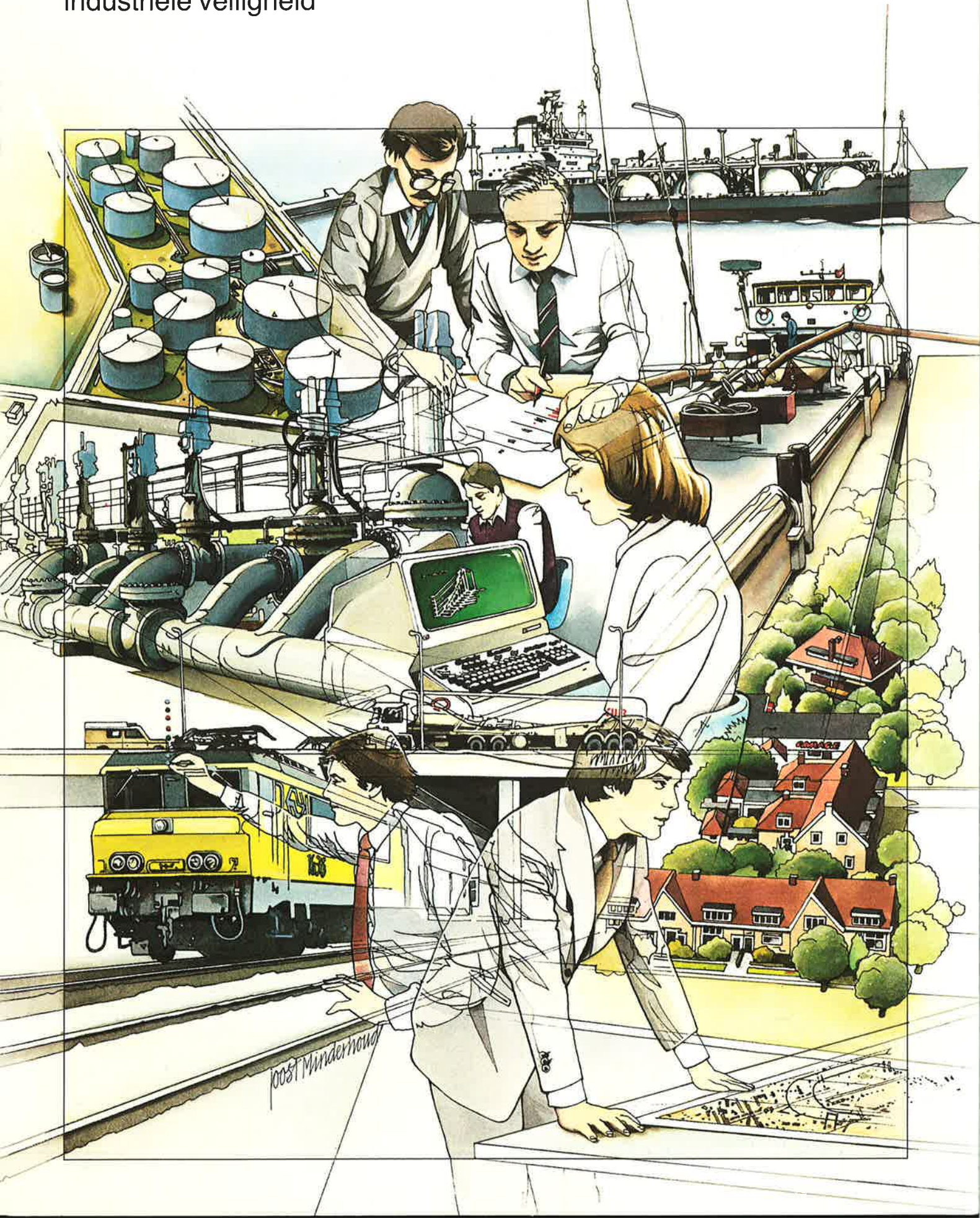


organisatie voor toegepast  
natuurwetenschappelijk onderzoek



industriële veiligheid



Roost Mindernoud



# ten geleide

Door middel van deze brochure willen wij u kennis laten maken met de activiteiten van de Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) op het gebied van de industriële veiligheid. Voor het oplossen van problemen op dit terrein biedt TNO een aantal mogelijkheden. Wij willen u een indruk geven van hoe wij ons werk doen en hoe verschillende disciplines in de acht hoofdgroepen van de Organisatie hierbij samenwerken. In principe staat geheel TNO tot uw

beschikking. Maar in de praktijk zal het overgrote deel van het werk worden uitgevoerd door in het Dwarsverband Industriële Veiligheid samenwerkende TNO-onderdelen. De coördinatie van deze activiteiten wordt verzorgd door het Bureau Industriële Veiligheid TNO dat voor opdrachtgevers de centrale ingang is. Dit bureau kan u alle inlichtingen verschaffen en eventueel verwijzen naar medewerkers die op een meer specifiek deelgebied werkzaam zijn (zie voor de adressen blz. 24). Indien uw vraag niet op

het gebied van de industriële veiligheid ligt, kunt u worden verwezen naar andere TNO dwarsverbanden of hoofdgroepen.

In deze brochure zal een indruk worden gegeven van enkele activiteiten die essentieel zijn voor de industriële bedrijvigheid en waarvoor door TNO veiligheidsstudies zijn uitgevoerd. Ook komen onderwerpen van onderzoek aan de orde waaraan in de komende jaren veel aandacht zal worden besteed. In de hoofdstukken 2 en 3 wordt aandacht

	Veiligheid van productieprocessen	Levensduur en faalkansen van constructies	Gaswolkexplosies	Brandveiligheid	Toxische effecten	Databank 'FACTS' voor ongevallen met gevaarlijke stoffen	Menselijk falen	Opslag en overslag van gevaarlijke stoffen en produkten	Transport van gevaarlijke stoffen	Omvang en diepgang van veiligheidsstudies	Perceptie van industriële risico's	Management van bedrijfsveiligheid	Optimale besteding van veiligheidsbudgetten	Statistische ondersteuning
Afdeling Industriële Veiligheid MT-TNO														
Fysisch Laboratorium TNO														
Prins Maurits Laboratorium TNO														
Instituut voor Zintuigfysiologie TNO														
Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies														
Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies														
Metaalinstituut TNO														
Instituut CIVO-Toxicologie en Voeding TNO														
Instituut voor Graan Meel en Brood TNO														
Studiecentrum voor Technologie en Beleid TNO														
Instituut TNO voor Wiskunde Informatieverwerking en Statistiek														

---

besteed aan onderzoek ten dienste van de procesveiligheid; een zaak van primaire zorg voor iedere bedrijfsleiding. In de hoofdstukken 4-8 wordt nader ingegaan op het onderzoek dat dient om vooraf te beoordelen wat men zou kunnen gaan doen, als het proces onverhoopt uit de hand loopt. Vervolgens komen in de hoofdstukken 9-12 veiligheidsstudies aan de orde waarbij onder andere van risico-analytische methoden gebruik wordt gemaakt. In de hoofdstukken 13 en 14

wordt een aantal activiteiten besproken waarbij zowel management-aspecten als technisch-economische aspecten een rol spelen.

In alle deelnemende TNO-onderdelen wordt op zeer uiteenlopende wijze onderzoek gedaan naar de oorzaken van ongevallen of problemen bij de productie. Dit onderzoek wordt hier niet nader genoemd, maar is wel een belangrijk hulpmiddel voor de medewerkers die in het aandachtsgebied industriële veiligheid werkzaam zijn.

#### *Inhoudsopgave*

Ten geleide	1
1. Industriële Veiligheid	3
2. Veiligheid van productieprocessen	6
3. Levensduur en faalkansen van constructies	8
4. Gaswolkexplosies	9
5. Brandveiligheid	10
6. Toxische effecten	11
7. Databank 'FACTS' voor ongevallen met gevaarlijke stoffen	12
8. Menselijk falen	13
9. Opslag en overslag van gevaarlijke stoffen en produkten	14
10. Transport van gevaarlijke stoffen	15
11. Omvang en diepgang van veiligheidsstudies	18
12. Perceptie van industriële risico's	19
13. Management van bedrijfsveiligheid	20
14. Optimale besteding van veiligheidsbudgetten	21
15. Dwarsverband Industriële Veiligheid	23
16. Overzicht van deelnemende TNO-onderdelen en adressen	24

# 1. industriële veiligheid

Grote industriële complexen zijn in ons land veelal gesitueerd nabij dichtbevolkte woongebieden; middelgrote en kleinere industrieën zijn soms gelegen temidden van woonwijken. Het onmisbare vervoer van grondstoffen en produkten naar en van deze bedrijven vindt plaats over de weg, per spoor en over kanalen en rivieren. Het succes van deze industriële productie en de afzet van de produkten is bepalend voor de werkgelegenheid. Bedrijven zijn derhalve voor hun voortbestaan afhankelijk van de continuïteit

van de productie. Bij het beoordelen van de veiligheidsaspecten van het industriële gebeuren is deze continuïteit een primaire eis, die moet leiden tot betaalbare maatregelen ten dienste van het veiligstellen van het productie-apparaat en het voorkomen van onnodige verliezen. Daarnaast heeft de ondernemer de plicht te zorgen voor veilige (arbeids)omstandigheden zowel voor zijn werknemers als voor de omwonenden. Hiervoor bestaan wettelijke voorschriften, in feite minimum-

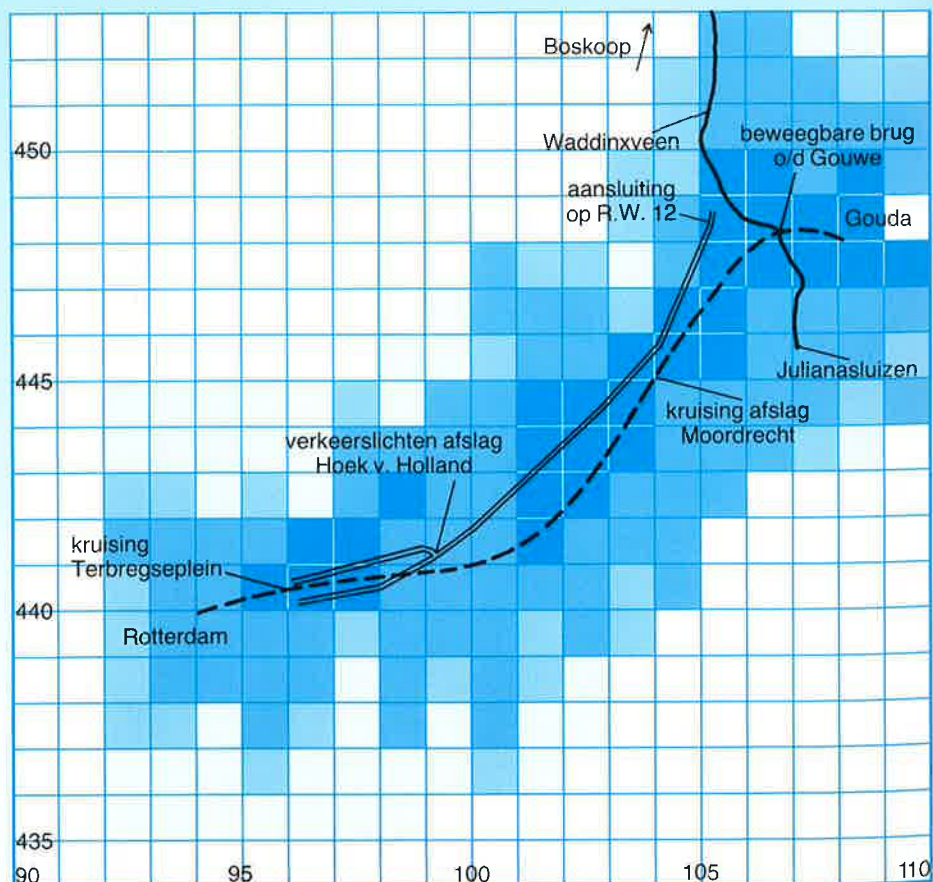
eisen. Zowel de bedrijfsveiligheid als de continuïteit van de productie zullen door de bedrijfsleiding moeten worden geïntegreerd tot een economisch en sociaal verantwoord veiligheidsmanagement. De arbeidsomstandighedenwet (ARBO-wet) houdt onder meer voor bepaalde bedrijven de verplichting in tot het opstellen van een arbeidsveiligheidsrapport, waarin onder andere duidelijk wordt aangegeven welke maatregelen genomen zijn ten behoeve van de

boven:

*Door de bijzonder gunstige ligging aan de delta van een van Europa's grootste rivieren is in Rotterdam de grootste zeehaven van dit werelddeel ontstaan. Havens, bulkchemie, terreinen met opslagtanks en scheepswerven bepalen het aanzicht van de industriële activiteit waaraan een groot deel van onze welvaart is te danken. Grote maatschappijen hebben op eilanden complexen van industriële installaties opgericht. Deze behoren tot de best beheerde complexen ter wereld. Ook aan het aspect veiligheid wordt zeer veel aandacht besteed. Industriële rampen met een groot aantal slachtoffers hebben zich hier dan ook nog niet voorgedaan. Ze zijn echter wel denkbaar. Het hebben van inzicht hoe in een regio als deze de veiligheidsproblematiek moet worden aangepakt vereist het samenwerken van vele deskundigen zoals systeemanalytici, technologen, explosiedeskundigen, besliskundigen, planologen, psychologen en economen. TNO kan als onafhankelijke organisatie in nauwe samenwerking met de industrie en de overheid informatie aandragen waaruit hoofdlijnen voor toekomstig beleid kunnen worden afgeleid. Een gefaseerde benadering kan ertoe leiden dat alleen hoofdzaken worden behandeld en verfijningen worden uitgesteld totdat deze echt nodig zijn.*

onder:

*Bij planologische beslissingen dient het mogelijke risico tijdens het vervoeren van gevaarlijke stoffen mede te worden beoordeeld in relatie tot het in een bepaald gebied reeds aanwezige risiconiveau van bijvoorbeeld vaste installaties. De geografische spreiding van risico's, heeft betrekking op het vervoer van gevaarlijke stoffen over water, over de weg en per spoor. Naarmate de kleuren donkerder zijn, wordt het risico groter geacht. Dit is een resultaat van het onderzoek voor het proefproject risicokaart Zuid-Holland dat in nauwe samenwerking met de Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland werd uitgevoerd.*





gezondheid, de veiligheid en het welzijn van de werknemers.

In fabrieken zijn soms grote hoeveelheden brandbare, explosieve of giftige stoffen opgeslagen. Sommige stoffen staan onder verhoogde druk. Aanzienlijke hoeveelheden van deze stoffen worden getransporteerd. Ongevallen, waarbij grote hoeveelheden van deze stoffen vrijkomen, kunnen leiden tot vele slachtoffers en grote materiële schade. Zowel de werknemers van deze bedrijven als de aan deze gevaren blootgestelde

bevolkingsgroepen worden zich hiervan steeds meer bewust. Zij wensen ervan overtuigd te worden dat hun veiligheid door passende maatregelen voldoende is gewaarborgd. Deze maatregelen vallen voor een groot deel onder de verantwoordelijkheid van het bedrijfsleven. De overheid treedt hierbij regulerend op door middel van wetgeving, voorschriften en een vergunningenbeleid. Het is duidelijk dat er een nauwe samenhang bestaat tussen maatregelen gericht op de veiligheid

binnen het bedrijf (interne veiligheid) en maatregelen gericht op de externe veiligheid waarbij onder andere aspecten zoals de veiligheid van omwonenden en de veiligheid van de produkten tijdens het transport aan de orde komen.

De noodzaak tot het handhaven van de voor onze maatschappij en de werkgelegenheid essentiële industriële productie enerzijds en de noodzaak de veiligheid van de bevolking daarbij te waarborgen anderzijds leidt tot een spanningsveld waarin oplossingen



*Grote uitslaande branden trekken altijd bekijks. Onderzoek zal moeten uitwijzen hoe groot de invloed hiervan is op de openbare meningsvorming, wanneer de veiligheid van bepaalde industriële activiteiten onderwerp van discussie wordt.*

moeten worden gevonden. Deze oplossingen moeten in sociaal opzicht acceptabel, in economisch opzicht verantwoord en beleidsmatig te beheersen en uitvoerbaar zijn. Hiervoor zijn veiligheidsstudies noodzakelijk. Een veiligheidsstudie kan gericht zijn op een of meerdere aspecten zoals:

- Onderzoek naar mogelijke oorzaken van incidenten;
- Het opsporen van onveilige situaties in het ontwerp van een installatie en het

aangeven van maatregelen om deze te voorkomen;

- Het vergelijken van verschillende mogelijkheden voor bepaalde industriële activiteiten om tot een verantwoorde keuze te komen;
- Het ontwerpen van veiliger processen;
- Het opstellen van inspectie- en onderhoudsprocedures;
- Onderbouwing van een door de overheid te voeren veiligheidsbeleid, het opstellen van rampenplannen en dergelijke;

- Het uitvoeren van kosten-effect analyses.

Bij het opzetten van een veiligheidsstudie dient men zich er vooraf goed rekenschap van te geven dat de keuze van de toe te passen methoden van onderzoek moet worden afgestemd op de eigenschappen van het te onderzoeken systeem, de gewenste diepgang van de studie en dus op de doelstelling van de studie. De risico-analyse, één van de methodieken voor het uitvoeren van een

Pag. 5

*Bij het ontwerpen en situeren van tanks voor de opslag van onder druk vloeibaar gemaakte gassen moet met tal van veiligheidsaspecten rekening worden gehouden.*

*In de jaren zeventig werd door TNO in nauwe samenwerking met het bedrijfsleven en de overheid een grote studie uitgevoerd naar de risico's van aanlanding en opslag van vloeibaar aardgas. De ervaring met bestaande grote en moderne installaties speelt hierbij - naast theoretische beschouwingen - een grote rol.*

*De foto toont de 'peak-shaving' installatie voor vloeibaar aardgas van de N.V. Nederlandse Gasunie op de Maasvlakte. Het daar opgeslagen aardgas is bedoeld als buffervoorraad voor de gasvoorziening bij extreem koude winters.*

Pag. 6 boven:

*Oplosmiddelen, pesticiden, minerale oliën en chemicaliën worden veelal in vaten opgeslagen.*

*Veel van deze stoffen zijn giftig, brandbaar, explosief of sterk reactief. TNO heeft een uitgebreide ervaring op het gebied van de explosie-eigenschappen van chemicaliën en kan deze ook experimenteel bepalen, zodat verpakkingen en tanks correct kunnen worden gedimensioneerd.*

*Onze biologen bepalen met behulp van databestanden de toxische effecten van bepaalde stoffen.*

*Brandveiligheidsdeskundigen kunnen, eventueel in samenwerking met stromings-technici en deskundigen op het gebied van de procesveiligheid van stoffen, adviezen verstrekken over veilige opslagplaatsen.*

onder:

*Aan de veiligheid van het transport per ketelwagen of tankauto worden hoge eisen gesteld; het bedienend personeel dient zich te houden aan zeer gedetailleerde instructies. Inzicht in risico's van het transport van gevaarlijke stoffen wordt onder meer verkregen uit de casuïstiek.*





## 2. veiligheid van produktieprocessen

veiligheidsstudie, is gericht op het kwantitatief beschrijven van aan industriële activiteiten verbonden risico's op basis van een systeem-analytische benadering. Bij het uitvoeren van een dergelijke studie dient men zich bewust te zijn van de benaderingen die zijn toegepast, zodat aan het resultaat geen grotere nauwkeurigheid wordt toegekend dan objectief is verantwoord.

TNO stelt kennis, ervaring en expertise op dit multidisciplinaire gebied beschikbaar om het bedrijfsleven en de

overheid behulpzaam te zijn bij het realiseren van een beleid voor het bevorderen van de industriële veiligheid.

De veiligheid van onze industrie staat vanouds op een hoog peil. Niettemin gaat er een enkele keer iets mis. Het voorkomen van incidenten en het beperken van eventuele gevolgen vereist een zorgvuldige analyse vooraf. TNO is op dit gebied al vele jaren actief en kan een breed scala van kennis en ervaring ter beschikking stellen. De analyses kunnen soms vrij omvangrijk zijn. In vele gevallen blijkt dit niet nodig. Een gefaseerde behandeling leert welk onderzoek relevant is, welke



verbeteringen in de procesvoering ter verhoging van de veiligheid mogelijk zijn of welke informatie bijvoorbeeld voor een arbeidsveiligheidsrapport gewenst is. De eerste stap van een systematische veiligheidsstudie is een procesveiligheidsanalyse. Belangrijke aspecten zijn brandgevaar, toxische effecten en explosiviteit onder normale en voor-zienbare, hiervan afwijkende, omstandigheden. Speciale, zeer gevoelige thermische analyse- en explosieapparatuur is bij TNO in gebruik

om na te gaan of een thermische explosie mogelijk is of dat een deflagratie of detonatie kan worden verwacht. Bij eenvoudige of goed overzienbare processen kan veelal met een eenvoudige benadering worden volstaan. Bij complexe processen, waarbij menselijk handelen een grote rol kan spelen, kan ter identificatie van mogelijk ongewenste gebeurtenissen een storingsanalyse noodzakelijk zijn. Ook zal aandacht moeten worden besteed aan het toenemende gebruik

van micro-elektronica bij het automatiseren van processen. Voor het schatten van de gevolgen van incidenten wordt onder meer gebruik gemaakt van rekenmodellen. Casuïstiek van incidenten en ongevallen biedt de mogelijkheid om kansen op incidenten te schatten en toegepaste rekenmodellen te toetsen.

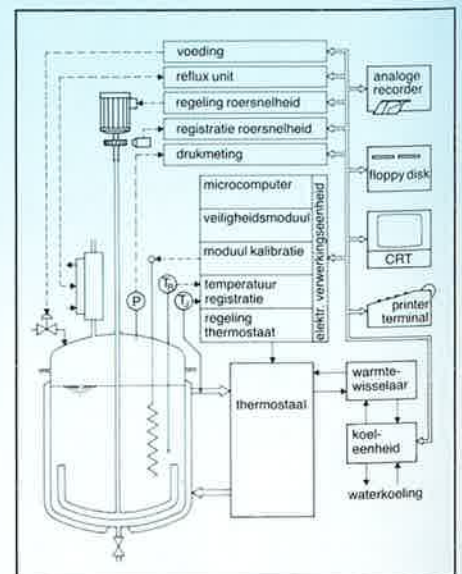
linksboven en rechtsboven:

*Bij veel onderzoek wordt gebruik gemaakt van producten die de chemische industrie ons levert. Soms hebben deze stoffen explosieve eigenschappen. De foto's tonen de heftige reacties tijdens de deflagratie van kleine hoeveelheden van een voederadditief. De linker foto toont de ontledingssgassen van de deflagratie; de rechter foto laat zien dat deze gassen brandbaar zijn.*



linksonder en rechtsonder:

*Moderne procesvoering heeft tot doel chemische reacties onder zo stabiel mogelijke bedrijfscondities te laten verlopen, zodat dit leidt tot een optimale produktopbrengst. Het is van belang na te gaan onder welke omstandigheden er een kans is dat het gewenste reactieverloop kan worden verstoord of zelfs geheel ontregeld. Knelpunten zijn onder andere start- en stopsituaties, menging en dosering van reactanten. Voor het onderzoek naar knelpunten en voor het bepalen van de benodigde thermodynamische en reactiekinetische gegevens wordt bij TNO gebruik gemaakt van een zogenaamde 'Bench-scale' calorimeter. Deze bestaat uit een volledig geïnstrumenteerd uitwisselbaar reactorvat. Met behulp van een microprocessor-gestuurde regeling kan een groot aantal processen en reactieprocedures worden onderzocht bij verschillende drukken en geprogrammeerde temperaturen.*



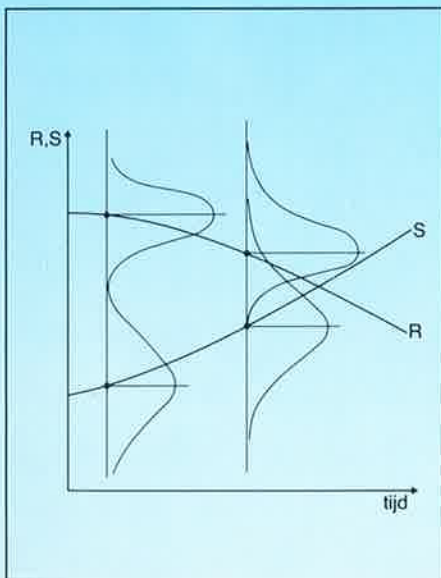


### 3. levensduur en faalkansen van constructies

Constructeurs werken veelal met empirische concepten en nemen dikwijls flinke veiligheidsmarges in acht voor het schatten van de levensduur van een constructie. Als gevolg van de heersende economische omstandigheden bestaat de neiging vervangende investeringen zo lang mogelijk uit te stellen. Voortijdig falen is in sommige gevallen derhalve niet geheel uit te sluiten. Wil men de grootte van de faalkansen in de loop der tijd kennen, dan zijn waarschijnlijkheidsbeschouwingen

noodzakelijk, te meer omdat constructies aan meer dan één faaloorzaak kunnen bloot staan. Men berekent onder andere de kansdichtheden van de belasting en de weerstand daartegen, de sterkte, als functie van de levensduur. Computerberekeningen voor dit doel zijn soms zeer tijdrovend en derhalve kostbaar. Als er met een "check-list" wordt gewerkt en er worden zogenoemde rang-orderingsmethoden toegepast dan is het mogelijk om met Bayesiaanse

statistische methoden te werken. Die hebben het voordeel dat men bij gebrek aan voldoende casuïstiek toch op een verantwoorde wijze faalkansen kan schatten, hoewel er gedeeltelijk van subjectieve informatie wordt uitgegaan. Daarnaast gebruikt TNO deze kennis ook om te komen tot doelmatige onderhoudsschema's voor installaties en systemen, waar het vooraf herkennen van situaties die tot falen zullen leiden van groot belang is.



linksboven:  
*Belasting (S) en de weerstand daartegen (R), met hun kansdichtheden, als functies van de bedrijfsduur (tijd). Falen treedt op als de belasting (S) de sterkte (R) overschrijdt: Falen =  $S > R$ . De faalkans wordt berekend uit de 'overlap' van de kansdichtheden van belasting en sterkte.*

rechtsboven:  
*Booreilanden rusten bijna altijd op zware pijlerconstructies die op de zeebodem worden vastgezet. Deze pijlers staan voortdurend bloot aan de invloed van krachten die in hoofdzaak door de golven worden uitgeoefend. Dit is een van de vele voorbeelden waar inzet van alle beschikbare kennis van belang is voor het schatten van de krachten die op de constructie werken en de resterende sterkte van het materiaal gedurende de tijd dat de constructie in bedrijf is. Materiaalvermoeidheid is een belangrijke faaloorzaak.*



onder:  
*Simulatie-experimenten zijn onmisbaar voor het goed kunnen beoordelen van de kans dat een constructie onder explosiebelasting bezwijkt. Experimenten op grote schaal zijn uiteraard niet uitvoerbaar. Men kan echter op kleinere schaal krachten op constructies nabootsen met een zogenoemde 'blastsimulator'. Hiermee kunnen kortdurende schok- of drukgolven worden opgewekt. Met behulp van schaalregels en rekenmodellen kan de werkelijkheid dan vrij goed worden benaderd. De foto laat een 'blastsimulator' zien die bij TNO in Rijswijk in gebruik is.*



## 4. gaswolkexplosies

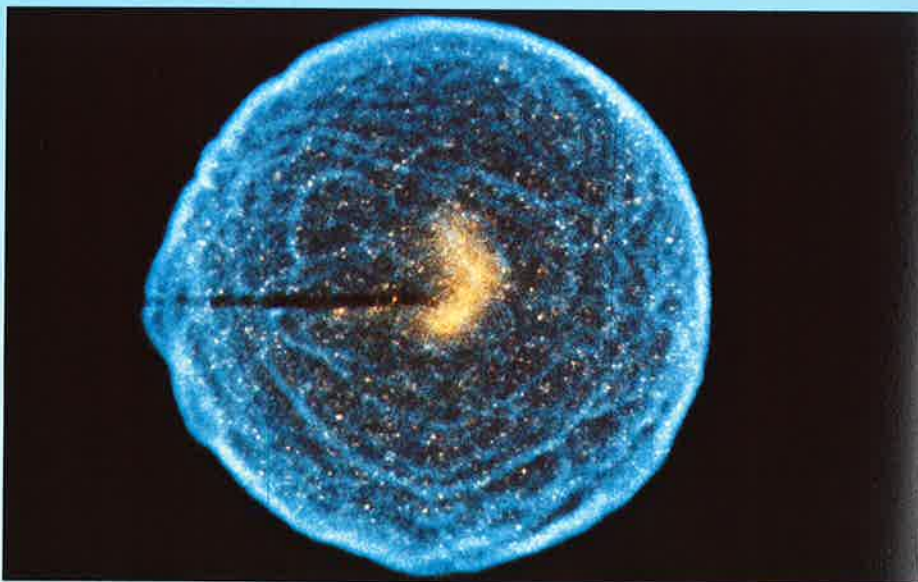
Als gevolg van beschadiging kan de inhoud vrijkomen uit installaties, opslag-tanks, pijpleidingen en dergelijke. Na uitstroming en verdamping zal er een gaswolk ontstaan. De wijze waarop een gaswolk zich verspreidt en hoe daarin de concentraties zullen zijn van brandbare en giftige gassen hangt onder meer af van de grootte van het lek, de geometrie van de omgeving en van de weers-gesteldheid. Voor de berekening van deze verspreiding zijn rekenmodellen beschikbaar. Ook kan de verspreiding

gesimuleerd worden in grenslaagtunnels waarvan TNO er twee in gebruik heeft. Het is van het grootste belang na te gaan of er kans bestaat op een explosie en wat het effect daarvan zou kunnen zijn. Op het gebied van het onderzoek van de explosie-eigenschappen van vaste stoffen, vloeistoffen en gassen, maar ook van deze producten gedispergeerd en gemengd met lucht heeft TNO een reputatie hoog te houden in het binnen- en buitenland. TNO heeft een multi-energie-

explosiemodel ontwikkeld waarbij onder andere rekening wordt gehouden met de invloed van de geometrie van de omgeving op het verloop van de explosie. Ook beschikt TNO over een aantal faciliteiten om de explosie-eigenschappen van aerosolen, gassen en dampen op kleine schaal te beproeven. Kleinschalige experimenten hebben het voordeel dat ze relatief goedkoop zijn en dat men gemakkelijk onderzoeks-parameters kan variëren. Voor het

boven:

*Hier wordt een bolvormig vlamfront van een gasexplosie getoond in een explosieruimte. Op basis van het onderzoek van de explosieverschijnselen worden adviezen uitgebracht voor de preventie van explosies. Indien de kans op een explosie niet geheel kan worden uitgesloten, wordt geadviseerd op welke manier een beginnende explosie nog kan worden gesmoord (dumpen, blussen), of hoe het effect ervan in veilige richting kan worden afgeleid (afblazen, breekmembranen). Een derde beveiligingsmogelijkheid is compartimenteren. De foto laat een experiment zien uitgevoerd in een 1 m<sup>3</sup> vat uit een serie die door TNO in opdracht van de industrie en de overheid is uitgevoerd.*



midden:

*Doordat uit onderzoek bij TNO was gebleken dat de geometrie, waarin de ontstoken gaswolk gedeeltelijk is opgesloten, een grote rol speelt bij de mogelijke drukopbouw, zijn er bij deze experimenten obstakels in de wolk geplaatst. Door de obstakels met platen af te dekken werd de wolk gedeeltelijk omsloten. Analyses van filmopnamen en andere meetgegevens leveren waardevolle gegevens ter ondersteuning van de ontwikkelde theoretische modellen.*



onder:

*Het opstellen van rekenmodellen, waarmee de verspreiding van een gaswolk kan worden berekend, kan worden ondersteund door simulatie-experimenten in grenslaag-windtunnels. Met de resultaten van enkele experimenten op grote schaal is rekening gehouden. Stromingsdeskundigen en meteorologen werken hierbij samen. De foto laat zo'n grenslaag-windtunnelexperiment zien.*





## 5. brandveiligheid

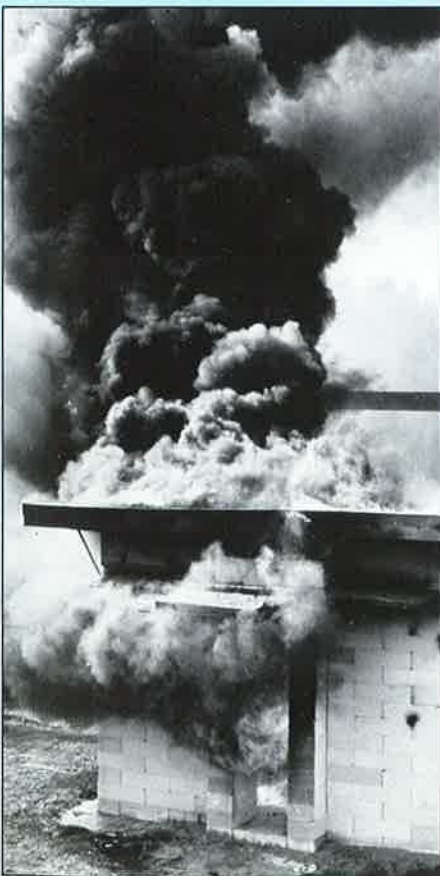
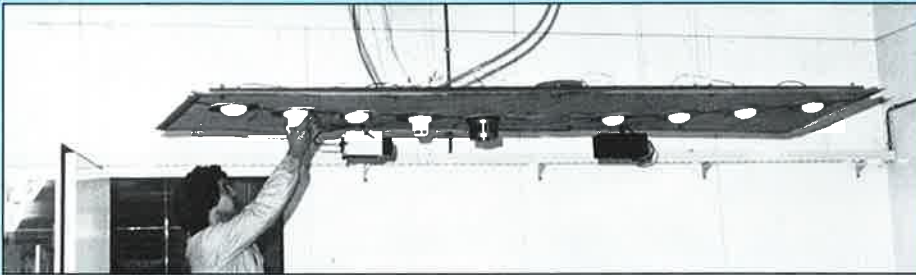
vertalen van deze resultaten naar de praktijk heeft men schaalwetten nodig. Hiervoor zou men de beschikking willen hebben over de resultaten van experimenten op grotere schaal. Deze zijn echter relatief kostbaar en moeilijk uit te voeren.

Thans wordt er gewerkt aan het opstellen van rekenmodellen waarmee de respons van een constructie by dynamische belasting kan worden voorspeld.

Per jaar vinden in Nederland naar schatting 15.000 à 20.000 branden plaats. Het aantal doden als gevolg daarvan bedraagt circa 100; de jaarlijkse directe brandschade ligt in de orde van grootte van 700 miljoen gulden.

De schaalvergroting in de industrie en het toenemend gebruik van koolwaterstoffen en hun derivaten hebben in de laatste jaren het brandrisico voor industriële objecten aanzienlijk verhoogd. Magazijnbranden komen veelvuldig voor

en zijn vaak moeilijk onder controle te krijgen vanwege de grote hoeveelheden brandbare materialen en de moeilijke bereikbaarheid tijdens brand. In uitgestrekte industriële complexen blijkt de brand zich verrassend snel te kunnen uitbreiden, bijvoorbeeld via de daken van hallen, indien in de dakconstructie gemakkelijk brandbare isolatiematerialen zijn toegepast. Vitale bekabeling van procesregelapparatuur kan zodanig worden beschadigd dat de productie voor langere tijd moet worden stilgelegd.



boven:

*Veel branden worden min of meer toevallig ontdekt, soms direct na het ontstaan, soms pas in een vergevorderd stadium van ontwikkeling. Hoe sneller een brand wordt gesignaleerd, des te groter is de kans, dat mensen tijdig in veiligheid kunnen worden gebracht en dat de schade tot een minimum kan worden beperkt. Door automatische brandmeldingssystemen kunnen ruimten continu worden bewaakt.*

*De moderne elektronica maakt het mogelijk dat vervolgens, zonder tussenkomst van mensen, direct de brandweer wordt gealarmeerd. Ook kunnen automatische brandbestrijdingsinstallaties in werking worden gesteld, zoals zelfsluitende deuren en blusinstallaties. Het gehele systeem dient echter gevoelig en betrouwbaar te zijn. Daarvoor is onderzoek nodig dat naar de specifieke eisen van het bedrijf dient te worden gericht.*

links en rechts:

*Energiebesparing is in vele gevallen een aanleiding om stalen constructies te isoleren. Hierbij worden vaak materialen gebruikt die uit kunststoffen zijn vervaardigd. Deze zijn veelal brandbaar. Bij het ontwerp moet hiermee rekening worden gehouden. Op de foto links is een door TNO uitgevoerd onderzoek naar het brandgedrag van geïsoleerde stalen daken te zien.*

*Ander onderzoek wordt uitgevoerd naar het gedrag van brandbeschermende materialen, aangebracht op tanks voor vloeibaar gas. Doel van dit onderzoek is om vast te stellen aan welke voorwaarden dergelijk materiaal moet voldoen om de tank voldoende te kunnen beschermen tegen een naburige brand (rechts).*

## 6. toxische effecten

In bepaalde industrieën kan het vrijkomen van toxische stoffen bij brand tot belangrijke milieuproblemen leiden. Al ten gevolge van betrekkelijk kleine branden kunnen opslagtanks voor vloeibaar gas openscheuren, waardoor voor de aanwezigen een zeer gevaarlijke situatie ontstaat en waardoor de blus- en reddingsoperaties ernstig worden bemoeilijkt.

Brandpreventie, tijdige brandmelding en goede brandbestrijdingsvoorzieningen

zijn daarom van het allergrootste belang, in het bijzonder waar het de industriële veiligheid betreft. TNO is al vele jaren actief op dit gebied met een Centrum voor Brandveiligheid. Er wordt brandveiligheidsonderzoek uitgevoerd en er worden preventieadviezen gegeven, vooral waar het de mogelijkheden tot beperken van de branduitbreiding betreft. Ook bestaat ruime expertise op het gebied van de rookproductie en -verspreiding, en van de automatische brandmelding.

Wanneer bij calamiteiten gasvormige stoffen of aerosolen in grote hoeveelheden vrijkomen, bestaat er een kans dat mensen binnen het bedrijf of omwonenden deze stoffen inademen. Deze expositie is meestal van korte duur. Van veel stoffen zijn geen gegevens bekend over de giftigheid bij inademing. Voor zover deze gegevens er wel zijn hebben ze vaak betrekking op relatief langdurige blootstelling aan lage concentraties van deze stoffen. Daarom zijn deze gegevens niet zonder meer

boven:

*De foto toont een inhalatie-opstelling met ratten. De dieren worden aan een gasvormige stof blootgesteld. Exposities kunnen van 5 minuten tot maximaal een uur duren.*

*Regressie-analyse van verkregen resultaten leidt tot een formule waarmee de toxische belasting bij kortdurende inhalatie van stoffen kan worden berekend:  $B = c^n \times t$ , waarin  $c$  de concentratie,  $t$  de tijdsvariabele en  $n$  de toxiciteitsconstante is.*

*De experimenten hebben tot doel een relatie te vinden tussen concentratie en blootstellingstijd enerzijds en toxische effecten van een stof anderzijds.*

midden:

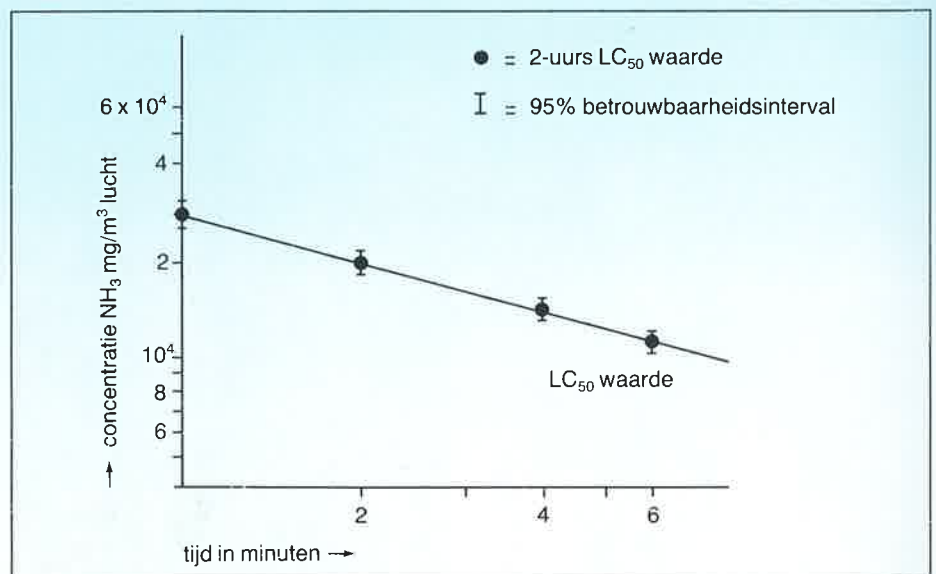
*Het inademen van brandgassen kan tot vergiftigingsverschijnselen leiden. Nu er steeds meer nieuwe materialen worden toegepast bij constructies in de bouw is het noodzakelijk om over toxiciteitsgegevens te beschikken van bij brand vrijkomende gassen. De foto laat een inhalatieopstelling zien waarmee wordt nagegaan hoe ratten op brandgassen reageren.*

*Op deze wijze worden gegevens verkregen waaruit kan blijken welke materialen bij brand extra gevaar opleveren.*

*In Europees verband wordt samengewerkt om de proefomstandigheden te standaardiseren, zodat de resultaten onderling uitwisselbaar zijn.*

onder:

*De grafiek laat de relatie zien tussen de blootstellingstijd en de concentratie van een toxische stof waarbij 50% van de proefdieren (hier ratten) doodgaat ( $LC_{50}$  waarde), zoals deze door TNO experimenteel werd gevonden.*





## 7. databank 'facts' voor ongevallen met gevaarlijke stoffen\*

bruikbaar voor risico-analyses waar het gaat om zeer kortstondige expositie aan hoge concentraties.

Bij TNO is een begin gemaakt met onderzoek dat een betere risicoschatting voor de mens mogelijk maakt.

Hiertoe wordt met behulp van zeer kortdurende inhalatieproeven de acute toxiciteit van een stof bij verschillende diersoorten onderzocht.

Systeemstudies op het gebied van de industriële veiligheid zijn niet mogelijk zonder een goed inzicht in de ongevallen-casusïetiek. Het aantal Nederlandse incidenten is, gelukkig, niet zo groot. Voor een verantwoorde analyse zijn grotere aantallen noodzakelijk. TNO is daarom bezig in de gegevensverzameling van 'FACTS' alle ons bekende nationale en internationale gegevens op te nemen. In

\* FACTS: Failure and Accidents Technical information System.

'FACTS' worden technische gegevens van incidenten met gevaarlijke stoffen opgenomen uit de sectoren: productie, winning, opslag, overslag, vervoer, gebruik, toepassing en afvalverwerking. Ook zogenoemde 'near misses' worden opgenomen. Incidenten met radioactieve stoffen worden niet opgenomen omdat hiervoor elders databanken beschikbaar zijn.

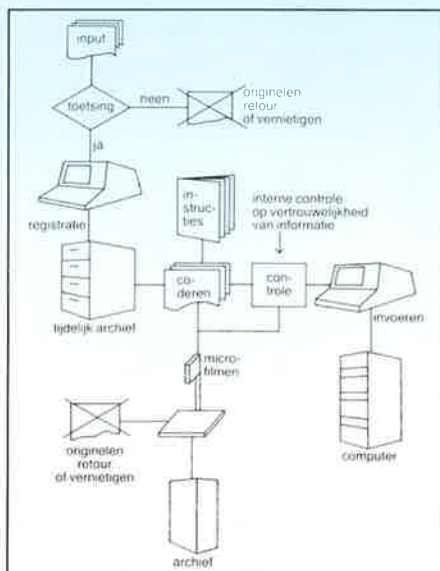
'FACTS' heeft in haar bestand inmiddels vele duizenden incidenten in bewerkte vorm opgeslagen. Er bestaat ook een



De vele duizenden gegevens die in de databank 'FACTS' zijn opgeslagen maken een groot aantal bewerkingen ervan mogelijk. Deze gegevens zijn afkomstig uit voor een ieder toegankelijke literatuur, rapporten over ongevallen, verslagen van congressen, van de pers en de media, Nederlandse overheidsinstellingen zoals politie, brandweer, inspecties en van vrijwillige bijdragen uit de industrie. De gegevens kunnen in tabelvorm worden geproduceerd, maar ook grafisch worden gepresenteerd en desgewenst aangevuld met berekeningen. De hiervoor benodigde programma's zijn deels door TNO ontwikkeld.

Op de foto is de terminalruimte te zien. De afbeelding onder toont een voorbeeld van een uitdraai zoals die aan opdrachtgevers ter beschikking kan worden gesteld.

YEAR	DATE	CNTRY	FATALE	INJURS	UN#	SHORT DESCRIPTION
1983	0301	IND	20	46	1287	EXPLOSION OF A TANKVEHICEL
1983	0303	N SEA	2	6	1971	FIRE AND EXPLOSION ON OIL DRILLING PLATFORM
1983	0307	NL	-	1	81	15 YEAR OLD BOY EXPERIMENTED WITH CHEMICALS
1983	0308	NL	-	3	1830	RUPTURE DRUMS IN VESSEL "SODOVA I"
1983	0309	GR	-	2	1962	EXPLOSION IN CHEMICAL FACTORY
1983	0310	NL	-	1	1971	GAS EXPLOSION IN APARTMENTHOUSE
1983	0310	NL	-	1	1971	GAS EXPLOSION IN HOUSE
1983	0310	NL	-	1	2770	LEAKAGE FLANGE CONNECTION OF PIPELINE
1983	0311	D	-	4	1053	LEAKAGE OF GASEYLINDEP
1983	0314	USA	-	3	1955	DEFRAIGHT FRETCHTRAIN
1983	0314	NL	-	14	1017	CITIZEN UNWELL BY CHLORINE IN SWIMMING POOL
1983	0315	NL	-	1	1955	EXPLOSION AND FIRE ON VESSEL "LATINI PRASATSI"
1983	0317	NL	-	2	1115	FIRE IN GARAGE
1983	0319	NL	-	2	1075	GASEXPLOSION IN CAR
1983	0320	ZR	3	32	1971	EXPLOSION AND FIRE ON DERRICK
1983	0323	NL	1	-	1294	DRIVER DROWNED IN TANK OF TANKVEHICEL
1983	0324	PT	6	48	1085	RUPTURE HOSE DURING UNLOADING TANKER "CARP"
1983	0325	MEY	1	46	1971	GAS EXPLOSION IN SEWER SYSTEM
1983	0326	NL	-	1	1075	GAS EXPLOSION IN HOUSE
1983	0330	NL	-	3	1418	EXPLOSION OF PRODUCT IN MELTING FURNACE
1983	0331	GR	1	26	1954	EXPLOSION AND FIRE IN CHEMICAL PLANT



## 8. menselijk falen

goede samenwerking met onder andere enkele databanken in het buitenland. De documenten waaraan de gegevens zijn ontleend zijn op microfilm vastgelegd en op deze wijze te raadplegen. In nauw overleg met de betrokkenen worden desgewenst maatregelen getroffen om de vertrouwelijkheid van de verstrekte informatie absoluut te waarborgen.

Menselijk falen is een zeer voorname factor bij het ontstaan van industriële ongevallen. De stand van de techniek en de voor de procesindustrie ontworpen regelsystemen zijn zodanig dat veel ongevallen alleen ontstaan doordat mensen zich niet aan de procedures en voorschriften houden. Mensen blijken soms voorschriften zelfs willens en wetens te overtreden. In dit geval kan een ramp alleen worden voorkomen door het inbouwen van een automatisch beveiligingssysteem,

waardoor bijvoorbeeld een proces automatisch wordt gestopt indien een afgesproken procedure niet wordt gevolgd.

Vaak zijn voorschriften onbegrijpelijk omdat ze niet logisch in elkaar zitten of in een te onbegrijpelijke taal zijn gesteld. De uitleg is dan erg moeilijk en kan ertoe leiden dat onjuiste handelingen worden verricht. Ook komt het veelvuldig voor dat voorschriften of procedures zijn opgesteld door mensen die te ver van de werkvloer afstaan waar ze moeten

boven:

*Moderne centrales, waarvan hier een voorbeeld, worden hoe langer hoe meer uitgerust met volledig geautomatiseerde meld- en regelkamers. Bij het ontwerp hiervan moet aan de relatie 'operator' - regelpaneel zeer veel aandacht worden geschonken. Het routinematige en dus geestdodende 'wachtkloppen' moet tot een minimum worden beperkt. Primaire aandachtspunten moeten snel en duidelijk herkenbaar zijn. Er zijn voor dit soort problemen duidelijke ergonomische regels waarmee de ontwerper rekening zal moeten houden. TNO kan u hierbij adviseren.*

onder:

*Computers worden bij de procesindustrie en bij onderzoek in toenemende mate gebruikt als schakels in de keten van de besluitvorming. De voorschriften voor het bedienen ervan door 'operators' zijn vaak zo ingewikkeld of nodeloos onoverzichtelijk dat geregeld fouten worden gemaakt. TNO voert onderzoek uit voor industriële opdrachtgevers om de programma-voorschriften zodanig te stroomlijnen dat de eenvoud, herkenbaarheid en duidelijkheid van de voorschriften worden bevorderd. Hierdoor wordt de kans op het maken van fouten vermindert.*





## 9. opslag en overslag van gevaarlijke stoffen en produkten

worden uitgevoerd, zodat de uitvoering ervan soms helemaal niet mogelijk is. Systematisch onderzoek kan ertoe leiden dat deze problemen worden onderkend en zodanige maatregelen worden getroffen dat menselijk falen een meer ondergeschikte rol gaat spelen. TNO is op dit gebied reeds een aantal jaren in toenemende mate actief en kan u hierbij behulpzaam zijn.

Een groot deel van de Europese importgoederenstroom loopt via Nederlandse havens. Reusachtige silo's en veemcomplexen domineren het havengezicht. De moderne proces-industrie met haar continu verlopende processen heeft eveneens behoefte aan opslagmogelijkheden voor grote hoeveelheden grondstoffen, half-fabrikaten en eindprodukten alvorens deze te verwerken of te distribueren.

Stofexplosies zijn vanouds berucht

vanwege de catastrofale gevolgen en het verlies aan kapitale gebouwen, installaties en produkten. Explosies van meel, kolenstof en metaalpoeders zijn bekende voorbeelden. Ook broei komt voor.

Gelukkig komen ernstige stofexplosies in ons land zelden voor. Een meerjarig onderzoek van TNO dat in nauwe samenwerking met produktschappen en de overheid werd uitgevoerd, zal binnenkort leiden tot in de praktijk getoetste veiligheidsvoorschriften om stofexplosies en



linksboven:

*Graanprodukten zijn onmisbaar voor de menselijke voeding.*

*Het graan wordt opgeslagen in grote silo's waarvan de foto een voorbeeld laat zien. Er zijn wel 20 verschillende ontstekings-oorzaken bekend waardoor stofexplosies kunnen ontstaan. Elektrostatische oplading is er een voorbeeld van. In het verleden waren het voornamelijk laswerkzaamheden en het gebruik van looplampen waardoor deze ontploffingen werden veroorzaakt. Deze oorzaken komen nu door verbeterde werkvoorschriften minder voor. TNO heeft uitgebreide experimentele faciliteiten op het gebied van stofexplosies en werkt al ruim 10 jaar nauw samen met het bedrijfsleven en de overheid om stofexplosies te voorkomen.*

rechtsboven:

*Tanks voor LPG moeten aan hoge eisen voldoen. Dat geldt zowel voor opslag op grote als op kleine schaal; op grote schaal wordt LPG dikwijls in bolvormige tanks opgeslagen. Bij een lek kan het onder druk uitstromende LPG in brand vliegen of wordt er een gevaarlijke explosieve gaswolk gevormd.*

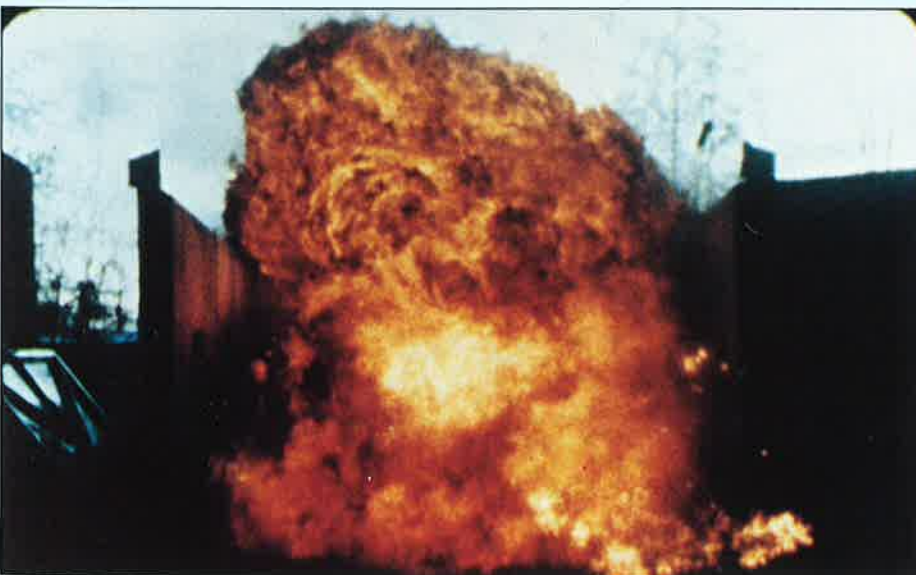
*Wat er zou kunnen gebeuren als een klein butaangastankje bij verkeerd gebruik wordt oververhit laat deze foto zien.*

*Tijdens het experiment werd dit tankje van buitenaf verwarmd waardoor het openbarstte en er een explosie ontstond die door vakmensen wordt aangeduid met 'BLEVE', (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion).*

rechtsonder:

*Bij de opslag van grote hoeveelheden kolen en bij het transport en gebruik van poederkool in centrales is grote voorzichtigheid geboden, zoals een ervaring van vele tientallen jaren heeft geleerd.*

*Deze foto illustreert wat er gebeurt als een kolenstofwolk, gemaakt van slechts 1 kg kolenstof, explodeert. Wanneer deze explosie in een gesloten apparaat of gebouw optreedt, ontstaat een snelle drukopbouw, met als gevolg dat er schade wordt aangericht.*



## 10. transport van gevaarlijke stoffen

en stofbranden te voorkomen en eventuele gevolgen ervan te beperken.

Opslag en overslag van gekoelde of onder druk vloeibaar gemaakte gassen zoals LPG en LNG, vereisen een aantal veiligheidsvoorzieningen.

TNO is in samenwerking met de overheid en de industrie sedert vele jaren actief op dit gebied. Omdat veiligheidsvoorzieningen veel geld kosten moeten deze gebaseerd zijn op zo realistisch mogelijke schattingen van de gevolgen

van het eventueel lekken van tanks, leidingen of afsluiters.

Bij TNO wordt intensief gewerkt aan het verbeteren van rekenmodellen en het toepassen van dynamische belastingsmodellen.

Wie regelmatig per auto onderweg is van en naar de Randstad komt in groten getale tankauto's tegen die duizenden liters vloeistoffen vervoeren waarvan de gevaarsaanduiding te vinden is aan de voor- en achterzijde van het voertuig. Ook per spoor worden grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen getransporteerd. Het is algemeen bekend dat ernstige botsingen of ontsporingen een verhoogd risico betekenen voor weggebruikers en omwonenden.

boven:

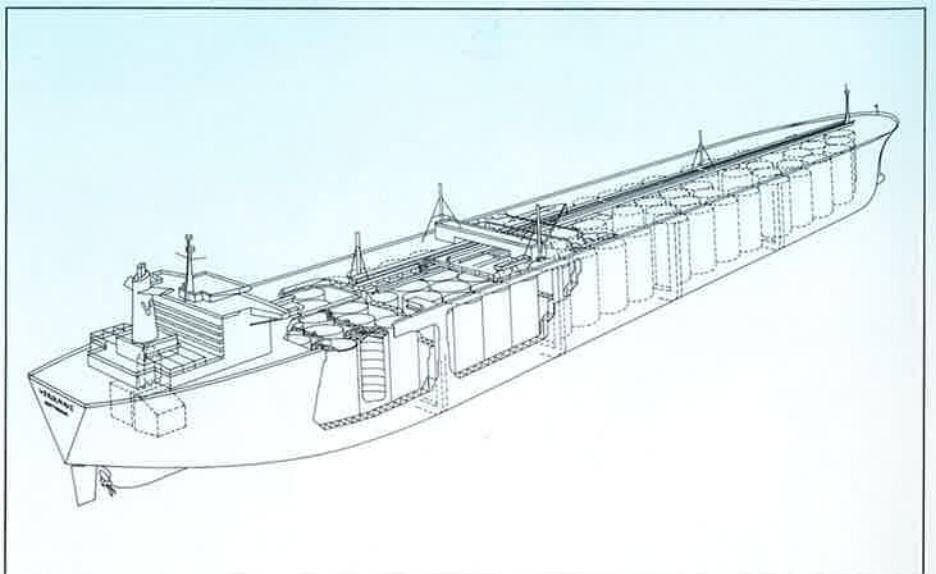
*Het transport per spoor speelt een belangrijke rol bij het vervoer van gevaarlijke vloeistoffen. Belangrijke aspecten hierbij zijn onder andere de trajectveiligheid, het ontwerp en het rangeren van spoorketelwagens.*

*TNO heeft in nauwe samenwerking met deskundigen van de Nederlandse Spoorwegen analyses uitgevoerd naar de veiligheid van grote rangeercomplexen zoals bij Kijfhoek en naar de risico's van het vervoer over een brug of door een tracé waarin een tunnel is opgenomen, zoals dat voor Rotterdam is ontworpen. Dergelijke studies vereisen de samenwerking in projectverband van onder anderen systeemanalytici, explosiedeskundigen, statistici en vervoersspecialisten.*

onder:

*Het vervoer van LNG en LPG per schip gaat de meest kritieke fase in wanneer de supertanker door een drukbevaren vaarroute moet worden geloodst naar de aanlandingsplaats waar het LNG of LPG kan worden gelost. Naast walradar en vaarprocedures is het ontwerp van het schip van het allergrootste belang om de risico's voor de bevolking, die door het lekken van de tanker als gevolg van een aanvaring of stranding zouden kunnen ontstaan, te beperken.*

*Verolme heeft voor het vervoer van LNG een oplossing bedacht die economisch zeer interessant is en aan de veiligheidsdoelstellingen tegemoetkomt. TNO heeft hiervoor destijds een veiligheidsstudie uitgevoerd in opdracht van Verolme.*





Veel vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg en per spoor vindt plaats in tanks en containers van zeer uiteenlopende afmetingen en constructies. De sterkte ervan dient zodanig te zijn dat bij botsingen of ontsparingen geen lekkage ontstaat.

Bij tankers voor de aanvoer van deze stoffen overzee zijn grote lekkages mogelijk doordat de inhoud van de afzonderlijke tanks te groot kan zijn. TNO heeft in samenwerking met MARIN (Maritiem Instituut) en in sommige

gevallen met steun van Germanischer Lloyd onderzoek verricht naar de kansen op botsingen. Ook werden door TNO botsingsproeven uitgevoerd met schaalmodellen van LPG-tankschepen voor de binnenvaart, waarbij is komen vast te staan dat een botsing binnen de voorgeschreven vaarsnelheden niet zal resulteren in het lekken van een goed ontworpen LPG-tank.

Bij het vullen en lossen van tanks zijn efficiënte en veilige handelingen-schema's een vereiste; koppelingen en

afsluiters moeten aan hoge eisen voldoen. Zorgvuldig beheer van laad- en losinstallaties is vereist om een ongeluk te voorkomen zoals dat in 1978 met een LPG-tankauto te Nijmegen, waarbij gelukkig slechts beperkte materiële schade is veroorzaakt. TNO heeft destijds een onderzoek naar de oorzaak van dit ongeluk ingesteld. Transport van aardgas en van vloeistoffen vindt in vele gevallen plaats door pijpleidingen. De vraag of transport door een pijpleiding of door zogenaamde



boven:

*Het vervoer van gevaarlijke stoffen door de bebouwde kom brengt eveneens risico's met zich mee. Er ontstaat aldus een besliskundig probleem: welke routing verdient de voorkeur?*

*Recent is door TNO een onderzoek uitgevoerd naar het routeringsprobleem voor het vervoer van gevaarlijke stoffen waarbij een route door een tunnel is vergeleken met een omleidingsroute. Besliskundigen, systeemanalytici, technologen en planologen hebben hierbij samengewerkt en informatie aangedragen waardoor een betere beleidsafweging mogelijk wordt.*

linksonder en rechtsonder:

*Bij productieprocessen wordt soms gebruik gemaakt van stoffen die thermisch minder stabiel zijn. Opslag, overslag, transport en gebruik van deze stoffen vereisen een grote zorgvuldigheid.*

*Uit een ocpunt van veiligheid is het gehalte aan "actieve" stof erg belangrijk. Dit tonen foto's die genomen zijn van een thermische explosie van een produkt met 70% (links) en 65% actieve stof (rechts). Door opwarming, iets dat in de praktijk bijvoorbeeld bij brand zou kunnen gebeuren, loopt de reactie uit de hand en kan de tank exploderen. Om dit te voorkomen worden drukontlastinrichtingen op de tank geplaatst. Een dergelijk onderzoek resulteert in ontwerpgegevens voor transporttanks voor gevaarlijke stoffen.*



pijpleidingstraten de voorkeur verdient boven andere wijzen van vervoer, dient te worden beantwoord in een proces van afweging waarbij veiligheidsaspecten een grote rol spelen.

De kwetsbaarheid van pijpleidingen is onder meer afhankelijk van het tracé, de diameter van de pijpleiding, de kwaliteit van de lassen, de bescherming tegen corrosie en de wijze waarop de leiding of leidingstraat wordt beheerd. In de loop der jaren heeft men veel ervaring hiermee opgedaan.

De overheid staat bij het afwegen van de beschikbare informatie voor beslissingsproblemen. Hierbij spelen de kans op mogelijke incidenten, de omvang van een eventuele lekkage en de mogelijke schade voor omwonenden en aan materieel een grote rol. TNO heeft in de afgelopen jaren in opdracht van de overheid methodieken ontwikkeld om beleidsbeslissingen te helpen onderbouwen. Een voorbeeld hiervan is een beslissingsmodel voor het wegtransport van gevaarlijke stoffen door

tunnels.

Het vervoer van bepaalde categorieën gevaarlijke stoffen door tunnels is niet toegestaan. De overweging bij dit verbod is dat een brand of explosie zeer ernstige gevolgen zou kunnen hebben voor de tunnelconstructie.

Ook worden door TNO voor het onderbouwen van beleidsbeslissingen vergelijkende veiligheidsstudies uitgevoerd.

Voor de Nederlandse Spoorwegen werd onlangs een studie uitgevoerd waarbij

boven:

*Door TNO werd in opdracht van Rijkswaterstaat onderzocht hoe men tunnelwanden kan beschermen tegen brand en explosie. Een deel van het onderzoek werd uitgevoerd in samenwerking met Belgische instituten die het werk uitvoeren in opdracht van het Belgische Bruggenbureau, onderdeel van het Ministerie van Openbare Werken in Brussel.*

*De foto laat een experimentele tunnel zien in het Belgische plaatsje Kallo met een lengte van 22 m en 1,8 x 1,8 m<sup>2</sup> doorsnee waarin door onze explosiedeskundigen proeven zijn uitgevoerd.*

onder:

*TNO heeft een aantal studies op het gebied van de kwetsbaarheid van pijpleidingen uitgevoerd, onder andere met behulp van binnen- en buitenlandse casuïstiek. Hierbij kwamen aspecten aan de orde zoals mogelijke corrosie van de pijpen, kans op beschadiging door externe oorzaken, kans op lekkage, beheer van pijpleidingsystemen en mogelijke gevolgen van ongewenste gebeurtenissen.*





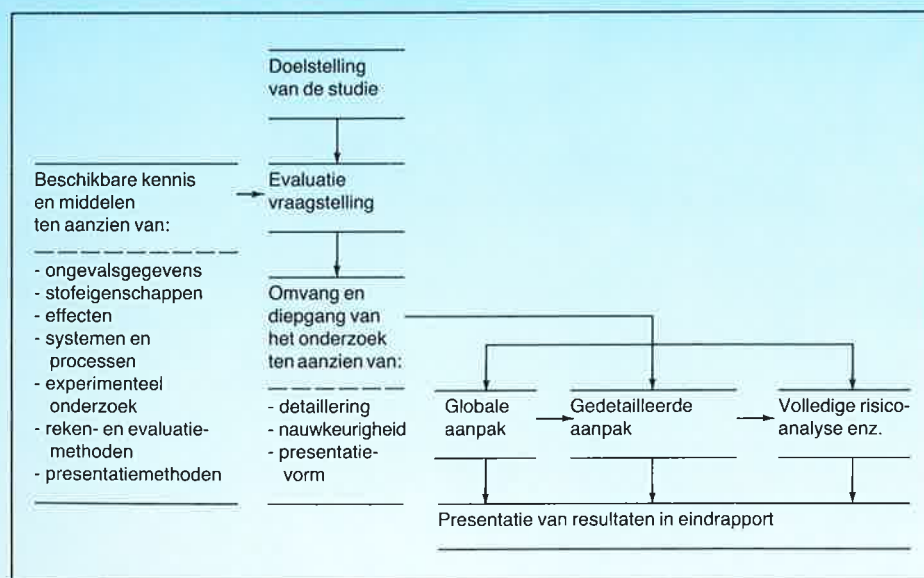
# 11. omvang en diepgang van veiligheidsstudies

een spoorwegtunnel met een spoorwegbrug in Rotterdam werd vergeleken. Ook werd in opdracht van de Rijksoverheid een vergelijking gemaakt tussen verschillende mogelijke locaties voor het aanlanden van LPG.

De bij deze studies voor industrie en overheid opgedane ervaring en ontwikkelde methodieken stellen ons in staat om bedrijven, gemeenten, provinciale overheden en de Rijksoverheid te adviseren bij een realistisch veiligheids-management.

Veiligheidsstudies kunnen een onderdeel van een besluitvormingsproces zijn. Het doel - bijdragen tot een afgewogen besluitvorming - wordt alleen bereikt als van te voren goed vaststaat welke informatie men wil hebben, hoe gedetailleerd deze zal moeten zijn en waarvoor deze is bestemd. Planologische studies bieden nog veel graden van vrijheid. Bij studies voor het management van bedrijven wordt informatie gevraagd voor bestaande of geplande installaties. De overheid vraagt

veelal informatie voor bestuurlijke doeleinden, in de sociaal-economische of politieke sfeer. Welke personen of groepen van personen zullen de informatie gaan gebruiken? Hoe zal de presentatie van de resultaten moeten zijn om onjuist gebruik zo veel mogelijk uit te sluiten. Bovendien moet aan de lezers duidelijk zijn dat aan de resultaten slechts een beperkte nauwkeurigheid kan worden toegekend. Genoemde overwegingen en vragen spelen een rol bij de keuze voor een



rechtsonder:

*Een van de meer omvangrijke studies op het gebied van de veiligheid waaraan TNO in samenwerking met de overheid en de industrie heeft gewerkt, is de LPG-integraalstudie.*

*In deze studie zijn tevens de resultaten verwerkt van studies betreffende de aanlanding van LPG en het transport van aardgas en LPG per ondergrondse pijpleiding. De ervaring met deze grote studies zijn mede aanleiding tot het opzetten van een systematiek voor het vaststellen van de gewenste en noodzakelijke omvang en diepgang van veiligheidsstudies.*

- Beschikbare TNO-expertise ingedeeld naar disciplines en/of deskundigheden:
- Systeemanalyse
  - Procesanalyse
  - Procesdynamica
  - Fysische en chemische technologie
  - Explosieveiligheid
  - Brandveiligheid
  - Toxicologie
  - Metaalkunde
  - Krachten op constructies
  - Sterkte van constructies
  - Databank 'FACTS'
  - Casus'iek
  - Statistiek en kansrekening
  - Psychologie w.o. perceptie
  - Menselijk falen
  - Besliskunde operations-research
  - Veiligheidsmanagement
  - Technische economie



## 12. perceptie van industriële risico's

doelmatige opzet van veiligheidsstudies. TNO werkt nu aan een systematiek waarmee kan worden nagegaan wat er werkelijk nodig is voor het beantwoorden van de gestelde vragen. Deze systematiek heeft tot doel aan de hand van de vraagstelling vanuit verschillende gezichtspunten tot een rangschikking in termen van toenemende moeilijkheidsgraad, omvang en gedetailleerdheid te komen. Zo zal met behulp van kennis over de aard van de beschouwde activiteit en kennis over de potentiële

gevaren die de gebruikte stoffen met zich meebrengen, worden nagegaan welke methodieken toepasbaar zijn, en in hoeverre deze moeten worden aangevuld. Toetsing aan de vraagstelling leidt tot een opzet waarin getracht wordt met een zo beperkt mogelijke studie de gewenste informatie te verstrekken.

De reactie van het publiek op industriële ongevallen en de invloed ervan op het verwachtingspatroon van mensen (zowel individueel als in groepen) is een belangrijk aspect bij de besluitvorming inzake industriële risico's. De huidige enquêtemethodiek, aangevuld met een computeranalyse van de resultaten resulteert pas na ruim een jaar in een antwoord dat een momentopname voorstelt. Het betreft tot op heden in hoofdzaak de analyse van zogenaamde 'chronische' onveiligheidssituaties zoals

boven:

*Dit bleef er over van een fabriek na een explosie in de jaren 70. Het aantal slachtoffers is gelukkig beperkt gebleven. TNO onderzoekt de beleving van dergelijke industriële risico's bij het publiek.*

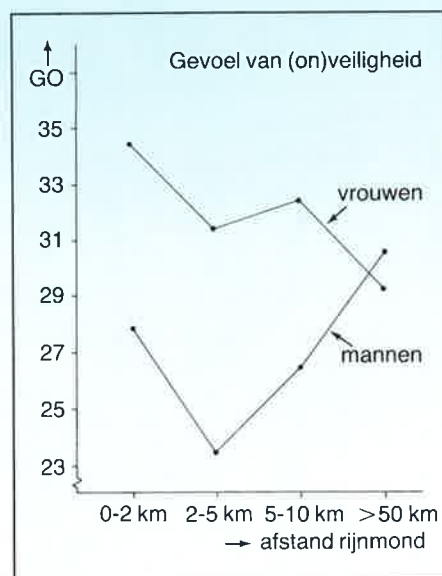
linksonder:

*Het onderzoek naar de invloed van persoonlijke en sociale factoren op de beleving van potentiële industriële risico's is van het grootste belang. De vraag hoe verschillende groeperingen in de maatschappij deze (potentiële) risico's ondergaan vereist zorgvuldig onderzoek. Wij missen echter nog het instrumentarium om dit in een betrekkelijk korte tijd in een specifieke praktijksituatie te kunnen doen. Een TNO-onderzoek in samenwerking met de Rijksuniversiteit van Groningen naar de beleving van dergelijke potentiële risico's in het Rijnmondgebied leverde het volgende resultaat op voor mannen en vrouwen (zie figuur).*

*Vrouwen blijken zich over het algemeen veiliger te voelen dan mannen. Het verloop met de afstand is echter opmerkelijk. Door TNO wordt een diepgaand psychologisch onderzoek ingesteld naar onder andere dit soort verschillen in de beoordeling van (on)veiligheid van technologische activiteiten.*

rechtsonder:

*Deze foto laat iemand uit het Rijnmondgebied zien bij het sorteren van 26 kaarten waarop riskante activiteiten zijn weergegeven. Er werd gevraagd om onderscheid te maken tussen activiteiten die als het meest riskant of het minst riskant werden ervaren en activiteiten die daar tussenin liggen. Nadat alle kaarten eerst waren gesorteerd in drie stapels werd vervolgens om een nadere verdeling in zeven categorieën gevraagd, waarna de vorm van de verdeling door de onderzoekers werd vastgesteld. Op grond van dergelijke vraagmethoden konden conclusies worden getrokken over de redenen waarom bewoners uit het Rijnmondgebied een (industriële) activiteit eventueel gevaarlijk of riskant vonden.*





## 13. management van bedrijfsveiligheid

bijvoorbeeld autorijden. Een analyse van reacties op acute problemen, zoals die van een onverwachte bodemverontreinigingssituatie, is nog niet mogelijk.

De overheid en de industrie willen soms binnen een termijn van enkele maanden kunnen beschikken over bepaalde gegevens. De hiervoor benodigde methodieken zijn nog niet beschikbaar. TNO werkt samen met universiteiten en technische hogescholen aan het ontwikkelen van methoden om de

respons van individuen en van groepen te bepalen als functie van de tijd, aangezien de tijd een belangrijke factor is in het gedragspatroon van mensen. Zodoende kan ook inzicht worden verkregen in het belang van directe visuele waarneming van ongevallen of ongevalseffecten. De verwachting bestaat dat bij bovengenoemde onderzoeken binnen enkele jaren goede vorderingen zullen worden gemaakt.

Aan de zorg voor het veilig functioneren van bedrijven wordt steeds meer aandacht besteed. Ondernemers, werknemers en overheid houden zich ermee bezig. Dit komt tot uitdrukking in nieuwe wetten, regelingen voor inspraak van ondernemingsraden en de belangstelling van het publiek. Bij een gezonde bedrijfsvoering behoort ook aandacht voor een gestructureerde aanpak van de bedrijfsveiligheidszorg. De Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek kan



boven:

*Voor elk bedrijf geldt dat het management een belangrijke verantwoordelijkheid heeft ten aanzien van de veiligheid in het bedrijf. Dit is bevestigd in de ARBO-wet die bedoeld is om als een raamwet te dienen. Aan veiligheid binnen het bedrijf dient evenveel zorg te worden besteed als aan de kwaliteit en de kostprijs van het produkt. Voor alle bedrijven geldt dat opleiding en instructie een primaire taak blijft van de bedrijfsleiding. Grotere bedrijven zijn veelal in staat om die opleiding en instructie zelf te verzorgen. De opzet van deze opleidingen vraagt zeer veel zorg en aandacht.*

onder:

*Veiligheidsaspecten moeten in werkbesprekingen worden ingebouwd om een maximaal effect in de gehele organisatie te verkrijgen. Hiertoe behoren technische maatregelen en voorzieningen, beschermingsmiddelen, beveiligings-systemen enzovoort. Alleen door dit volgens plan te doen kan men bereiken dat mensen worden gemotiveerd om hun werk op een veilige wijze te verrichten. Een veilige bedrijfsvoering van een fabriek, een garage of een werkplaats is alleen mogelijk indien het bedrijf voldoende aandacht aan de veiligheidsaspecten schenkt. TNO kan u op al deze gebieden met advies en hulp van dienst zijn.*



## 14. optimale besteding van veiligheidsbudgetten

u hierbij op velerlei wijzen van dienst zijn. De Organisatie beschikt over vrijwel alle noodzakelijke disciplines en heeft een ruime ervaring op dit gebied.

Er wordt gewerkt met een op ervaring berustende 'check list' die naar de specifieke behoefte van een bedrijf kan worden aangevuld of bekort.

TNO kan u echter nog meer bieden. De Organisatie kan voor u een volledige analyse uitvoeren op de volgende gebieden: energiebesparing, milieuzorg en veiligheidszorg. Daarbij kunt u zelf

kiezen welk aspect voor u het meest van belang is. Door een gecombineerde analyse kunt u tijd en ook geld besparen.

De financiële middelen zijn tegenwoordig zeer beperkt. Het geld kan maar één keer worden besteed. Waar en hoe kan van het beschikbare bedrag het meeste profijt worden getrokken? Het antwoord op deze vraag is het resultaat van een afwegingsproces waarbij korte en lange termijnaspecten tegen elkaar moeten worden afgewogen en hoofdzaken van bijzaken moeten worden gescheiden. Bij het beoordelen van risico's bestaat de neiging om meer nadruk te leggen op ongevallen met relatief kleine kansen en





grote gevolgen. Hierdoor krijgen ongevallen met relatief grote kansen en kleinere gevolgen minder aandacht dan ze wellicht verdienen. Investerings op veiligheidsgebied in het bedrijf zelf geschieden bij voorkeur op basis van kosten-effectstudies. Bij de keuze van risicoverminderende maatregelen wordt daarbij nagegaan of van de in technisch opzicht best mogelijke maar veelal zeer kostbare middelen gebruik moet worden gemaakt, of dat ook kan worden volstaan met

minder kostbare maatregelen.

Buiten het bedrijf spelen meer grootschalige aspecten een rol en staan bestuurlijke instanties nogal eens voor de vraag aan welke aspecten voorrang moet worden gegeven. Moeten er kostbare voorzieningen worden getroffen bij fabrieken voor de – soms hypothetische – kans op een zeer groot ongeval? Verdient verbetering van het wegstelsel voor een snelle inzet van hulpdiensten de voorkeur, of de

evacuatie van bewoners uit bedreigde gebieden? Of moeten bepaalde rampendiensten worden versterkt? Voor het oplossen van dit soort problemen ontwikkelt TNO methodieken, waarbij op basis van kennis omtrent ongevalskansen, effect van mogelijke maatregelen en dergelijke en met behulp van beslistkundige technieken inzicht kan worden verschaft ten behoeve van keuze of prioriteitsstelling.



**Pag. 21:**  
*De foto laat de 4e petroleumhaven zien, tegenover Hoek van Holland, met op de achtergrond de destijds nog in aanbouw zijnde gedeelten van Europoort. De afstanden tot de belerende industrie-complexen en de afstanden tot de bebouwde kommen zijn ruim bemeten. Helaas kan dit niet altijd worden gezegd van andere industrie-complexen in ons land. Afweging en prioriteitstelling ten aanzien van te besteden budgetten voor veiligheidsvoorzieningen zijn in deze situatie noodzakelijk.*

**Pag. 22:**  
*Voor veel bedrijven is de vraag naar een optimale besteding van veiligheidsbudgetten niet gemakkelijk te beantwoorden. Dit geldt zowel voor het grotere bedrijf (zie foto) als voor het midden- en kleinbedrijf. Slechts een grondige analyse met nadruk op de hoofdzaken kan aan het licht brengen of bijvoorbeeld opleiding en training de voorkeur verdienen boven de aanschaf van apparatuur, of het verbeteren van laad- en losinrichtingen of dat bij voorkeur moet worden geïnvesteerd in het ontwikkelen en uitvoeren van andere produktiemethodes of -processen.*

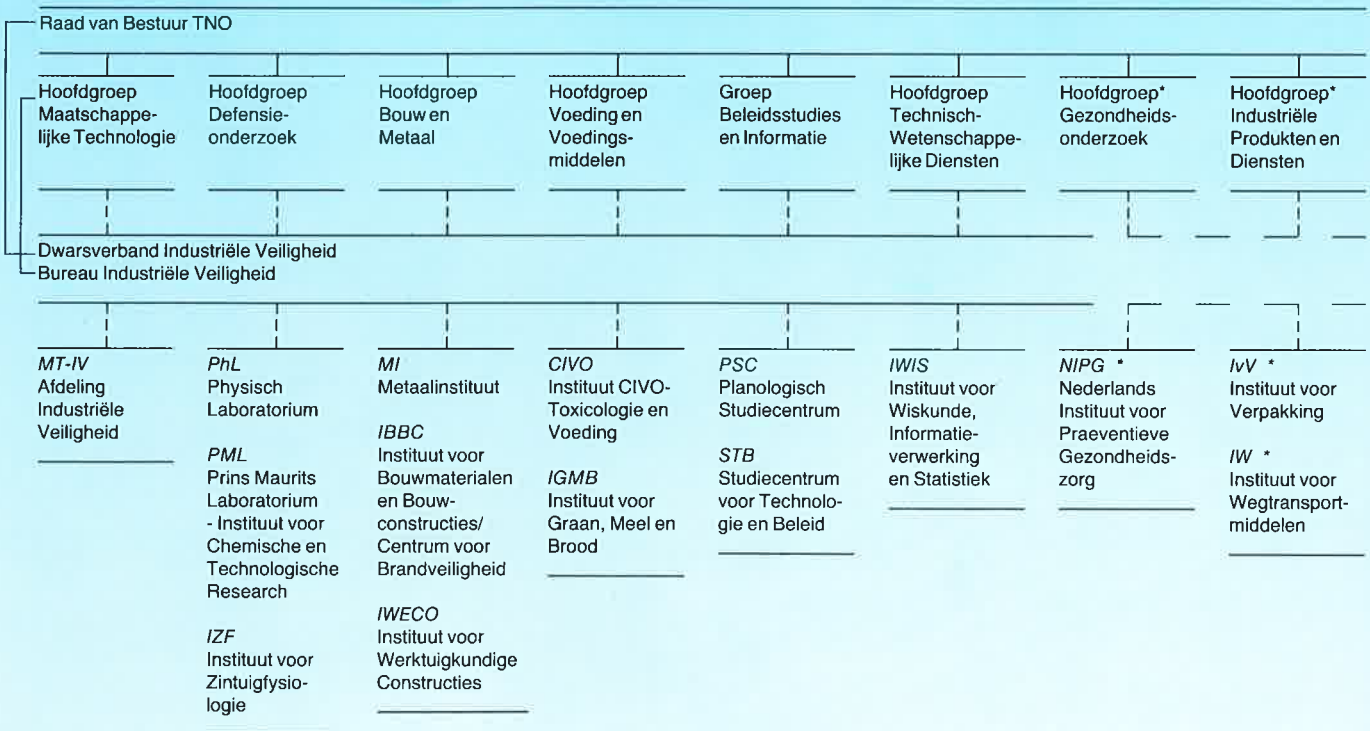
# 15. dwarsverband industriële veiligheid

Deze brochure is samengesteld uit bijdragen van twaalf TNO-onderdelen, die deel uitmaken van de zes hoofdgroepen die in het Dwarsverband Industriële Veiligheid samenwerken. Dit is in onderstaand schema weergegeven. Het aandachtsgebied "industriële veiligheid" bevindt zich in een spanningsveld, dat karakteristiek is voor onze huidige samenleving. Naast vele technische en bedrijfs-specifieke aspecten spelen sociaal-economische factoren een grote rol en is

de wijze van risicobeleving door de bevolking van grote invloed op de maatschappelijke besluitvormingsprocessen. De onafhankelijke positie van TNO ten opzichte van de overheid en het bedrijfsleven en de contractueel vastgelegde verplichtingen met betrekking tot geheimhouding en vertrouwelijkheid van gegevens hebben ertoe geleid dat TNO voor zeer uiteenlopende opdrachtgevers uit de industrie en de overheid onderzoeksoverdrachten heeft uitgevoerd.

Voor de opdrachtgever is primair van belang dat voor het oplossen van de aan TNO voorgelegde problemen door de Organisatie onder meer aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- het inzetten van de beste en meest geavanceerde specifieke kennis en ervaring waarover TNO beschikt;
- een zo eenduidig mogelijk wetenschappelijk standpunt van TNO ten aanzien van controversiële of nog in ontwikkeling zijnde methodieken;
- een duidelijke en waar gewenst



\* Met deze TNO-onderdelen bestaat momenteel een samenwerking op ad hoc basis.



## 16. overzicht van deelnemende tno-onderdelen en adressen

centrale ingang voor alle contacten. Voor TNO zelf is het van het grootste belang de ontwikkelingen in het gehele aandachtsgebied op de voet te volgen teneinde door middel van studies en onderzoek tijdig in te spelen op in de toekomst te verwachten wensen van particulieren, bedrijfsleven en overheid. Het Dwarsverband Industriële Veiligheid wordt bij het uitvoeren van deze taken ondersteund door het Bureau Industriële Veiligheid, dat binnen het Dwarsverband een belangrijke plaats inneemt.

Door middel van deze brochure hebben wij u een inzicht willen geven hoe de diverse disciplines in TNO samenwerken bij onderzoek ten dienste van de industriële veiligheid. Onderstaand treft U de adressen aan van alle aan het Dwarsverband Industriële Veiligheid deelnemende TNO-onderdelen. De centrale ingang voor alle activiteiten is het Bureau Industriële Veiligheid (BIV-TNO).

Adres:  
Bureau Industriële Veiligheid (BIV-TNO).  
Postbus 45  
2280 AA Rijswijk  
Tel.: 015 - 13 87 77  
Hoofd: Ir. A. C. van Mameren,  
Secretaresse: mw. C. Leeftang.  
U kunt hier alle gewenste inlichtingen verkrijgen.

Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie  
TNO (MT-TNO)  
*Afdeling Industriële Veiligheid*  
Postbus 342  
7300 AH Apeldoorn  
Telex 36395 tnoap nl  
Tel. 055 - 77 33 44

Hoofdgroep Defensieonderzoek  
TNO (DO-TNO)  
Fysisch Laboratorium TNO (PHL-TNO)  
Postbus 96864  
2509 JG 's-Gravenhage  
Telex 32397 pltno nl  
Tel. 070 - 26 42 21

*Prins Maurits Laboratorium TNO,  
Instituut voor Chemische en  
Technologische Research (PML-TNO)*  
Postbus 45  
2280 AA Rijswijk  
Telex 38034 pmtno nl  
Tel. 015 - 13 87 77

*Instituut voor Zintuigfysiologie TNO  
(IZF-TNO)*  
Postbus 23  
3769 ZG Soesterberg  
Tel. 03463 - 14 44

Hoofdgroep Bouw en Metaal TNO  
(BM-TNO)  
*Instituut TNO voor Bouwmaterialen en  
Bouwconstructies (IBBC-TNO)  
Centrum voor Brandveiligheid*  
Postbus 49  
2600 AA Delft  
Telex 38270 ibbc nl  
Tel. 015 - 13 82 22

*Instituut TNO voor Werktuigkundige  
Constructies (IWECO-TNO)*  
Postbus 29  
2600 AA Delft  
Telex 38192 iweco nl  
Tel. 015 - 56 92 18

*Metaalinstituut TNO (MI-TNO)*  
Postbus 541  
7300 AM Apeldoorn  
Telex 36395 tnoap nl  
Tel. 055 - 77 33 44

Hoofdgroep Voeding en Voedingsmiddelen  
TNO (VV-TNO)  
*Instituut CIVO-Toxicologie en Voeding TNO*  
Postbus 360  
3700 AJ Zeist  
Telex 40022 civo nl  
Tel. 03404 - 5 22 44

*Instituut voor Graan, Meel en Brood TNO  
(IGMB-TNO)*  
Postbus 15  
6700 AA Wageningen  
Telex 40022 civo nl  
Tel. 08370 - 1 90 51

Groep Beleidsstudies en Informatie TNO  
(BI-TNO)  
*Studiecentrum voor Technologie en  
Beleid TNO*  
Postbus 541  
7300 AM Apeldoorn  
Telex 36395 tnoap nl  
Tel. 055 - 77 33 44

Hoofdgroep Technisch-Wetenschappelijke  
Diensten TNO (TWD-TNO)  
*Instituut TNO voor Wiskunde, Informatie-  
verwerking en Statistiek*  
Postbus 297  
2501 BD 's-Gravenhage  
Telex 31707 wstno nl  
Tel. 070 - 82 41 61

Colofon

*Productie en vormgeving:*  
Centrale Stafafdeling  
In- en Externe Communicatie TNO

*Illustratie omslag:*  
Joost Minderhoud

*Overige illustraties:*  
TNO-IEC

*Fotografie:*  
pag. 4 Benelux Press B.V.  
pag. 5 N.V. Nederlandse Gasunie  
pag. 6 boven Ton Poortvliet  
pag. 6 onder Victor Scheffer  
pag. 13 boven Stork  
pag. 13 onder Foto Artbox/Diatake  
pag. 14 linksboven Graan Elevator Maatschappij  
pag. 15 boven Victor Scheffer  
pag. 17 onder Stork  
pag. 20 boven Heineken Nederland B.V.  
pag. 20 onder Victor Scheffer  
pag. 22 Benelux Press B.V.  
overige foto's: TNO

*Literatuur:*  
pag. 19 (figuur links onder) C.A.J. Vlek  
en P.J.M. Stallen 1979

*Druk:*  
Lakerveld B.V., 's-Gravenhage

november 1983