

Veiligheidstheorieën, -modellen en metaforen in de drie decennia na de Tweede Wereldoorlog, in de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Nederland

Paul Swuste¹, Coen van Gulijk¹, Walter Zwaard², Yvette Oostendorp³

Samenvatting

Dit artikel is de derde in een reeks van artikelen naar de ontwikkeling van theorieën, modellen en metaforen in het veiligheidskundige vakgebied. Eerdere artikelen zijn in de 2009 jaargang van het Tijdschrift voor toegepaste Arboretenschap gepubliceerd.

Het veiligheidskundige domein kent in de periode na de Tweede Wereldoorlog tot begin jaren zeventig één nieuwe ongevallentheorie, één nieuw ongevallenmodel en vier nieuwe analysetechnieken. Nieuwe metaforen zijn niet ontwikkeld in deze periode.

De Nederlandse arts Willem Winsemius is de vader van de theorie van de 'taakdynamiek'. De theorie uit 1951 verklaart en voorspelt ongevallen uit reflexreacties en improvisaties van werknemers tijdens processtoringsen en andere onverwachte gebeurtenissen. Deze relatie tussen taak, handelingen en ongevallen is eveneens in een uitgebreid Brits observatie onderzoek naar meer dan 2000 ongevallen aangetoond. Net als bij Winsemius is ook hier ergonomisch (her)ontwerp de sleutel tot de preventie van ongevallen. Verder laat het onderzoek zien dat wet- en regelgeving ter preventie van ongevallen geen merkbare invloed op de incidentie van ongevallen geeft gehad.

Het ongevallenmodel is gebaseerd op de zogeheten 'epidemiologische driehoek', toegepast op veiligheid en is bekend als het 'hazard – barrier – target model'. Het model is een reactie op de als laag ervaren kwaliteit van veiligheidskundig onderzoek tot dan toe en de beperkte resultaten die behaald zijn in de preventie van ongevallen. De naam van de Amerikaanse arts William Haddon Jr. is verbonden aan het model en aan een logische indeling van tien, hiërarchisch geordende preventie strategieën.

Van gedrag van het slachtoffer via de taak van de werknemer verschuift de focus voor oorzaken en preventie van ongevallen naar het management. In de periode na de oorlog start de procesindustrie, zoals we die nu kennen. Processen worden complexer en zijn in het begin nog labiel. 'Loss of containment' komt vaak voor. Een toegenomen complexiteit is ook zichtbaar binnen de militaire industrie. In Amerika worden in deze sector een aantal analysetechnieken ontwikkeld om de betrouwbaarheid van installaties te verbeteren. Deze technieken zijn niet op systematisch onderzoek gebaseerd, maar zijn een gecodificeerde verzameling van praktische ervaringen.

Binnen de beroepsgroep van veiligheidskundigen blijft de brokkenmakertheorie en de aandacht voor het menselijk falen ongekend populair. Dit blijkt uit publicaties van het nationale

veiligheidskundige vakblad De Veiligheid. In de beschouwde periode, 1945-1974, besteedt het vakblad geen aandacht aan veiligheidskundige analysetechnieken. Met uitzondering van één publicatie gaan alle publicaties over persoonlijke veiligheid.

Summary

This article is third in a row of articles on the development of theories, models, and metaphors in the safety science domain. Earlier articles have been published in the Journal of Occupational Sciences.

In the period after World War II till the beginning of the 1970s, one theory on accident causation, one model of the accident process, and four analytical techniques have been developed in the domain of safety science.

Willem Winsemius, a Dutch physician, is the father of the 'task dynamics theory'. The 1951 theory explains and predicts accidents from reflex reactions and improvisations of workers during process disturbances and unexpected events. British observational research on more than 2000 accidents has also shown the relationship between tasks, actions, and accidents. Like Winsemius, here too, ergonomic (re)design is the key to the prevention of accidents. According to these researchers, inadequate management support is also one of the attributing factors in accident causation. Furthermore, the research shows that regulations and laws do not have a tangible effect on the incidence of accidents.

The model of the accident process is based upon the so-called 'epidemiological triangle', applied to the field of safety science, and known as the 'hazard – barrier – target model'. The model is a reaction to the poor quality of the safety science research till then, and the limited results achieved in the reduction of accidents. William Haddon Jr., an American physician, is the name connected to this model and to the logical classification of ten prevention strategies, which are organised hierarchically.

The focus on causes of accidents and its prevention is changing from behavioural the victim via task to management causes.

The process industry is starting in the period after World War II. Processes have become more complex, but are still rather unstable and 'loss of containment' is occurring frequently. This growing complexity is also visible in the military industry. In this sector in America a number of techniques have been developed to increase system reliability. These techniques are not based upon systematic research, but a coded collection of practical experiences.

The accident proneness theory and the focus on human failures

¹ Sectie Veiligheidskunde, Technische Universiteit Delft; email: p.h.j.swuste@tudelft.nl

² Opleider en adviseur, Delft

³ Projectleider – secretaris, Adviesraad Gevaarlijke Stoffen, Den Haag

are still remaining popular in the occupational group of safety officers, based upon the information of the volumes of the Dutch professional journal on safety 'De Veiligheid'. During the period of 1945-1974 the professional journal does not pay attention to safety techniques. With the exception of one paper, all publications are dealing with personal safety issues.

Inleiding, van menselijke factor naar externe factoren

In twee voorgaande artikelen is gestart met een historisch overzicht van de kennisontwikkeling van het veiligheidskundige vakgebied. Het eerste artikel beschrijft de professionalisering van het vakgebied veiligheidskunde gedurende de eerste decennia van de twintigste eeuw (Swuste ea., 2009, 2010). In die Verenigde Staten start de 'Safety First Movement' om de extreem hoge incidentie aan dodelijke bedrijfsongevallen te beperken. De eerste veiligheidskundige theorieën ontstaan. Crystal Eastman uit de Verenigde Staten verklaart ongevallen uit de organisatie en de condities van het werk en haar theorie is daarmee een voorbeeld van de omgevingshypothese. In Engeland verklaren Greenwood en Woods ongevallen uit de individuele hypothese, de predispositie van de slachtoffers. Deze theorie wordt later bekend als de accident proneness theory, de brokkenmakertheorie en ontwikkelt zich tegelijkertijd in Engeland en Duitsland (Burnham, 2009). Ongevallen worden volgens deze theorie veroorzaakt door mentale fouten van slachtoffers en deze theorie wordt ondersteund door de toenmalig populaire freudiaanse theorie over menselijk gedrag. In de Amerikaanse literatuur, met meer aandacht voor veiligheidsmanagement, wordt de menselijke factor anders benadrukt en wordt verantwoordelijkheid van ongevallen benoemd. Deze verantwoordelijkheid varieert van het slachtoffer en collega werknemers (Cowie, 1916; Heinrich, 1931) tot de voorman en het management (DeBlois, 1926; Heinrich, 1931). Dit artikel bestrijkt de periode van na de Tweede Wereldoorlog tot begin jaren zeventig en behandelt de ontwikkeling in de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Nederland. De managementbenadering, die onder andere door Bird (1974) wordt gepropageerd en voortbouwt op de ideeën van DeBlois en Heinrich zullen in een volgend artikel aan bod komen. Net als bij de twee eerdere artikelen zijn de onderstaande onderzoeksvragen leidend geweest.

- welke theorieën, modellen, metaforen en analysetechnieken zijn in de beschouwde periode ontwikkeld?
- waar zijn de theorieën, modellen, metaforen en technieken op gebaseerd en indien beschikbaar, welke dataverzameling is de basis voor geweest voor de theorieën?
- binnen welke context heeft deze ontwikkeling plaats gevonden?
- welke consequenties heeft deze ontwikkeling gehad voor het veiligheidskundige vakgebied in Nederland?

Een uitgebreid literatuuronderzoek is de basis geweest voor de beantwoording van de vragen. Het onderzoek is beperkt gebleven tot de ontwikkeling van het veiligheidskundige vak-

gebied in de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Nederland. Na de oorlog hebben Groot-Brittannië en nog veel sterker de Verenigde Staten als voorbeeld gediend op vele terreinen, waaronder de veiligheidskunde. Dat is het argument geweest voor de selectie van de literatuur. De oorspronkelijke referenties en bronnen zijn geraadpleegd. Voor de consequenties voor het Nederlandse vakgebied zijn alle jaargangen van het tijdschrift 'De Veiligheid', het nationale tijdschrift voor veiligheidsmanagement, bestudeerd, gericht op artikelen over veiligheidsmanagement, ongevalscausaliteit en veiligheidskundige oplossingen. De gekozen periode loopt van 1945 tot en met 1974

In de vraagstelling wordt de term 'theorie' gebruikt. Een theorie is op te vatten als een gevalideerd model. Met een theorie zijn waargenomen verschijnselen, in dit geval ongevallen, te analyseren en belangrijker, met een theorie kunnen voorspellingen worden gedaan. In het spraakgebruik worden de termen 'model' en 'metafoor' vaak door elkaar gebruikt. In dit artikel wordt een onderscheid gemaakt. Een model is een schematische, nog niet gevalideerde presentatie van de werkelijkheid. Een voorloper van een model is een metafoor, overdrachtelijk taalgebruik gebaseerd op een vergelijking. De dominanten van Heinrich zijn in deze omschrijving een metafoor, daar het ongevalsproces vergeleken wordt met vallende stenen (Heinrich, 1941). Dat geldt ook voor de ijsberg, een metafoor voor het ongevalsmechanisme. Metaforen hebben door hun eenvoud een grote overtuigingskracht. Een tweede punt uit de vraagstelling is het onderscheid tussen de ontwikkeling van veiligheidskunde als wetenschap en de toepassing van veiligheidskundige kennis in de veiligheidskundige praktijk. Met dit laatste wordt de kennisontwikkeling van de beroepsgroep aangeduid, die niet a priori synchroon loopt met discussies in het wetenschappelijke domein.

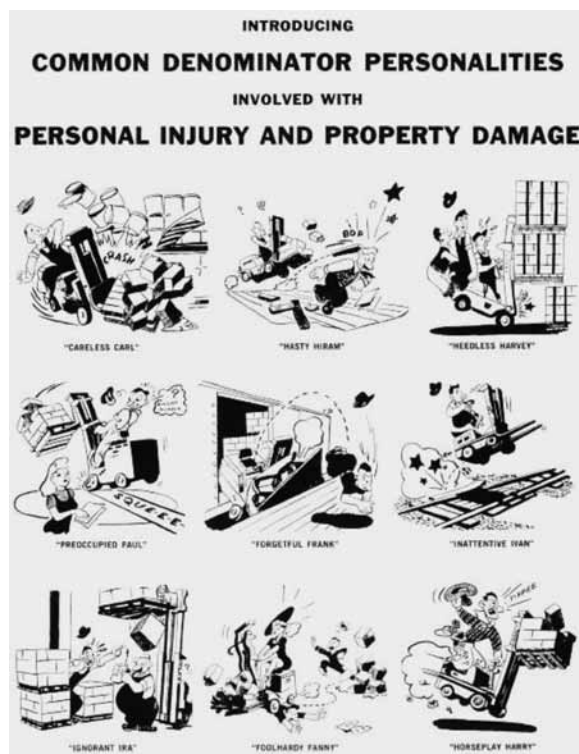
Kritiek op de brokkenmakertheorie

Na de Tweede Wereldoorlog raken Amerikaanse artsen geïnteresseerd in ongevallen. Met enige verbazing wordt geconstateerd dat de medische wetenschap slecht heeft gepresteerd in de reductie van ongevallen, terwijl er grote successen bereikt zijn in de bestrijding van de verschillende, al dan niet besmettelijke, ziekten. De introductie van verbeterde drinkwatervoorzieningen, van antibiotica, de pasteurisatie van melk, vaccinatieprogramma's, verbeterde chirurgische ingrepen en de algemene verbetering van levenscondities en medische verzorging hebben geleid tot een spectaculaire daling van de mortaliteit in de algemene bevolking. Voor ongevallen zijn de resultaten teleurstellend en de vraag wordt gesteld, waarom ongevallen niet op een vergelijkbare manier kunnen worden aangepakt.

Ongevallen zijn weerbarstig

Voor ziekten bestaan er uitgebreide onderzoeksprogramma's en de remedies worden uitvoerig getest. Voor veiligheid ligt dat anders. Er zijn slechts een paar laboratoria die toepassingen van veiligheidstechniek testen, zoals verschillende typen omkasting van draaiende delen van machines en installaties. Veel veiligheidsmaatregelen worden op basis van 'common sense' ingevoerd, zonder onderzoek naar de effectiviteit van de maatregel. Er is weliswaar veel over veiligheid geschreven, maar in de

geraadpleegde literatuur wordt gesteld dat het meeste materiaal de moeite van het lezen niet waard is. Wel worden specifieke gevaren herkend en dat leidt via veiligheidstechnische aanpassingen tot de bescherming van werknemers, zoals de omkasting van machines en de introductie van persoonlijke beschermingsmiddelen. In de literatuur is er veel kritiek op deze methode van het onderzoek geuit. Het onderzoek is echter vrij recht toerechtaan van opzet geweest en ongevalsanalyses gaan doorgaans niet verder dan de directe oorzaken en stoppen bij 'menselijk falen' (figuur 1) en 'technische oorzaken' (Haddon, 1968).



Figuur 1: Vormen van menselijk falen uit Bird (1966)

Andere oorzaken worden niet in beschouwing genomen, doordat alleen het ongeval zelf en de direct betrokkenen onderdeel van de analyse zijn. En verder zijn ongevalsregistraties betrekkelijk nutteloos gebleken als bron van onderzoek. Het is niet verwonderlijk dat de reductie van ongevallen bijna tot stilstand is gekomen. De vraag die gesteld wordt is: 'waarom zijn ongevallen zo weerbarstig in onderzoek', of 'waarom hebben zo weinig onderzoeksresultaten een significante invloed op de preventie gehad' (Gordon, 1949; Haddon, 1963; McFarland, 1963)?

Ongevallen zijn complex

In de literatuur wordt een aantal redenen genoemd voor de geringe vorderingen binnen het veiligheidskundige vakgebied. Veiligheid is hierbij niet beperkt tot bedrijfsveiligheid, maar omvat ook verkeers-, productveiligheid - en veiligheid in de huiselijke en publieke omgeving. Voor een belangrijk deel wordt het uitblijven van succes geweten aan de complexiteit van ongevallen. Bij ziekte is er een duidelijk agens, een oorzaak, zoals een bacterie, of een andere ziektekiem. Zonder aanwezigheid van deze kiemen ontstaat er geen ziekte. Bij ongevallen is dat helemaal niet zo duidelijk, daar het lang heeft geduurd

voordat oorzaken van ongevallen onderscheiden zijn van de consequenties. Dit heeft lange tijd tot verwarring en wanhoop onder onderzoekers geleid (Gordon, 1949). Ook heeft de erkenning van meerdere factoren in de ongevalscausaliteit tot de misleidende aanname geleid dat er geen gemeenschappelijke factoren aan te wijzen zijn en dat de relatie tussen ongeval en letsel waarschijnlijk niet te vinden is (McFarland, 1963). Ondanks de vele duizenden verkeers- en bedrijfsongevallen, worden oorzaken van ongevallen gemystificeerd en gedragen door fatalisme, 'het gebeurt nu eenmaal', 'acts of God' en andere cultureel aanvaarde verklaringen.

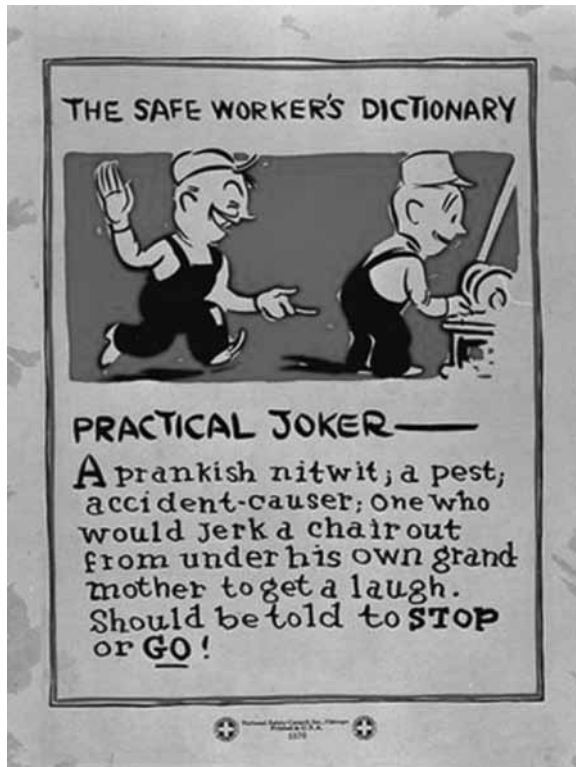
De beperking van psychologische verklaringen van ongevallen

De vele veiligheidspublicaties van de Amerikaanse National Safety Council zijn gebaseerd op onderzoek gefinancierd door verzekeringsmaatschappijen. In dat onderzoek zijn de kosten van veiligheidsinspanningen een belangrijk onderwerp geweest, evenals de invloed van psychologische factoren op het ontstaan van ongevallen. Ongevallen zijn in deze benadering primair een gevolg van mentale fouten. De rechtvaardiging van deze ideeën komt uit de moderne psychologie en psychiatrie, toentertijd twee opkomende vakgebieden met veel aandacht voor redenen en achtergronden van menselijk gedrag. Deze aanpak heeft het onderzoek tot de Tweede Wereldoorlog gedomineerd en dit heeft, volgens Guarnieri (1992), zo lang kunnen duren doordat:

- ongevallen, op grond van psychologische inzichten, vermijdbaar zijn. Dit argument heeft indertijd zeer tot de verbeelding gesproken van verzekeringsmaatschappijen en het bedrijfsleven;
- psychologen oorzaken van ongevallen bij de mens en opleiding leggen, waarmee selectie, opvoeding en training sleutels zijn voor preventie;
- de 'blaming the victim' houding erg populair is in een cultuur waar een risiconemer wordt beloond, iedereen verantwoordelijk is voor zijn of haar eigen daden en dus ook voor eigen ongevallen.

Na de Tweede Wereldoorlog verflauwt het enthousiasme voor de psychologische aanpak van ongevallen. Het lukt maar niet de brokkenmaker operationeel te definiëren en langdurige effecten van interventies gebaseerd op de psychologische aanpak zijn moeilijk aantoonbaar gebleken. Het lijkt effectiever om machines en installaties 'fail-safe' te maken zodat fouten van werkers niet tot ongevallen leiden, dan werkers via een gedragsprogramma voorzichtiger te laten werken (figuur 2).

Uit de literatuur komt duidelijk naar voren dat de introductie van een meer epidemiologische benadering, verderop toegelicht met de epidemiologische driehoek, een nieuwe impuls aan het onderzoek geeft. Deze epidemiologische modellen leggen de nadruk op interacties tussen het slachtoffer (de gastheer), situationele variabelen (de omgeving) en het agens. De conceptuele en theoretische zwakheden van het psychologisch onderzoek, dat descriptief van opzet is en niet gericht op de etiologie en op de blootstelling, zouden zo omzeild kunnen worden (Suchman en Scherzer, 1960a, 1960b; Haddon, 1968).



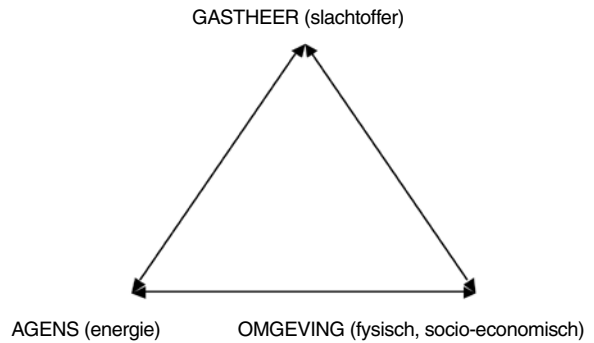
Figuur 2: Amerikaans veiligheidsposter, collega's als oorzaak van ongevallen (ANC, 1987)

Classificatie van oorzaken

Een belangrijk probleem met het onderzoek uit de voorgaande periode is de betrekkelijk vage definitie van een ongeval. Een ongeval wordt omschreven als een ongepland, onverklaarbaar 'random' effect. Dit maakt een ongeval per definitie onbeheersbaar. Juridische of psychologische concepten hebben dan de overhand. In de medische wetenschap wordt, bij de zoektocht naar een juiste behandeling, gezocht naar de verschillende oorzaken van letsel. De sleutelvraag is 'wat veroorzaakt het letsel'. De gemeenschappelijke factor die ten grondslag ligt aan letsel is een abnormale energie-uitwisseling die groter is dan de weerstand van het lichaam (Gibson, 1961; Haddon, 1964, 1970). De oorzaak van ongevallen is een energie uitwisseling, die overigens al eerder door DeBlois is voorgesteld (DeBlois, 1926). Hierdoor is het mogelijk ongevallen te classificeren en ongevalsmechanismen nader te definiëren. In 1958 wordt een indeling van industriële- en verkeersongevallen voorgesteld met 'onvoorziene gebeurtenis' als classificatiemethode (Anoniem, 1958) en Gibson (1961) geeft een uitgebreide indeling van type energie, als externe gevaarsbron voor potentiële schade. Onderscheid wordt gemaakt tussen straling, mechanische, thermische, chemische en elektrische energie, die tot verschillende type letsel kunnen leiden (Haddon, 1963).

De epidemiologische driehoek

De epidemiologische benadering van ongevallen is gebaseerd op de epidemiologische driehoek (figuur 3), een presentatie van een model van de verspreiding en controle van besmettelijke ziekten die vanaf de 19e eeuw Europa hebben geteisterd.



Figuur 3: de epidemiologische driehoek

Als een van de vectoren uit figuur 3 gestopt kan worden, dan treedt de ziekte niet op, is de gedachte (zie bijvoorbeeld Johnson, 2006). De bestrijding van cholera, waar het drinkwater als vector werd gezien, is daar een voorbeeld van. Het agens, de bacteriële infectie, was in die periode nog niet bekend, evenmin als het onderliggende ziekteproces (figuur 4).



Figuur 4: Death's Dispensary door George John Pinwell (1866)

Dit model, dat zo succesvol in de beheersing van de ziekten is gebleken, is toegepast op veiligheidskundige vraagstukken. Gordon (1949) is de eerste die deze aanpak heeft geïntroduceerd. De gastheer wordt binnen veiligheidskunde als het slachtoffer aangeduid. Het agens, de factor die essentieel is voor het ontstaan van letsel, is energie in al haar vormen. Met de omgeving worden extrinsieke factoren aangeduid die het agens en de mogelijkheid van blootstelling beïnvloeden. Dit is zowel de fysische, biologische, als de socio-economische omgeving. De interactie tussen de drie factoren wordt aangegeven met vectoren of met dragers. De bijdrage van Haddon is uitbreiding van de driehoek naar een matrix door de verschillende stadia

van het ongevalsproces aan de factoren toe te voegen (Haddon, 1968; Baker en Haddon, 1974).

Tabel 1: De Haddon matrix

	Slachtoffer	Energie	Omgeving
Fase voorafgaand aan ongeval			
Fase van het ongeval			
Fase volgend op het ongeval			

De matrix, die in de vakliteratuur de benaming 'Haddon matrix' heeft gekregen, staat afgebeeld in tabel 1. Deze matrix leidt logischerwijs tot verschillende type maatregelen.

Preventie van ongevallen

Uit de matrix van tabel 1 volgen preventieve maatregelen die zich in een vijftal grote groepen laten indelen, met als doel om de energie-uitwisseling te voorkomen of de effecten te beperken. Als eerste moet worden voorkomen dat de energieopbouw plaats kan vinden. Lukt dat niet dan bestaat een tweede type maatregel uit het voorkomen of het wijzigen van de energie-emissie. Een derde optie is de separatie van het potentiële slachtoffer van de plek waar de energie vrij gaat komen en de vierde mogelijkheid is een barrière te plaatsen tussen het slachtoffer en de energie emissie. Als laatste dient de verzorging van gevallen slachtoffers zo snel mogelijk georganiseerd te worden (Haddon, 1963). In latere publicaties heeft Haddon de preventieve maatregelen uitgewerkt in tien strategieën om letsel te voorkomen of te beperken (Haddon, 1973, 1974, 1980a, 1980b).

- voorkom de opbouw van energie, mechanisch, thermisch, kinetisch, straling, of elektrisch;
- reduceer de hoeveelheid energie, die wordt opgebouwd;
- voorkom het vrijkomen van de energie. Hier wordt verwezen naar het Oude Testament, boek Deuteronomium 22:8. 'als je een huis bouwt, voorzie je dak van een balustrade, zodat je geen bloedschuld over je huis brengt, als iemand ervan af valt';
- reduceer de snelheid en de ruimtelijke verdeling van de energieafgifte;
- scheid de energieafgifte van de gastheer in tijd of in ruimte;
- breng een fysieke barrière aan tussen de energieafgifte en de gastheer;
- beperk de contactoppervlakte voor de gastheer;
- versterk de weerstand van de gastheer;
- detecteer en evalueer de ontstane schade zo snel mogelijk en neem actie;
- stabiliseer de gastheer.

Taakdynamiek

Willem Winsemius (1917-1990) is opgeleid als arts en werkzaam als wetenschappelijk medewerker bij de afdeling Geestelijke Gezondheidszorg van het Instituut voor Praeventieve Geneeskunde te Leiden, het latere NIPG-TNO. In 1951 promoveert hij op een sterk psychologisch getint onderwerp 'De psychologie van het ongevalsgebeuren' (Winsemius, 1951). Winsemius levert, evenals een aantal andere wetenschappers,

scherpe kritiek op de statistische benadering van ongevalscausaliteit, de basis voor de brokkenmakerstheorieën (zie bijvoor-

beeld Swuste ea., 2009, 2010) en ontwikkelt zelf de theorie van de 'taakdynamiek'.

Ongevalsoorzaken

De definitie van een ongeval volgens Winsemius is: 'een plotse en onvoorzien fysisch gebeuren dat letsel aanbrengt'. In veel gevallen is zwaartekracht de oorzaak van ongevallen. Deze oorzaak is om begrijpelijke redenen niet genoemd. Een oorzaak heeft een actief en dynamisch karakter. Er is een agens dat iets veroorzaakt. Voor zijn onderzoek zijn 1300 ongevallen onderzocht, die bij de centrale verbandkamer van het Hoogovenbedrijf zijn geregistreerd in de periode 1946-1948. In die tijd zijn productieprocessen verregaand gemechaniseerd. Maar anders dan bij de latere introductie van automatisering en afstandsbediening, moeten de machines en installaties in fabrieken nog steeds direct bediend worden, waardoor werknemers dicht op de machines staan. De afstand tot het gevaar is daardoor klein. Per ongeval is de aard en het verloop opgetekend en is de locatie bezocht. Ongevallen zijn slechts te begrijpen uit de condities en de concrete en complexe werkelijkheid waaronder ze hebben plaatsgevonden. Alleen uit statistiek, zoals de basis van de brokkenmakerstheorie, leert men, volgens Winsemius, geen ongevallen kennen.

Voor zijn theorie over ongevalscausaliteit wordt het begrip taakdynamiek geïntroduceerd. De taakdynamiek omvat de handelingen die verricht moeten worden om een doel of een taakvoltooiing te bereiken. Een werknemer 'wil' iets doen en wordt daarbij gedreven door een kracht, die zich in een handeling actualiseert. Deze kracht, de taakdynamiek verklaart op zichzelf nog geen ongeval, maar de handeling wel. Deze handeling laat zich in een drietal opties onderscheiden:

- de snellere weg heeft slechts weinig groter risico dan de veilige weg, die iets 'langer' is. Dit weegt tegen elkaar op. Bij normale taakdynamiek en normaal inzicht in gevaren en risico's zal het dan onverschillig zijn welke weg gekozen wordt;
- de snellere weg heeft duidelijk meer, doch geen abnormaal grote risico's; de veilige weg is echter aanzienlijk langer. Ook bij normale taakdynamiek en normaal inzicht zal dan de snellere weg gekozen worden en wordt het risico genomen;
- de snellere weg biedt een zeer groot risico; bij normale taakdynamiek en inzicht zal dan de veilige weg gekozen worden, ook wanneer deze veel langer en moeilijker is.

Als de taakdynamiek te hoog is, dan ontlaadt deze zich langs de weg van de minste weerstand, langs de snelste weg. Dit voorkeurscriterium domineert boven dat van de minste risico's. Ook als de kennis over gevaren tekort schiet zal de taakdynamiek de snelste weg kiezen.

Ongevalsepreventie

Met zijn aandacht voor taken, handelingen in complexe mens-machine systemen komt de benadering van Winsemius sterk overeen met die van de ergonomie, een vakgebied dat door de Tweede Wereldoorlog een grote ontwikkeling heeft doorgemaakt. Ongevallen worden niet volgens eenvoudige causale ketens veroorzaakt, maar door een samenloop in tijd en plaats van veel factoren, die op zichzelf niet in staat zijn het ongeval te veroorzaken. Deze samenloop is een afwijking of een verstoring van het normale werkritme. Dit is het plotselinge en onvoorziene fysisch gebeuren uit zijn definitie. (Winsemius 1958, 1959, 1960). Storingen leiden tot improvisatie en reflexgedrag, dat altijd de kortste en snelste weg kiest. Deze reflexen leiden tot ongelukken (Winsemius, 1969a). Voor de preventie van ongevallen worden drie principes gehanteerd (Winsemius, 1965):

- de veilige manier van handelen moet altijd kunnen concurreren met de andere, minder veilige manier. Zo kan de kans op succes worden vergroot. Ofwel de veilige manier moet niet een omslachtige manier van handelen zijn;
- de kritieke punten van veiligheid zijn altijd verbonden met verstoringen, fouten, stagnaties en andere niet voorziene en niet gewilde gebeurtenissen tijdens het werkproces. Het minimaliseren van verstoringen vergroot daarmee de veiligheid;
- zorg voor een comfortabele positie van de werker, een optimaal patroon van vereiste handelingen en meer in het algemeen de beste ergonomische lay-out waarbinnen de werknemer moet functioneren tijdens normale en tijdens gestoorde procesgangen

Deze drie principes worden een aantal keren toegepast bij het ontwerp van machines en installaties (Archer, 1965; Smallhorn, 1967). Winsemius heeft zijn theorie van taakdynamiek en verstoringen ook toegepast op ongevallen in de privé sfeer (Winsemius, 1978) en op ongevallen bij kinderen (Winsemius, 1980).

Oorzaken en preventie van 2000 ongevallen

In 1971 wordt in Groot-Brittannië een onderzoek gepubliceerd naar oorzaken en preventie van 2000 ongevallen, gebaseerd op continue observaties van meer dan een jaar bij vier middelgrote productiebedrijven uit de metaal, de assemblage en de distributiesector, met een werknemersbestand tussen de 100 en 300 (Powell ea., 1971). Net als bij Winsemius zijn de taak en de overeenkomstige handelingen de belangrijkste determinanten van ongevallen. De ongevalsfrequentie neemt toe bij een toename van de handelingen als gevolg van een hogere productie. De vrij lage graad van mechanisering in bedrijven brengt met zich mee dat werknemers dicht bij gevaarbronnen werken. Sterk repeterende taken, zoals de behandeling van metalen platen met scherpe randen, leiden onvermijdelijk tot veel ongevallen. Deze en andere monotone taken met een hoog ongevalsrisico kunnen, volgens de onderzoekers, beter gemechaniseerd worden. Ook hebben de onderzoekers geen relatie gevonden tussen zware en lichte ongevallen bij de verschillende machines, zoals Heinrich dit heeft gesuggereerd met zijn ratio's, die later door Lateiner vertaald zijn in de bekende ijsbergmetafoor (Heinrich, 1929; Lateiner, 1958). De ratio's zijn zeer verschillend per

machine en observaties hebben aangetoond dat deze twee type ongevallen volgens verschillende scenario's verlopen en daarmee een andere risicobeheersing vereisen.

De preventie van ongevallen in de vier bedrijven is een ingewikkeld onderwerp. Terwijl het management en de leiding veiligheid een belangrijk onderwerp vinden, is er op de werkvloer slechts apathie; 'ongevallen zijn nu eenmaal onderdeel van het werk', is de mening van werknemers. Dit duidt op een scherp onderscheid tussen de werkvloer en het management, het bekende wij-zij verschil, waardoor ongevalsoorzaken niet veel verder komen dan de 'onachtzaamheid' van het slachtoffer. De discussies over de schuldvraag en de onderhandelingen met verzekeringsmaatschappijen over financiële vorderingen zijn feitelijk de enige vormen van preventieactiviteiten die het bedrijf onderneemt. Veiligheidsfunctionarissen van bedrijven besteden daar zoveel tijd aan, dat zij nauwelijks ruimte hebben om ongevalsonderzoek op de werkvloer uit te voeren. De onderzoekers stellen dat veel kennis over gevaren van machines en handelingen niet of nauwelijks wordt toegepast en wijten dat aan de slechte communicatie tussen de verschillende partijen in het bedrijf. Een voorbeeld is de Power Press Regulation uit 1965. Daarin wordt uitgebreid ingegaan op de gevaren en risico's van persen, inclusief de vereiste training voor bedieners van deze machine (Broadhurst, 1971). Het besproken onderzoek heeft geen meetbaar effect van deze regelgeving aan kunnen tonen. De onderzoeksrapportage besluit met twee aanbevelingen. Allereerst een veiligheidkundig en ergonomisch herontwerp van installaties en werkplekken. Bij bestaande ontwerpen heeft men veel te weinig rekening gehouden met de beperkingen van menselijk handelen. Het tweede punt is de specifieke training van werknemers, die vrijwel afwezig bleek te zijn. Volgens de auteurs is deze training, gericht op het vergroten van kennis en begrip, zowel gewenst uit veiligheidkundig oogpunt als vanuit oogpunt van productie-efficiëntie. Deze training leidt tot een aantoonbare reductie van ongevallen.

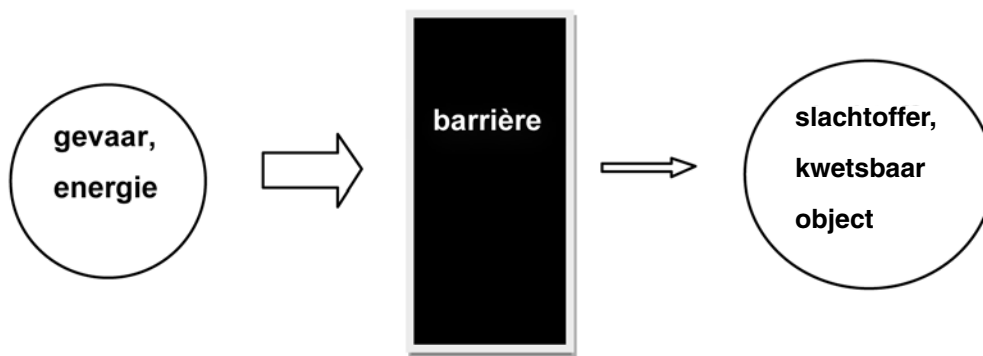
Veiligheidskundige analysetechnieken

Na de Tweede Wereldoorlog wordt een aantal veiligheidsanalysetechnieken ontwikkeld, uitgaande van een sequentieel ongevalsproces. De notie dat een ongeval begrepen moet worden uit een keten van gebeurtenissen is in de literatuur voor het eerst expliciet geformuleerd in het handboek van de Amerikaan Lewis DeBlois uit 1926 en komt later terug in de handboeken van Herbert Heinrich uit 1931 met de bekende domino metafoor in 1941. Deze dominometafoor kan gezien worden als de eerste ongevalsanalyse techniek (voor een overzicht zie Gulijk ea., 2009). In de jaren 40 komt de Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) op, gevolgd door de Energie Analyse en de Fault Tree Analysis (FTA), oftewel de foutenboom analyse en de HAZard and OPerability analysis (HAZOP). Zowel de FTA als de HAZOP zijn begin jaren 60 opgezet. Veel van deze technieken hebben tot doel om storingen in de procesgang te achterhalen om daarmee de veiligheid in combinatie met de operabiliteit en de betrouwbaarheid te analyseren en te verbeteren. De betrouwbaarheid van complexe systemen in de militaire industrie en de ruimtevaart is te laag en in de beginperiode van de procesindustrie zijn veel processen labiel en komt onge-

wenste 'loss of containment' veel voor.

Een FMEA geeft een analyse van technische systemen, zowel voor individuele componenten van een systeem als voor grotere functionele blokken van een systeem. In eenvoudige termen is de methode bedoeld om antwoord te geven op eenvoudige vragen 'hoe kan de eenheid falen' en 'wat gebeurt er dan' (Harms-Ringdahl, 1993). Iedere potentiële foutmodus in een (deel)systeem wordt geanalyseerd en het effect op het systeem, geclassificeerd naar de ernst van het effect. FMEA is eind jaren 40 geïntroduceerd voor militair gebruik door het Amerikaanse leger (Anoniem, 1949). De belangrijkste doorbraak is in de jaren 60 gekomen, tijdens de ontwikkeling van de bemande maanvluchten van het Apollo project. Eind jaren 70 heeft Ford de techniek gebruikt voor veiligheidsanalyses na de rampzalige Pinto affaire. Bij deze auto werd de benzinetank vlak achter de achterbumper gemonteerd, waardoor kop-staart botsingen vaak in explosies zijn geëindigd. Momenteel wordt FMEA in verschillende industriële sectoren toegepast.

De Energy Analysis is een algemene veiligheidskundige analyse techniek, gebaseerd op het bekende 'hazard – barrier – target' model (figuur 5) van Gibson (1961) en Haddon (1963).



Figuur 5: Het 'hazard – barrier - target' model

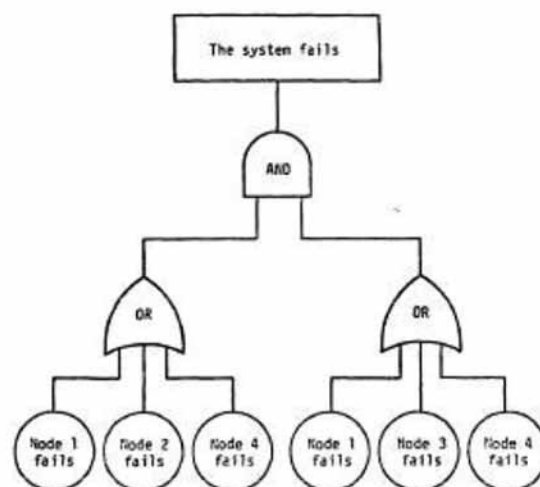
Het uitgangspunt voor schade of een ongeval is blootstelling aan 'het agens energie'. Bij de techniek wordt een installatie of een fabriek eerst onderverdeeld in verschillende fysieke ruimtes. Per ruimte worden de energiebronnen geïdentificeerd en de bestaande barrières. De energieniveaus worden door deskundigen gerangschikt op een vierpuntsschaal, variërend van 0 (geen gevaar) tot 4 (serius gevaar). Voor de bestaande en de gewenste barrières wordt de indeling van de eerdergenoemde tien preventie strategieën gebruikt.

FTA is net als FMEA een techniek, die zijn oorsprong heeft in een militaire toepassing. De roep voor meer systeemveiligheid is in de militaire sector alleen maar toegenomen na enkele dramatische rampen, waaronder de ontploffing van meerdere Nike-Ajax raketten in een opslagplaats in Middletown, New Jersey in 1958, waarbij tien militairen en burgers zijn omgekomen. Deze ramp is tot dan toe de grootste ramp geweest in de koude-oorlogsperiode (DeLong, 1970; Ericson, 2006). De techniek is in 1962 ontwikkeld door de New Yorkse Bell Telephone Laboratories, in opdracht van de Amerikaanse luchtmacht om ongecontroleerde lanceringen van de intercontinentale ballistische raketten 'Minuteman' te voorkomen. Met de techniek wordt met behulp van een boomstructuur een

ongewenste gebeurtenis gedefinieerd, een top gebeurtenis die voorkomen moet worden. Vervolgens worden faalscenario's van onderliggende componenten van het systeem vastgesteld. FTA gaat uit van een binaire benadering van gebeurtenissen, die wel of niet plaats kunnen vinden. Dat wordt tegelijk de sterkte en de zwakte van de methode gezien. Op deze wijze kunnen fouten in complexe systemen op een eenvoudige manier zichtbaar gemaakt worden, maar het laat slechts een 'wel-of-niet' mogelijkheid toe en kent geen gradaties. FTA maakt gebruik algemeen erkende logische symbolen om gebeurtenissen en type fouten te beschrijven (figuur 6).

FTA wordt vooral toegepast op complexe technische systemen waar functionele fouten grote consequenties kunnen hebben, de high risk sectoren als de nucleaire en militaire sector. FTA is een deductieve top-down methode, waar startend vanuit een topgebeurtenis de invloed van initiële fouten en gebeurtenissen op het complexe systeem wordt geanalyseerd. FMEA daarentegen is een inductieve methode, startend vanuit de effecten van falen van eindstandige componenten of functies. Met FTA kan vastgesteld worden hoe robuust een systeem is tegen één

of enkele fouten. Het is niet geschikt voor het achterhalen van alle mogelijke initiële fouten. Dat is veel meer de kracht van FMEA, om initiële fouten en hun effecten op te sporen (Ramamoorthy ea., 1977; Vesely ea., 1981; Ericson, 1999).



Figuur 6: Foutenboomschema met specifieke symbolen (Ramamoorthy ea., 1977)

HAZOP is een techniek afkomstig uit de procesindustrie. De techniek is ontwikkeld in 1963 door Imperial Chemical Industries Ltd (ICI). Bij het ontwerp van een fenol fabriek van de Heavy Organic Chemical Division is HAZOP ontworpen als een systematische zoektocht om afwijkingen in het ontwerp en potentiële afwijkingen in de procesvoering op te sporen, evenals de mogelijke consequenties voor de installatie als geheel (Lawley, 1974, 1976; Kletz 1992). De techniek is uitgegroeid tot een formele systematische en kritische evaluatie van het proces en de ontwerpintenties van nieuwe of bestaande installaties. Een HAZOP is het resultaat van een groepsdiscussie tussen deskundigen van verschillende disciplines die een Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) van een ontwerp lijn voor lijn, onderdeel voor onderdeel doorlopen. Per onderdeel wordt de intentie vastgesteld, hoe het onderdeel geacht wordt te functioneren. Vervolgens worden gidswoorden gebruikt die mogelijke afwijkingen definiëren, zoals 'geen/niet', 'meer', 'minder' etc. De gidswoorden worden toegepast op materiaal, productiefuncties en op de lay-out (Harms-Ringdahl, 1993; Swuste ea., 1997; Venkatasubramian ea., 2000; Kjellen, 2000).

Nederland

In het vakblad voor veiligheidsexperts, 'De Veiligheid', komen vanaf de Tweede Wereldoorlog een scala van onderwerpen aan bod. Nederland heeft op het gebied van bedrijfsveiligheid een grote achterstand, is het algemene idee. Er gebeuren teveel ongevallen en op veiligheidsgebied is de Verenigde Staten leidend en in mindere mate het Verenigd Koninkrijk (Fetter, 1947; Gorter, 1947a; Anoniem, 1965). Naast de vele artikelen over de klassieke veiligheidstechniek, aanpassingen van gevaarlijke werktuigen, gereedschappen en machines en gevaarlijke sectoren, zoals de landbouw, de (scheeps)bouw en de staal- en metaalindustrie is er uitgebreid aandacht voor Heinrich's denkbeelden van het ongevalsproces. Opland heeft dit in een recentere tekening treffend weergegeven (figuur 7).



Figuur 7: 'Unsafe acts' als oorzaak van ongevallen (© Opland, 1979)

De Verenigde Staten wordt als voorbeeld frequent aangehaald en vrijwel jaarlijks verschijnen meerdere artikelen over de modellen van Heinrich (zie bijvoorbeeld Patijn, 1945, 1946; Creighton, 1949, 1952; Pieters en Hovers, 1960; Kruithof,

1966; Noesen, 1966, Zeegers, 1972, Buschman, 1972a). Het gaat dan specifiek om ongevalsoorzaken met de dominometafoor en de 88:10:2 verhouding, het ongevalsmechanisme met de ijsbergmetafoor en de 1:29:300 verhouding en de 4:1 verhouding voor de indirecte kosten van ongevallen. Deze denkbeelden van Heinrich zijn uitgebreid behandeld in de voorgaande twee artikelen in deze serie. Net als in de Verenigde Staten is er veel aandacht voor de veiligheidsopvoeding van arbeiders, die opgeleid moeten worden in de 'veiligheidsgeachte' en in 'orde en netheid' van de fabriek en werkplekken (Blaauw, 1950; Wallien, 1953; Anoniem, 1953; Spaan, 1956). Veelvuldig worden veiligheidsposters ingezet om de veiligheidsboodschap duidelijk te maken en in bedrijven worden arbeiders aangesproken op onveilig gedrag (Sparreboom, 1947; Anoniem, 1948; Hart, 1952; Spaan, 1961).

Een ander opvallend onderwerp uit het vakblad is de organisatie van veiligheidskunde, zowel per bedrijf als landelijk en internationaal. Voor de oorlog is, in navolging van de Verenigde Staten, geëxperimenteerd met veiligheidscommissies. In deze commissies hebben ook uitvoerenden zitting en vormen daarmee een eerste mogelijkheid van medezeggenschap van arbeiders. Het is daarmee een 'heet' onderwerp in het vakblad, waar direct na de oorlog de discussie over voor- en nadelen weer intensief wordt gevoerd (Anoniem, 1947; Gorter, 1947b; Herold, 1948, 1949; Zwaard, 2007). Bedrijven gaan veiligheidsdiensten instellen en met de opkomende bedrijfsgeneeskundige diensten is de samenwerking tussen de 'medicus-hygiënist' en de veiligheidsinspecteur onderwerp van artikelen (zie bijvoorbeeld Gerritsen, 1957; Kuiper, 1969, 1973; Reij, 1971). Deze twee disciplines hebben al een vorm van samenwerking 'op niveau', die in de eerste oorlogsjaren is gestart en tot 1966 zal voortduren onder de naam 'Commissie van Overleg'. Experts van grote bedrijven en vertegenwoordigers van de Directeur-Generaal van de Arbeid, van de Directie van de Risico-Bank en van het bestuur van het Veiligheidsmuseum komen een aantal keren per jaar bijeen en organiseren bijeenkomsten voor aangesloten leden (Anoniem, 1941). Een andere ontwikkeling is de betrokkenheid van bazen en leidinggevendenden bij bedrijfsveiligheid. Gaandeweg de jaren vijftig wordt eerst de direct leidinggevende opgeleid in bedrijfsveiligheid en later volgt het hogere management van bedrijven (Spies, 1958; Klunhaar, 1964; Buschmann, 1972b). In de jaren zestig worden de eerste contouren zichtbaar van een managementsysteem, dat we nu een veiligheidsmanagementsysteem zouden noemen (Anoniem, 1962, 1968). De Commissie van Overleg is een van de partijen die commentaar levert op de dominante positie van de brokkenmakertheorie en centrale positie van onveilige handelingen in de dominometafoor. De kritiek van Winsemius op de statistische benadering van ongevalscausaliteit wordt herhaald, evenals het commentaar op de zogenaamde psycho-fysiologische testen die nauwelijks in staat zijn om ongevalsgevoelige arbeiders te selecteren. De principiële vraag wordt gesteld of de mens zich aan arbeid moet aanpassen of andersom (Luijt, 1948; Fortuin, 1948; Willems, 1948; Frederik, 1951; Waart, 1951). Met de bespreking van zijn proefschrift introduceert Winsemius de ergonomie in het vakblad, met de boodschap dat aanpassing van het werk veruit de voorkeur verdient boven de gedragsbeïnvloeding van arbeiders (Winsemius, 1946, 1952). Dit onderwerp

komt in een aantal publicaties terug (Pieters en Hovers, 1960; Reij, 1962; Leuftink, 1964; Andriessen, 1974). In een later artikel keert Winsemius zich tegen de, in zijn ogen overdreven, aandacht voor 'orde en netheid'. Rommel op het werk is geen zinloze chaos. Werk geeft niet alleen een gereed product, maar ook rommel en dat is het nagelaten spoor van een taakuitvoering. Veel storingen geven veel rommel en daarmee is het een redelijke verklaring voor gedrag dat afwijkt van veiligheidsvoorschriften voor orde en netheid (Winsemius, 1969b).

De denkbeelden van Haddon worden in Nederland openbaar gemaakt via een publicatie van de Gezondheidsraad (1965) en door één van de leden van de onderzoekscommissie in *De Veiligheid* (Dop, 1967). De Gezondheidsraad heeft een uitgebreide classificatie ontworpen, waarbij de oorzaken van letsel - de abnormale energie uitwisseling - gedetailleerd wordt onderverdeeld naar de verschillende typen energie en industriële toepassing. Het aantal publicaties binnen het vakblad, dat doorborduurt op deze benadering is echter beperkt gebleven (Boer, 1967; Kuiper, 1973).

Publicaties over veiligheidskundige analysetechnieken zijn in de beschouwde periode geheel afwezig. Begin jaren 70 verschijnen de eerste artikelen over procesveiligheid in *De Veiligheid* (Houte, 1972; Pasman en Snijder, 1974). Dat is opvallend, omdat alle andere publicaties in het vakblad over oorzaken van ongevallen de persoonlijke veiligheid als onderwerp hebben. Het artikel uit 1974 is een vooraankondiging van een internationaal symposium en de aankondiging van de internationale 'Working Party on Loss Prevention'. Het 1972 artikel behandelt het onderwerp lekkages uit procesinstallaties (Houte, 1972). In het artikel wordt gesteld, dat intensieve installatie inspecties en controles lekkages kunnen voorkomen, daarbij verwijzend naar niet-destructieve methoden van de Röntgen Technische Dienst te Rotterdam.

Discussie en conclusies

Terugkerend naar de onderzoeksvragen uit de inleiding heeft de beschouwde periode één epidemiologisch model opgeleverd (Haddon en collega's), één ongevalstheorie over de 'taakdynamiek' (Winsemius), vier analysetechnieken en geen metaforen. Deze ontwikkeling in het veiligheidskundige vakgebied valt samen met een toegenomen aandacht voor de ergonomie en de opkomst van het systeemdenken. Hier heeft de Tweede Wereldoorlog een dominante rol in gespeeld om middels ergonomisch ontwerp van de cockpit en het instrumentarium het aantal ongevallen met vliegtuigen drastisch te reduceren. En het systeemdenken, dat via 'reliability engineering' zijn intrede deed, is een reactie geweest op de zeer hoge frequentie van falende installaties en voertuigen tijdens de oorlog (zie voor een overzicht bijvoorbeeld McIntyre, 2000).

Vergelijkbaar met de ongevalstheorie van Crystal Eastman van voor de Eerste Wereldoorlog zijn ook het epidemiologische model van Haddon en de ongevalstheorie van Winsemius een reactie op de dominante psychologische benadering van ongevallen. Deze psychologische benadering gaat uit van 'de brokkenmaker' en verklaart ongevallen uit persoonskenmerken van het slachtoffer. Hoewel deze uitleg van bedrijfsongevallen een grote populariteit geniet, heeft het nauwelijks resultaat op-

geleverd. Eastman legt de nadruk op de verantwoordelijkheid van ongevallen, de voormannen en opzichters die zeer jonge en onervaren werknemers op gevaarlijke werkplekken laten werken. Haddon heeft in zijn epidemiologische driehoek het nogal abstracte begrip 'gevaar' opgenomen en bouwt daarbij voort op veiligheidskundige inzichten van DeBlois, uit het interbellum. Winsemius gaat nog een stap verder. Door zijn werkplek observaties en analyse van 1300 ongevallen bij het toenmalige Hoogovens verklaart hij ongevallen uit de zogenaamde taakdynamiek en handelingen. Dat lijkt op een herhaling van Heinrich, op foutieve handelingen van het slachtoffer (zie voor een overzicht Swuste ea., 2009, 2010; Gulijk ea., 2009). Winsemius legt echter een relatie met processtoringen en met reflexhandelingen die deze procescondities initiëren. Met zijn onderzoek doet de ergonomie zijn intrede in de preventie van ongevallen. De theorie van de taakdynamiek krijgt ondersteuning met het Britse observationele onderzoek naar 2000 ongevallen in vier verschillende bedrijven. De onderzoekers refereren naar het proefschrift van Winsemius en ook hier is het ergonomisch herontwerp van machines één van de aanbevelingen.

De publicaties van Winsemius, Haddon en collega's hebben binnen het onderzoeksdomein van de veiligheidskunde een aantal aantoonbare effecten gehad. Allereerst is de focus van het veiligheidskundig onderzoek veranderd van gedragspsychologische oriëntatie naar techniek, epidemiologie en ergonomie. Ten tweede is een verbintenis ontstaan tussen verschillende disciplines, de medische en technische wetenschappen. Ingenieurs weten veel over faalkansen van systemen en andere controletechnieken. Medici kennen de weerstand van het lichaam voor verschillende typen energie. Ten derde heeft de term 'ongeval' in het wetenschappelijk taalgebruik een andere lading gekregen. Niet het ongeval, maar de oorzaak van letsel is het startpunt van onderzoek geworden. En als laatste heeft het onderzoek van Haddon en collega's de lijst met tien preventiestrategieën opgeleverd, die ook nu nog actueel zijn en veel overeenkomst vertoont met de recentere 'arbeidshygiënische strategie'. Een vergelijkbare indeling van preventiemaatregelen is overigens eerder in *De Veiligheid* gepubliceerd, waarbij verwezen wordt naar 'het schema van Zielhuis' (Noort, 1952; Malten, 1959; Zielhuis, 1962; Treffers, 1968).

Opvallend is, dat ondanks deze veranderende inzichten in het wetenschappelijke domein, binnen de beroepsgroep het menselijk falen de dominante verklaring blijft voor ongevallen. Dit laten de vele publicaties zien uit het Nederlandse vakblad *De Veiligheid* gedurende de gehele beschouwde tijdsperiode. De populariteit van deze aanpak blijkt eveneens uit verslagen van veiligheidsdagen en -campagnes bij grote bedrijven, zoals de Staatsmijnen (Anoniem, 1948), Dow (Noort, 1966), Hoogovens (Renssen, 1951), NAM (Bloemen, 1967), Unilever Gouda (Leeuwen, 1967), de NS (Lohman, 1968), Ford (Peters, 1969), Philips (Leeuwen, 1970) en Werkspoor (Hoeff, 1970). Arbeiders en werknemers moeten de 'veiligheidsgedachte' bijgebracht worden en de publicaties eindigen vaak met aanbevelingen voor meer voorlichting, beter veiligheidsinstructies, betere scholing in veilig werken en arbeiders en hun directe basen kunnen elkaar aanspreken op onveilig gedrag en onveilige situaties. Deze elementen hebben een sterke gelijkenis met de huidige 'behavioural based safety' programma's. Er zijn

een aantal redenen aan te geven voor deze tegenstelling tussen het wetenschappelijke en het beroepsdomein. Allereerst is de ergonomische en epidemiologische benadering 'nieuw' en nogal afwijkend van de heersende opvatting. Bovendien lijkt gedragsbeïnvloeding van mensen eenvoudiger en goedkoper dan de aanpassing van de omgeving, van installaties en machines. Het ongevalsproces is ergonomisch en epidemiologisch complex en multicausaal en dat is per definitie ingewikkeld. De nadruk op het menselijk falen heeft als voordeel dat een schuldvraag op een eenvoudige manier beantwoord kan worden. Eenzelfde discrepantie tussen de ontwikkelde wetenschappelijke inzichten en de praktische toepassing heeft betrekking op de ijsbergmetafoor van Heinrich. De publicatie van Powell en collega's uit 1971 heeft aangetoond dat Heinrich's ratio tussen zware en lichte incidenten geen algemene geldigheid heeft. Bovendien blijkt dat deze twee type ongevallen een andere risicobeheersing vereisen, omdat ongevalsscenario's sterk verschillen. Toch blijft de beroepsgroep de ijsbergmetafoor hanteren. Mogelijk dat de nieuwe inzichten onvoldoende hanteerbaar waren. In de recente discussies over procesveiligheidsrisico's is dit onderwerp weer actueel geworden.

Met uitzondering van de Energie Analyse komen veiligheidskundige technieken niet uit het veiligheidskundige domein, maar uit bijvoorbeeld de militaire sector, de medische sector en de procesindustrie. FMEA, FTA, en HAZOP zijn technieken die gebaseerd zijn op Loss Prevention en de reliability engineering; het voorkomen van processtorings en ongewenste variaties in de procesgang met desastreuze gevolgen. Deze technieken zijn niet op systematisch onderzoek gebaseerd, maar op een gecodificeerde verzameling van praktische ervaringen.

Literatuur

Andriessen J (1974). Waarom wil men veilig werken? (I-III). *De Veiligheid* 50(6):251-258, 50(7/8):315-320, 50(9):381-384

Anoniem (1941). Contactcommissie voor bedrijfsveiligheid en -hygiëne. *De Veiligheid* 18:43-44

Anoniem (1947). Veiligheidscommissies, het oordeel van het Hoofd der Engelse Fabrieksinspectie. *De Veiligheid* 23(1):20-22

Anoniem (1948). Boterhammenpapier met veiligheidswenken. *De Veiligheid* 24:66

Anoniem (1949). Procedures for performing a failure mode effect and critical analysis. November 9th, United States Military Procedure, MIL-P-1629

Anoniem (1953). Hoe bevorderen wij het veilig werken? *De Veiligheid* 29:44-45

Anoniem (1958). Home Safety Project. Final report California State Department of Public Health.

Anoniem (1962). Basis voor effectieve veiligheidsoverdracht

door de baas. *De Veiligheid* 38(1):3-4

Anoniem (1965). 'n Amerikaans oordeel over Europese fabrieken. *De Veiligheid* 41(2):19-20

Anoniem (1968). Grondbeginselen van de preventie in de bedrijven. *De Veiligheid* 44(3):63

Archer B. (1965). Safety preventing industrial accidents. *Design* 202:58-63

ANC - Arxiu Nacional de Catalunya (1987). Col·lecció de cartels de prevenció d'accidents laborals. Generalitat de Catalunya, Barcelona

Baker S Haddon W (1974). Reducing injuries and their results: a scientific approach. *The Millbank Memorial Fund Quarterly. Health and Safety Society* 52(4):377-389

Bird F Germain G (1966). *Damage Control, a new horizon in accident prevention and cost improvement.* American Management Association, The Comet Press

Bird F (1974). *Management guide to Loss Control,* Institute Press, Atlanta

Blaauw G (1950). Het wekken van de veiligheidsgedachte in de bedrijven bij toezichthoudend personeel en arbeiders. Voordracht voor de Commissie van overleg. *De Veiligheid* 26:159-164

Bloemen J (1967). Veiligheidsorganisatie in een bedrijf – N.V. Nederlandse Aardolie Maatschappij. *De Veiligheid* 43(5):135-142

Boer A den (1967). Veiligheid en wetenschap. *De Veiligheid* 43(9):253-258

Broadhurst A (1971). Factory legislation and safety training. *Industrial and Commercial Training* 4(1):38-40

Burnham J (2009). *Accident prone, a history of technology, psychology, and misfits of the machine age.* The University of Chicago Press, Chicago

Buschmann C (1972a). Kunnen veiligheidsvoorschriften worden afgedwongen? *De Veiligheid* 48(9):275-276

Buschmann C (1972b). Hoe kan een beter veiligheidsniveau worden bereikt? *De Veiligheid* 48(10):323-324

Cowee G (1916). *Practical safety methods and devices.* Manufacturing and engineering. D. van Nostrand Company, New York

Creyghton J (1949). Dispositie tot ongevallen. *De Veiligheid* 25:115-117

- Creyghton J (1952). Jan ongeluk. *De Veiligheid* 28:9-11
- DeBlois L (1926). *Industrial safety organization for executives and engineer*. McGraw-Hill Book Company, New York
- DeLong T (1970). *Fault tree manual*. Texas A&M University
- Dop G (1967). Bedrijfsongevallen, oorzaken, classificatie, preventie. *De Veiligheid* 43(1):13-19, (2):37-40
- Ericson II C (1999). *Fault Tree Analysis, a history*. Proceedings of the 17th International System Safety Conference
- Ericson II C (2006). A short history of System Safety. *Journal of System safety* 42(3)
- Fetter Z (1947). Verslag van de 25^e vergadering van de Commissie van overleg inzake veiligheid en hygiëne. *De Veiligheid* 23:84-92
- Fortuin G (1948). Taak en positieve van de bedrijfsgeneeskundige dienst in de bedrijven. Voordracht Commissie van overleg. *De Veiligheid* 24:161-166
- Frederik W (1951). Statistische analyse van industriële ongevallen als basis voor ongevallenpreventie. Voordracht voor Commissie van overleg. *De Veiligheid* 27:52-58
- Gerritsen W (1957). De optimale samenwerking tussen bedrijfsarts en veiligheidsinspecteur. *De Veiligheid* 33:118-120
- Gezondheidsraad (1965). Rapport betreffende de algemeen statistische berichtgeving van ongevallen aan werknemers overkomen. Gezondheidsraad, Den Haag
- Gibson J (1961). The contribution of experimental psychology to the formulation of the problem of safety – a brief for basic research. *Behavioural Approaches to accident research*. Association for the aid of crippled children, New York, 77-89, opgenomen in: Haddon W Suchman E Klein D (eds) (1964). *Accident research, methods and approaches*. Harper & Row New York
- Gordon J (1949). Epidemiology of accidents. *American Journal of Public Health* 39:504-515, opgenomen in: Haddon W Suchman E Klein D (eds) (1964). *Accident research, methods and approaches*. Harper & Row New York
- Gorter R (1947a). Veiligheid na de oorlog. *De Veiligheid* 23:50-52
- Gorter R (1947b). Veiligheidscommissies en veiligheidsinspecteurs. *De Veiligheid* 23:34-38
- Guarnieri M (1992). Landmarks in the history of safety. *Journal of Safety Research* 23 151-158
- Gulijk C van Swuste P Ale B Zwaard W (2009). Ontwikkeling van de veiligheidskunde in het interbellum en de bijdrage van Heinrich. *Tijdschrift voor toegepaste Arboretenschap* 22(3):80-95
- Haddon W (1963). A note concerning accident theory and research with special reference to motor vehicle accidents. *Annals of the New York Academy of Science* 107:635-646
- Haddon W Suchman E Klein D (eds) (1964). *Accident research, methods and approaches*. Harper & Row New York
- Haddon W (1968). The changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptive based. *American Journal of Public Health* 58(8):1431-1438
- Haddon W (1970). On the escape of tiger: an ecologic note. *American Journal of Public Health* 60(12):2229-2234
- Haddon W (1973). Energy damage and the ten countermeasure strategies. *Human Factors* 15(4):355-366
- Haddon W (1974). Editorial Strategy in preventive medicine passive versus active approaches to reducing human wastage *Journal of Trauma* 14(4):353
- Haddon W (1980a). The basic strategies for reducing damage from hazards of all kind. *Hazard Prevention* 16(11):8-12
- Haddon W (1980b). Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public Health Reports* 95(5):411-421
- Harms-Ringdahl L (1993). *Safety Analysis, principles and practice in occupational safety*. Elsevier Applied Science, London
- Hart H t (1952). Propaganda en organisatie van het veiligheidswerk in de US. *De Veiligheid* 28:51-56
- Heinrich H (1929). The foundation of a major injury. *National Safety News*, January 19(1):9-11, 59
- Heinrich H (1931). *Industrial accident prevention, a scientific approach*. 4th edition, McGraw-Hill Book Company, London
- Heinrich H (1941). *Industrial accident prevention, a scientific approach*. 2nd edition, McGraw-Hill Book Company, London
- Herold J (1948). Veiligheidscommissies. Voordracht Commissie van overleg. *De Veiligheid* 24:146-149
- Herold J (1949). Veiligheidscommissies. Voordracht commissie van overleg. *De Veiligheid* 25:163-166
- Hoeff J van der (1970). Moet veiligheid beloond worden? Ongevallenbestrijding in de praktijk. *De Veiligheid* 46(6):213-214

- Houte M ten (1972). Voorkomen van 'lekkages' uit bedrijfsinstallaties. *De Veiligheid* 48(3):87-88
- Johnson W (1973). The Management oversight and risk tree – MORT, including systems developed by the Idaho Operations Office and Aerojet Nuclear Company. US Atomic Energy Commission, Division of Operational Safety – SAN 821-2/UC-41
- Johnson S (2006). *The gost map*. Penguin Books, London
- Kjellén U (2000). Prevention of accidents through experience feedback. Taylor & Francis, London
- Kletz T (1992). Hazop en Hazan, identifying and assessing process industry hazards. Institute of Chemical Engineers. Rugby, Warwickshire, UK
- Klunhaar G (1964). De baas en bedrijfsveiligheid. *De Veiligheid* 40(7/8):25-28, (11):33-36
- Kruithof J (1966). Ongevallenpreventie door mentaliteitsverandering. Buckle up for safety. *De Veiligheid* 42(1):5-7
- Kuiper J (1969). Bedrijfsgeneeskundigen en veiligheidskundigen. *De Veiligheid* 45(10):293-298
- Kuiper J (1973). Veiligheid als gezondheidskundig begrip. *De Veiligheid* 49(12):415-422
- Lateiner A (1958) If we're to stop accidents preventing injuries is not enough *Industrial Supervisor* 26(11):3-5,14
- Lawley H (1974). Operability studies and hazard analysis. *Chemical Engineering Progress* 70:45-56
- Lawley H (1976). Size up plants this way. *Hydrocarbon Processing* 55:247-261
- Leeuwen C (1967). Veiligheid in de taakopdracht. *De Veiligheid* 43(6):163-172
- Leeuwen C van (1970). Veiligheidsinspecties, rapportering, checklijsten. *De Veiligheid* 46(3):73-83
- Leuftink A (1964). Ergonomie en veiligheid (I-III). *De Veiligheid* 40(1):5-10, (2):29-16, (3):19-26
- Lohman J (1968). Persoonlijke veiligheid-dag bij de Nederlandse Spoorwegen. *De Veiligheid* 44(1):17-19
- Luijt P van (1948). Veiligheidspropaganda. *De Veiligheid* 24(4):49-51
- Malten K (1959). De hygiënische problemen bij het gebruik van kleurstoffen voor het bedrukken van katoen. *De Veiligheid* 35:65-70
- McFarland R (1963). A critique of accident research. *Annals of the New York Academy of Science* 107:686-695
- McIntyre G (2000). Patterns in safety thinking, a literature guide to air transportation safety. Ashgate, Aldershot
- Noesen R (1966). De menselijke factoren en de veiligheid. *De Veiligheid* 42(10):275-276
- Noort W van (1966). DOW en veiligheid. *De Veiligheid* 42(9):259-261
- Noort H van (1952). Benzol en verwante stoffen. *De Veiligheid* 28:88-90
- Opland (1979). Illustratie bij het artikel van Reijnders L (1979). Drie visie op veiligheid. *Risicobulletin* 1(1):5-7
- Pasman H Snijder G (1974). Schadepreventie en veiligheidsbevordering in de procesindustrie. Voorbeschouwing Internationaal Symposium 28-30 mei te Delft. *De Veiligheid* 50(5):211-212
- Patijn R. (1945, 1946). De mensch als oorzaak der ongevallen I-VI. I Factoren in een fabriek die een ongunstige psychische invloed uitoefenen op den arbeider, waardoor ongelukken kunnen ontstaan. *De Veiligheid* 1945(2):22:14-16; II De geestelijke houding tov de buitenwereld als ongevallenoorzaak. *De Veiligheid* 1945:22(3):18-20; III Menselijke karaktereigenschappen als ongevallenoorzaak. *De Veiligheid* 1945:22(4):26-28; IV Het temperament als ongelukkenoorzaak. *De Veiligheid* 1946:22(6):43-46; V Het ongelukkenprobleem. *De Veiligheid* 1946:22(7):52-53; VI Hoe kan men een brokkenmaker onderscheiden? *De Veiligheid* 1946:22(8):60-61
- Peters H (1969). Veiligheidsorganisatie en –programma in een bedrijf. *De Veiligheid* 45(5):145-150
- Pieters H Hovers J (1960). Zorg voor de veiligheid, een levensvoorwaarde (1-8). *De Veiligheid* 36(1):3-6, (2):13-16, (3):4-6, (4):13-16, (5): 19-25, (6):9-14, (7):12-20, (8/9):4-9
- Pinwell G (1866). *Death's Dispensary*. Philidelphia Museum of Art
- Powell P Hale M Martin J Simon M (1971). 2,000 accidents, a shopfloor study of their causes on 42 months' continuous observation. National Institute of Industrial Psychology, London
- Ramamoorthy C Ho S Han Y (1977). Fault tree analysis of computer systems. National Computer Conference 13-16 June, Dallas Texas, p 13-17
- Reij W (1962). De betekenis van de ergonomie voor de ongevallenpreventie. *De Veiligheid* 38(7):37-44

- Reij W (1971). De ontwikkeling van de bedrijfsgeneeskunde en de bedrijfsveiligheid. Een visie op de taakstelling van bedrijfsleven, overheid en andere instellingen. *De Veiligheid* 47(5):159-160
- Renssen W (1951). Veiligheidsdagen bij Hoogovens. *De Veiligheid* 27:113-116
- Smallhorn A (1967). The safe design of guillotines. *Design* 223:42-46
- Spaan E (1956). Veiligheid van man tot man. *De Veiligheid* 32:2-4, 25-26, 50-52, 101-106
- Spaan E (1961). Effectief gebruik van veiligheidspropaganda platen. *De Veiligheid* 37(12):1-3
- Sparreboom F (1947). De reizende tentoonstelling van het Veiligheidsmuseum. *De Veiligheid* 23(1):1
- Spies F (1958). Wie is verantwoordelijk voor de veiligheid in de onderneming. *De Veiligheid* 34(1):34-36
- Suchman E Scherzer A (1960a). Specific areas of needed research. Current research in childhood accidents Association for the aid of crippled children, New York, 47-52, opgenomen in: Haddon W Suchman E Klein D (eds) (1964). *Accident research, methods and approaches*. Harper & Row New York
- Suchman E Scherzer A (1960b). Accident proneness. Current research in childhood accidents Association for the aid of crippled children, New York, 7-8, opgenomen in: Haddon W Suchman E Klein D (eds) (1964). *Accident research, methods and approaches*. Harper & Row New York
- Swuste P, Goossens L, Bakker F, Schrover J (1997). Evaluation of accident scenarios in a Dutch steel works using a hazard and operability study. *Safety Science* 26(12):63-74
- Swuste P, Gulijk C van Zwaard W (2009). Ongevalscausaliteit in de negentiende en in de eerste helft van de twintigste eeuw, de opkomst van de brokkenmakerstheorie in de Verenigde Staten, Groot Brittannië en Nederland. *Tijdschrift voor toegepaste Arbowedenschap* 22(2):46-63
- Swuste P, Gulijk C van Zwaard W (2010). Safety methphors and theories a review of the occupational safety literature of the US UK and The Netherlands. *Safety Science* 48:1000-1018
- Treffers G (1968). Toxicologische en dermatologische aspecten van verfwaren. *De Veiligheid* 44(11):337-63
- Venkatasubramian R, Zhao J, Viswanathan S (2000). Intelligent systems for HAZOP analysis of complex process plants. *Computer and Chemical Engineering* 24:2291-2302
- Vesely W, Goldberg F, Roberts N, Haasl D (1981). *Fault Tree Handbook*. System and Reliability Research Office of the Nuclear Regulatory Research US Nuclear Regulatory Commission. Washington D.C. NUREG-0492
- Wart A de (1951). Veiligheid, hygiëne en bedrijfsgeneeskunde. Voordracht Commissie van overleg. *De Veiligheid* 27:24-28
- Wallien J (1953). Opvoeding en veiligheid. *De Veiligheid* 29:193-195
- Willems W (1948). De psychologie van de veiligheidsplaat. Voordracht Commissie van overleg. *De veiligheid* 24:150-152
- Winsemius W (1946). Psychologie en bedrijfsongevallen. *De Veiligheid* 22(14):117
- Winsemius W (1951). De psychologie van het ongevalsgebeuren. Verhandeling van het Instituut voor Praeventieve Geneeskunde, Kroese, Leiden
- Winsemius W (1952). De psychologie van het ongevalsgebeuren. *De Veiligheid* 28:17-20
- Winsemius W (1958). Op weg naar een wetenschap der veiligheid. *Mens en Onderneming* 12:282
- Winsemius W (1959). Op weg naar een wetenschap der veiligheid. *Mens en Onderneming* 13:24, 107, 165, 228, 291, 368
- Winsemius W (1960). Op weg naar een wetenschap der veiligheid. *Mens en Onderneming* 14:13, 76
- Winsemius W (1965). Some ergonomic aspects of safety. *Ergonomics* 8(2):151-162
- Winsemius W (1969a). Taakstructuren, storingen en ongevallen. Wolters Noordhoff, Groningen
- Winsemius W (1969b). Werk, rommel en veiligheid. *De Veiligheid* 45(3):73-78, (4):115-120
- Winsemius W (1978). Wonen als feilbaar systeem. Bijdrage aan het Symposium 'Universitair onderwijs en onderzoek in de veiligheid', 11 en 12 oktober Technische Hogeschool Delft. Symposiumverlag deel I, p 265-274
- Winsemius W (1980). Het ongevalsgebeuren. In: Jonge G, de Rogmans W, Winsemius (red) *Preventie van ongevallen bij kinderen*. Stafleu's wetenschappelijke Uitgeversmaatschappij, Alphen aan den Rijn
- Zeegers R (1972). 'Ach, jullie met je veiligheid', veiligheidsmentaliteit in kleine ondernemingen. *De Veiligheid* 48(5):189-191
- Zielhuis R (1962). Medisch-hygiënische aspecten van de verwerking van gewapende kunststoffen. *De Veiligheid* (3):25-27
- Zwaard W (2007). *Kroniek van de Nederlandse veiligheid*. Syntax Media Arnhem