

# De waan van veiligheid?

Remco Visser

**De oorzaken van industriële incidenten lijken vaak een mysterie. Experimenten die op laboratoriumschaal absoluut veilig lijken te zijn, blijken na opschaling in een reactor tot onbeheersbare situaties te kunnen leiden, onverwachte reacties vinden plaats. Hans Pasman werkte als student technische scheikunde aan de TU Delft zelf ook vaak aan chemische processen 'op lab-schaal'. Nu is hij terug aan zijn oude faculteit, om zich als deeltijd-hoogleraar in te zetten voor duurzame en inherent veilige processen en producten. In zijn inaugurele rede verhaalde hij over de grote ongelukken bij chemische processen in de laatste decennia en wat ingenieurs daarvan hebben kunnen leren. Hij begon zijn betoog met Shakespeare: *'t is de waan van veiligheid/Die steeds de mens verderf bereidt*.**

Juist doordat de precieze oorzaken van incidenten een hoog mysterie-gehalte hebben, zijn veel ongelukken lastig te reproduceren. Zo kwam in een bedrijf in Engeland in 1974 een wolk koolwaterstof vrij; de wolk ontbrandde en veroorzaakte een enorme drukgolf. Nu is een explosie van een koolwaterstof niet vreemd. Echter, de koolwaterstof was in de open lucht en er kon geen drukopbouw plaatsvinden. Ook in Frankrijk en in Nederland bij DSM vonden dergelijke 'vrije-gaswolkexplosies' plaats.

Onderzoekers hebben deze situaties geprobeerd na te bootsen. Bij Amerikaanse experimenten met reusachtige ballonnen in de woestijn gevuld met brandbare gassen ontstonden wel prachtige vlammen, maar geen 'blast'. Dit raadsel heeft de wetenschappelijke wereld heel wat jaren bezighouden. Het is nog steeds niet geheel duidelijk wat er gebeurt, maar wel is er inmiddels een interessante theorie. Het lijkt erop dat de vrije gaswolk in werkelijkheid niet zo vrij is: de gaswolk verplaatst zich op een fabrieksterrein langs obstakels als pijpen, gebouwen en tanks. Hierdoor ontstaan wervelingen en plaatselijk ook een enorme opbouw van de druk. Dit leidt dan

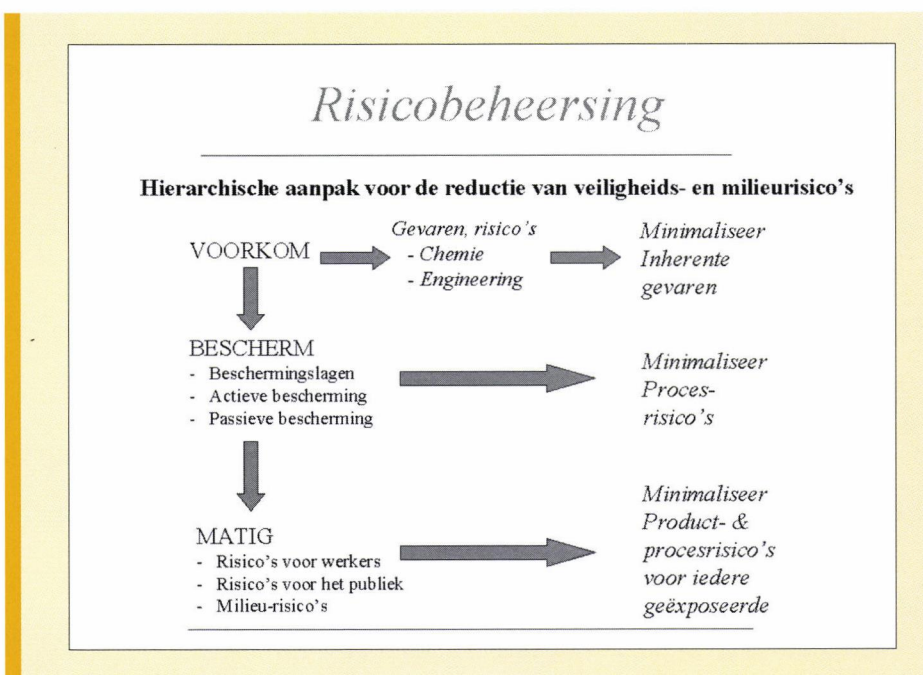
tot de explosies. Experimenten van TNO-PML, de oude onderzoeksplek van Pasman, bevestigen deze theorie. Zij werden uitgevoerd op de Mosselbank aan de Wester-

schelde, waarbij rioolpijpen werden opgesteld.

## Als het kalf verdronken is ...

Hans Pasman werd een aantal jaren geleden gevraagd door een rechtbank om een betrekkelijk groot ongeval te bestuderen. In een bedrijf in de metaalraffinage had zich een grote explosie voorgedaan. De voorman-operator, die al jaren de procesvoering had geleid, was zwaar gewond geraakt. Toen hij het bedrijf werd uitgedragen op een brancard voor transport naar het ziekenhuis, vroeg hij vertwijfeld aan omstanders: 'Vertel me, wat is er gebeurd?' Aan de mogelijkheid van een explosie had hij nog niet gedacht. Een dag later overleed de voorman-operator.

In de maanden voor het ongeval hadden zich al verscheidene ontploffingen en branden voorgedaan. In het bedrijf waren er echter geen verbanden gelegd; er was geen



Figuur 1



FOTO: CHRIS PENNARTS

*Labexperimenten leiden bij opschaling soms tot onverwachte risico's.*

onderzoek naar diepere oorzaken gedaan. Wel was om economische redenen het proces opgeschaald.

In de uren voor het ongeval was het enkele werknemers opgevallen dat zich trillingen en verstoppingen voordeden en dat er vreemde geluiden klonken. Enkele laaggeschoolde werknemers hadden dit als voorbode gezien van de naderende explosie, maar naar hen werd niet geluisterd. Toen het proces uit de hand begon te lopen verzamelden de leidinggevend en onderhoudsmensen zich op de gevaarlijke plek. Na de knal was de ravage enorm.

Een half jaar later werd het proces weer opgestart. Nog steeds was er echter geen echt diepgaand onderzoek naar de oorzaken gedaan. Men dacht de oorzaak te kennen en nam een aantal verbeteringsmaatregelen. Enkele maanden later volgde er weer een explosie. De Arbeidsinspectie heeft toen het proces stilgelegd voor een gedegen onderzoek. Het bleek dat verschillende gas-lucht-mengsels en stof-lucht-mengsels waren geëxplodeerd, waarbij de ene explosie de andere veroorzaakte.

Het voorbeeld geeft aan dat de oorzaak van een ongeval niet makkelijk is op te sporen. Het is lastig om de gevaren van een

procesinstallatie te identificeren. Het is ook zuur achteraf te moeten constateren dat mensen waar niet naar geluisterd werd, het bij het rechte eind bleken te hebben.

### Probabilistisch denken

In de jaren '60 zich realiseerden procesingenieurs zich dat deze risico's systematisch aangepast moesten worden. De ongelukken werden met elkaar in verband gebracht, wat leidde tot nieuwe theorieën. Er werden beproevingsmethoden op gesteld. Het begrip dat hier bijhoort, is Loss Prevention: hoe voorkomt men grote verliezen.

In de jaren '70 volgde het begrip Risicoanalyse, dat ook buiten de ingenieurswereld bekend is geworden. Makkelijk is het analyseren van risico's niet. Het vereist een ander soort denken.

De traditionele wijze van denken is deterministisch. Als je twijfelt over de sterkte van een reactor, dan vergroot je de veiligheidsmarge. De wand wordt dubbel zo dik. Voor een risicoanalyse is probabilistisch denken noodzakelijk. Voordat je een maatregel neemt, maak je eerst een inschatting van de kans dat het verkeerd zal lopen. Die kans weeg je vervolgens af tegen de inspanning die de maatregel je kost.

Probabilistisch denken is lastig. De meeste mensen kunnen zich weinig voorstellen bij de kans dat een afsluiter het eens per 100.000 jaar begeeft; dat blijft een abstract begrip. In vergelijkende zin kunnen we er wel iets mee: een afsluiter die het eens per miljoen jaar begeeft is beter.

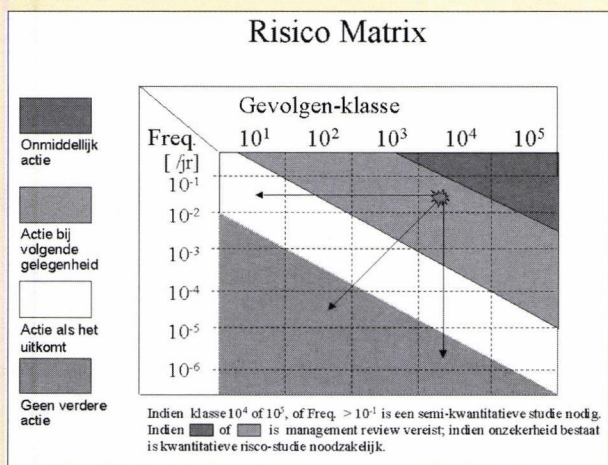
Ook kan door beschouwing van een samenstel van onderdelen, elk met zijn faalkans, iets gezegd worden over de betrouwbaarheid van de installatie die eruit is opgebouwd.

### Menselijk falen

Een groot struikelblok vormt het schatten van kansen. Voor een pijpleiding kan een ingenieur op basis van ervaring uitrekenen wat de faalkans is. Niet te voorspellen is de mens. Je weet nooit hoe de operator reageert op een alarm: zal hij de juiste knop induwen? Deze menselijke fouten maken een risicoanalyse moeilijk. Chemische bedrijven proberen deze menselijke trekjes eronder te krijgen. Er zijn zelfs bedrijven die een operator aankijken als hij privé een ongeval veroorzaakt.

De vraag is altijd wat veilig genoeg is. In Nederland kennen we al enige tijd de wettelijke norm dat de kans voor een individu op overlijden buiten het hek van een bedrijf één op de miljoen per jaar mag zijn. Dat is heel >>





**Gevolgen-klasse karakteristiek**

Gevolg-klasse	Bedrijfs-personeel	Publiek in de omgeving	Milieu	Financiële schade, kE kE = 1000Euro
10	Geen melding	Geen gevaar	Geen melding	< 100
10 <sup>2</sup>	Gewonde	Stank / lawaai	Overtreding	> 100
10 <sup>3</sup>	Meer dan één gewonde	Gewonden, lokaal nieuws	Ernstige schade	> 1000
10 <sup>4</sup>	Dode	Gewonden, regionaal nieuws	Zware schade, korte termijn	> 10.000
10 <sup>5</sup>	Diverse doden	Dode, internationaal nieuws	Rampzalig effect lange termijn	> 100.000

Figuur 2

>> weinig. De kans dat een meisje van 13 het volgende jaar overlijdt aan een of andere ziekte is één op de tienduizend, terwijl zij de beste levensverwachting van de Nederlandse bevolking heeft. Het additionele risico voor haar, indien ze 24 uur per dag buiten het hek staat, is dus slechts één procent.

### Gele Boek en risicomatrix

Naast aandacht voor kansen is er veel onderzoek geweest naar de kwantificering van mogelijke effecten. Wat gebeurt er als een vloeistof zich in de open lucht verspreidt, hoe snel gaat dat, wat zijn de concentraties? Kan de wolk exploderen, wat is de giftigheid? De Commissie Preventie van Rampen door gevaarlijke stoffen (CPR) heeft TNO indertijd opdracht gegeven rekenmodellen te maken en te verzamelen in het Gele Boek: 'Methods for the Calculation of the Physical Effects, Yellow Book'. Tot in de Verenigde Staten en China is het boek populair geworden.

Geïdentificeerde risico's kunnen in een tabel gezet worden: de risicomatrix (fig. 2). Daarbij wordt de kans (frequentie in jaren) afgezet tegen het gevolg. Voor het gevolg gebruikt men een classificering waarin zowel menselijk leed, ecologische schade als financiële zaken (in euro's!) worden meegewogen.

Risico's die rechtsboven in de tabel liggen, dienen met een zekere urgentie te worden aangepakt. De risico's kunnen worden verkleind door de potentiële schade te verkleinen, door de faalkans te verkleinen of beide. Uiteindelijk blijven er restrisico's over: deze moeten linksonder in de figuur liggen.

### Schillen van een ui

Het risico van een reactor kan worden verkleind door meer beschermingslagen te plaatsen. Deze lagen liggen als de schillen van een ui rond de reactor. Voorbeelden zijn

- de automatische procesbewaking,
- de operator die kan ingrijpen,
- de automatische veiligheidssystemen,
- druk-aflaatsystemen,
- maar ook de afstand tot andere bebouwing en nood- en rampenplannen.

Van iedere beschermingslaag kan de bijdrage aan de kansverkleining en de schadevermindering worden vastgesteld. Deze bijdrage kan worden vergeleken met de kosten van de risico-reductiemaatregel (zie ook figuur 1). Uit dergelijke analyses blijkt vaak dat kleine maatregelen veel helpen. Hier geldt de Wet van de vermindering meeropbrengst: zware maatregelen kosten naar verhouding veel.

Bovengenoemde benadering zet veel bedrijven aan tot automatisering. Automaten zijn vaak betrouwbaarder dan mensen, al is het maar dat de menselijke onbetrouwbaarheid wordt geëlimineerd. Bovendien zijn automaten meestal goedkoop in gebruik.

### Top-down

De voorwaarde voor verbetering van de veiligheid van chemische processen is het besef bij de topleiding van bedrijven dat veiligheid, gezondheid en milieu op één lijn moeten staan met rentabiliteit en kwaliteit. In managementsystemen gericht op veiligheid moet dit besef worden geborgd. Veel multinationals hebben deze managementsystemen; de Seveso II-richtlijn van de Europese Unie

zal de invoering ervan versnellen. Wezenlijk voor goede managementsystemen is inzichtelijkheid in de organisatie (heldere doelstellingen, audits en managementreviews) en aandacht voor de menselijke factoren als ergonomie en training van medewerkers.

De meeste effectieve wijze om de veiligheid van een reactor te vergroten is het kiezen van het veiligste ontwerp: inherente veiligheid. Reeds in 1989 stelde Trevor Kletz van ICI dat inherente veiligheid en schone procesvoering uitgangspunten moeten zijn bij het ontwerp van een reactor. Pas nu krijgt hij respons bij de chemische bedrijven. Pasman ziet het ook als zijn taak aan de TU Delft om samen met zijn collega's aanzetten te geven voor het ontwerp van veilige, gezonde en schone producten en processen. ►

**drs. R. Visser-**  
adviseur en onderzoeker bij  
TNO Arbeid, Hoofddorp.