, sneller en efficiënter te produceren voor de instabiliteit van een proces, dat daardoor afdrijft van de grens van veilig produceren. Er is veel geschreven over procesveiligheidsindicatoren, zonder empirisch onderzoek. Het onderscheid tussen leidende en volgende indicatoren is problematisch. Als er een verschil is, verwacht je een logische relatie tussen die twee. De vlinderdas voorspelt immers dat scenario's links en rechts zullen doorlopen. Dit is nog niet aangetoond. Veel auteurs maken daarom geen onderscheid meer en gebruiken de algemene term procesveiligheidsindicatoren. ■

Paul Swuste is werkzaam bij de sectie veiligheidskunde van de Technische Universiteit Delft, Karolien van Nunen (Leerstoel Vandeputte, Universiteit Antwerpen) en Genserik Reniers werken bij de Antwerp Research Group on Safety and Security (ARGoSS) van de Universiteit Antwerpen, en Peter Schmitz is werkzaam bij OCI-Nitrogen, Geleen.