

Introductie van een beoordelingsmethodiek

# Beoordeling veiligheid bij Meervoudig Ruimtegebruik

ir. S.I. Suddle, TU Delft/Corsmit Raadgevend Ingenieursbureau, Rijswijk \*)

Veiligheid wordt de laatste jaren steeds vaker ter discussie gesteld bij ontwikkeling, realisatie en beheer van grootschalige projecten. Het is noodzakelijk de veiligheid in een zo vroeg mogelijk stadium zo nauwkeurig mogelijk vast te leggen. Aan de TU Delft wordt momenteel door de auteur een promotieonderzoek verricht naar de veiligheidsaspecten van Meervoudig Ruimtegebruik. In dit artikel wordt een beeld gegeven over veiligheid in zijn algemeenheid.

Voor alle grootschalige en gecompliceerde projecten, waaronder projecten met Meervoudig Ruimtegebruik, is veiligheid een belangrijk aspect, dat van te voren goed onderzocht dient te worden [1]. Wat is veiligheid? In de veiligheidsfilosofie wordt onderscheid gemaakt tussen *fysieke* en *sociale* veiligheid. Fysieke veiligheid betreft kansen op verwonding of overlijden door oorzaken als calamiteiten met gevaarlijke stoffen en andere rampscenario's zoals brand en overstroming. Fysieke veiligheid omvat zowel aspecten van interne als externe veiligheid. Sociale veiligheid betreft aspecten van mensen onderling, zoals criminaliteit en overlast. In dit artikel wordt nader ingegaan op de fysieke veiligheid – in het vervolg aangeduid als veiligheid – enerzijds en de omgang met risicoanalyses anderzijds.

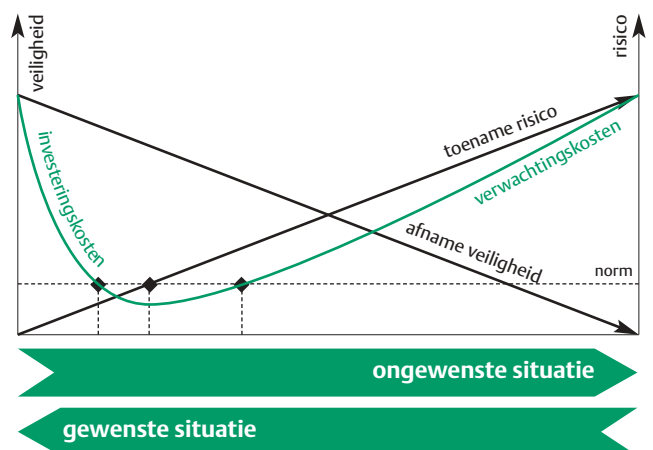
Veiligheid is complementair met risico (fig. 1) en wordt derhalve geassocieerd met de mate van het lopen van risico. De gangbare definitie van risico is de (faal)kans maal het (negatieve) gevolg. Het gevolg kan uitgedrukt worden in materiële schade of in slachtoffers. Dit risico mag de maatschappelijke risico-acceptatienorm niet overschrijden [3].

Naast de gangbare definitie van risico bestaat ook de controversiële definitie hiervan, namelijk de psychologische benadering van risico: een gebrek aan veronderstelde beheersbaarheid [4].

## Risico-analyse

In zijn algemeenheid geschiedt de bepaling van risico's door middel van een risico-analyse. Hierin worden ongevallenscenario's geïnventariseerd en de kansen erop en de gevolgen ervan bepaald. Een risico-analyse wordt gebruikt voor het toetsen van de veiligheid aan een norm of het economisch optimaliseren van processen en objecten. Het doel van een risico-analyse is het leveren van een basis voor het nemen van rationele beslissingen. Bij een risico-analyse kan onderscheid worden gemaakt in drie hoofdonderdelen (fig. 2) [3]:

1. Een kwalitatieve analyse, bestaande uit de analyse van de functies en onderdelen van het systeem, de inventarisatie van bedreigingen, faalmechanismen, gevolgen en het vastleggen van de onderlinge samenhang.
2. Een kwantitatieve analyse, bestaande uit de berekening van de faalkans, kwantificering van gevolgen, bereke-



ning van risico's en beoordeling van het resultaat door toetsing aan normen.

3. Besluitvorming en toetsing van het risico.

## Risico-acceptatie

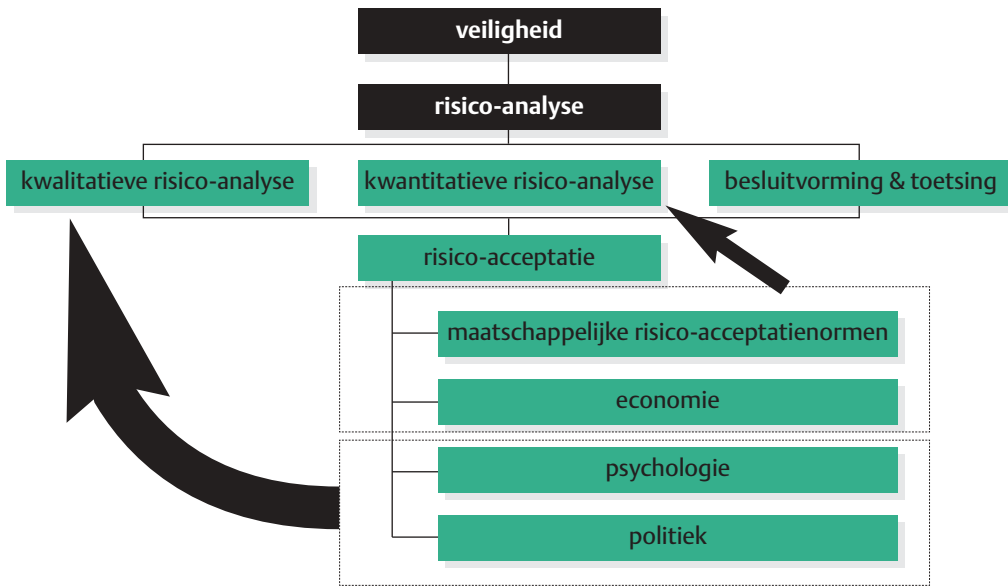
Een belangrijk onderdeel van de risico-analyse is het laatste deel van stap 2 en stap 3, namelijk de besluitvorming en toetsing van het risico aan de maatschappelijke risico-acceptatienormen. Bij deze toetsing wordt de mate van acceptatie van risico's bepaald. Er zijn een viertal criteria die de acceptatie bepalen (fig. 2):

- maatschappelijke risico-acceptatienormen (individueel risico en groepsrisico);
- economische optimalisatie;
- psychologische acceptatie;
- politieke besluiten.

De *maatschappelijke risico-acceptatienormen* zijn te verdelen in groepsrisico en individueel risico. In Nederland is door het ministerie van VROM de norm voor

7 | Veiligheid uitgezet tegen risico [1,2]

\*) De auteur is promovendus bij de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, sectie Gebouwen en Bouwtechniek aan de TU Delft en is constructeur bij Corsmit Raadgevend Ingenieursbureau, Rijswijk. Promotor is prof.dipl.-ing. J.N.J.A Vamberský, co-promotor prof.ir. A.C.W.M. Vrouwenfelder.



2 | Risico-analyse en de risico-acceptatie

het groepsrisico vastgesteld. Deze heeft betrekking op de kansverdeling van het aantal doden per jaar ten gevolge van een activiteit op één enkele locatie. Het individueel risico geeft de kans op overlijden op een bepaalde plaats ten opzichte van een beschouwde activiteit, ongeacht de aanwezigheid van personen. Bij *economische optimalisatie* is het de bedoeling een maatregel te kiezen die de veiligheid doet vergroten, waarbij de totale kosten zo klein mogelijk zijn. Maatschappelijke acceptatie is nauw verbonden met *psychologische acceptatie*. Publieke opinie en daaraan gekoppelde *politieke besluiten* spelen hierbij een belangrijke rol [5]. De psychologische acceptatie en politieke besluiten zijn meestal doorslaggevend als de risico-analyse zich beperkt tot de kwalitatieve risico-analyse. Terwijl

als de kwantitatieve risico-analyse is uitgevoerd, de voorkeur meestal wordt gegeven aan besluitvorming op grond van maatschappelijke risico-acceptatienormen en de economische optimalisatie.

**Maatschappelijke risico-acceptatienormen**

Bij beschouwing van de maatschappelijke risico-acceptatienormen kunnen twee toetsen worden gedaan, namelijk voor het individueel risico en voor het groepsrisico [5]. Voor het *individueel risico* geldt de norm [3, 5]:

$$P_{fi} \leq \frac{\beta_i \cdot 10^{-4}}{P_{difi}} \quad (1)$$

waarin:

$P_{fi}$  is de kans op een ongeval  $f$ ten gevolge van activiteit  $i$  [jaar<sup>-1</sup>];

3 | Individuele risico's in Westerse landen, gebaseerd op statistieken van de oorzaken voor dodelijke ongelukken en het aantal mensen die deelnamen aan een activiteit; bepaling  $\beta$  [5]

	oorzaak	risico-acceptatie		beleidsfactor
		hoog	ja	
kans op overlijden per jaar	ongeval bij bergbeklimmen	↑	↑	$\beta = 100$
	ziekte			$\beta = 10$
	auto ongeval			$\beta = 1$
	vliegtuigongeval			$\beta = 0,1$
	fabrieksongeval	↓	↓	$\beta = 0,01$
		laag	nee	

$P_{difi}$  is de kans op overlijden van een individu, gegeven dat een ongeval  $f$ ten gevolge van activiteit  $i$  plaatsheeft en aannemende dat de persoon zich permanent, gedurende 24 uur per dag onbeschermd op die plaats bevindt;  
 $\beta_i$  is de beleidsfactor die wordt bepaald op basis van de mate van vrijwilligheid en/of belang van het individu bij de activiteit, variërend van 10 tot 0,01 (fig. 3);  
 $10^{-4}$  is de statistische kans op overlijden per jaar van jonge mannen [jaar<sup>-1</sup>].

Een algemene formulering van de norm voor het *groepsrisico* voor een periode van één jaar is [3, 5, 6]:

$$1 - F_N(n) \leq \frac{C_i}{n^\gamma} \text{ voor alle } n \quad (2)$$

$$1 - F_N(n) = P(N > n) \quad (3)$$

waarin:

$C_i$  is de constante die de hoogteligging van de *FN*-curve bepaalt;

$1 - F_N(n)$  is de overschrijdingskans van het aantal dodelijke slachtoffers, dat volgt uit de verdelingsfunctie van dit aantal,  $F_N(n)$ ;

$n$  is het aantal dodelijke slachtoffers;

$\gamma$  is de steilheid van de normering die de *FN*-curve bepaalt.

Een normering met een steilheid  $\gamma = 1$  wordt neutraal genoemd en limiteert in feite de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers. Is de steilheid  $\gamma > 1$ , dan is de normering risico-avers. Grote ongelukken met meerdere dodelijke slachtoffers worden immers zwaarder meegewogen, en deze worden met relatief kleinere kans geaccepteerd. Een voorbeeld hiervan is dat men wel accepteert dat er jaarlijks meer dan 1000 mensen omkomen in het verkeer, terwijl de vuurwerkramp in Enschede, waarbij 17 mensen in één keer omkwamen, niet wordt geaccepteerd.

Het ministerie van VROM hanteert de norm waarbij geldt dat  $C_i = 0,01$  en  $\gamma = 2$  (voor  $n \geq 10$ ), ook wel de oriënterende waarde geheven. Voor lagere risico's geldt het ALARA-principe (As Low As Reasonable Achievable), wat inhoudt dat risico's zo veel als redelijkerwijs mogelijk is, beperkt dienen te worden. Het groepsrisico wordt meestal in een FN-diagram weergegeven (fig. 4). Deze grafiek geeft de verhouding weer tussen de jaarlijkse kans op overlijden ( $F$ ) en de omvang van een groep slachtoffers dat tegelijk om het leven komt ( $n$ ).

Als de verwachtingswaarde van het aantal dodelijke slachtoffers veel kleiner is dan de standaardafwijking, geldt voor de factor  $C_i$ , bij een deterministische aantal dodelijke slachtoffers [3, 5]:

$$C_i = \left[ \frac{\beta_i \cdot 100}{k \cdot \sqrt{N_a}} \right] \quad (4)$$

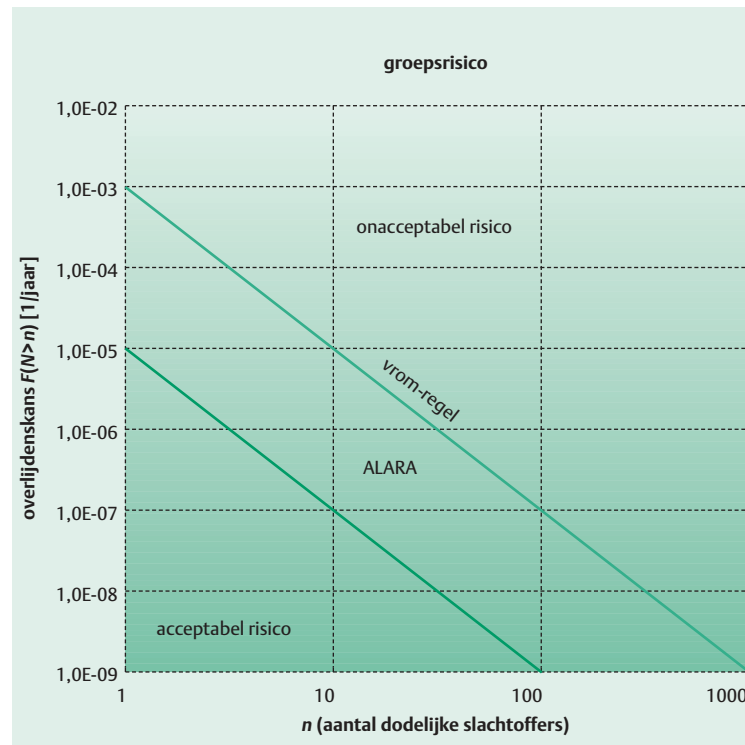
waarin:

$N_a$  is het aantal onafhankelijke locaties waar de activiteit plaatsheeft;

$k$  is de risicooversie-factor (meestal  $k = 3$ ).

#### Veiligheidsmaat

Als we de norm voor het *individueel risico* nader beschouwen, dan zien we dat pas als het risico met een factor tien afneemt, er sprake is van een wezenlijke verbetering. Zo ook duidt een toename van het risico met een factor tien op een wezenlijke verslechtering. De factor tien doet heel snel denken aan een logaritmische schaal met grondtal 10. Voor het groepsrisico is de (dubbel)logaritmische weergave bij het FN-diagram een voor de handliggend denkpatroon. De al eerder behandelde norm (formule 1) voor het individueel risico kan worden gezien als het individueel risico berekend met de risico-analyse, getoetst aan de norm voor het individueel risico. Formule 1 kan als volgt geschreven worden:



4 | FN-diagram met hierin de VROM-regel verwerkt [5, 6]

$$IR = P_{fi} \cdot P_{difi} \leq \beta_i \cdot 10^{-4} \quad (5)$$

$IR$  is hierin de totale kansdeel van het risico, ook wel het individueel risico genoemd, namelijk de kans op een dodelijke afloop, gegeven een bepaald ongeval [jaar<sup>-1</sup>].

Formule 5 anders geschreven geeft:

$$\frac{P_{fi} \cdot P_{difi}}{\beta_i \cdot 10^{-4}} \leq 1 \quad (6)$$

Veiligheid in de termen van individueel risico kan worden opgemerkt als een minimaal risico (maximale veiligheid) plus het individueel risico getoetst aan de norm, in formulevorm:

$$\frac{R_{min} + IR}{\beta_i \cdot 10^{-4}} \leq 1 \quad (7)$$

Deze toets wordt attractief op logaritmische schaal. Als wordt uitgegaan van de gangbare definitie van risico, dan kan een mogelijke maatstaf voor de veiligheid in formulevorm worden weergegeven:

$$V = -\log \frac{R_{min} + IR}{\beta_i \cdot 10^{-4}} \quad (8)$$

waarin:

$V$  is de veiligheidsmaat [dimensieloos];

$R_{min}$  is het minimaal risico: 0 ongelukken met dodelijke afloop [jaar<sup>-1</sup>].

Hiermee is een nieuw begrip geïntroduceerd, namelijk de *veiligheidsmaat* voor het individueel risico. Hierbij is gekozen voor een referentie die (net) voldoet aan de norm voor het individueel risico. Gezien het feit dat  $R_{min}$  gelijk is aan 0, kan deze weggelaten worden in de formule en bovendien kan  $IR$  uit formule 6 hierin gesubstitueerd worden:

$$V = -\log \frac{P_{fi} \cdot P_{difi}}{\beta_i \cdot 10^{-4}} \quad (9)$$

Door het wegwerken van de mintekenen voor de logaritme ontstaat de formule:

$$V = \log \frac{\beta_i \cdot 10^{-4}}{P_{fi} \cdot P_{difi}} \quad (10)$$

Dat deze formule grote voordelen met zich meebrengt in de huidige formulering kan het beste worden geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld. Stel dat de volgende

situatie van toepassing is:

$$P_{fi} = 10^{-5} \text{ [jaar}^{-1}\text{]};$$

$$P_{d|fi} = 1 \text{ [-]};$$

$$\beta_1 = 0,01 \text{ (onvrijwillige activiteit).}$$

Hiermee kan de veiligheidsmaat worden berekend met formule 10. Deze bedraagt dan:

$$V = \log \frac{0,01 \cdot 10^{-4}}{10^{-5} \cdot 1} = \log \frac{10^{-6}}{10^{-5}} = \log 10^{-1} = -1 \quad (10a)$$

Voor de veiligheidsmaat  $V$  volgt een bepaald getal. Voor het voorbeeld is dat  $-1$ , hetgeen erop neerkomt dat de veiligheid onvoldoende is, want de gestelde acceptatienorm voor individueel risico wordt overschreden. In principe kan onderscheid gemaakt worden tussen drie situaties:

1.  $V < 0$  De berekende veiligheid/risico voldoet niet aan de risico-acceptatienormen. Hoe groter de overschrijding van het risico ten opzichte van de norm ( $\beta_1 \cdot 10^{-4}$ ), des te kleiner het getal voor de veiligheid, des te onveiliger het is. (Een afname van de veiligheidsmaat betekent dat het risico één niveau toeneemt.)
2.  $V = 0$  De berekende veiligheid/risico voldoet aan de

Tabel 1 | Veiligheidsmaat uitgezet tegen individueel risico bij verschillende waarden voor  $\beta$

individueel risico	veiligheidsmaat			
	$\beta = 0,01$	$\beta = 0,1$	$\beta = 1$	$\beta = 10$
$10^{-2}$	-4	-3	-2	-1
$10^{-3}$	-3	-2	-1	0
$10^{-4}$	-2	-1	0	1
$10^{-5}$	-1	0	1	2
$10^{-6}$	0	1	2	3
$10^{-7}$	1	2	3	4
$10^{-8}$	2	3	4	5
$10^{-9}$	3	4	5	6

3.  $V > 0$  De berekende veiligheid/risico voldoet ruim aan de gestelde risico-acceptatienormen. (Een toename van de veiligheidsmaat betekent ook dat het risico één niveau afneemt.)

Gestreefd wordt om situatie 2 en 3 te behalen, dus  $V \geq 0$ . Gecombineerd met formule 10 geeft dit de norm voor de veiligheid in termen van individueel risico:

$$V = \log \frac{\beta_1 \cdot 10^{-4}}{P_{fi} \cdot P_{d|fi}} \geq 0 \quad (11)$$

De toets voor de veiligheid in termen van individueel risico kan in plaats van met formule 1 nu ook worden gedaan met formule 11. De uitkomst van de veiligheidsmaat hangt af van het individueel

risico en  $\beta$ . Tabel 1 en figuur 5 geven de veiligheidsmaat weer, uitgezet tegen het risico voor een bepaalde  $\beta$ . Met dit model is de veiligheid in termen van individueel risico gekwantificeerd en direct te toetsen aan de acceptatienormen voor individueel risico. Met dit instrument kunnen de effecten worden bepaald van veiligheidsmaatregelen op de veiligheid (smaat) voor individueel risico.

Verder geldt de limiet:

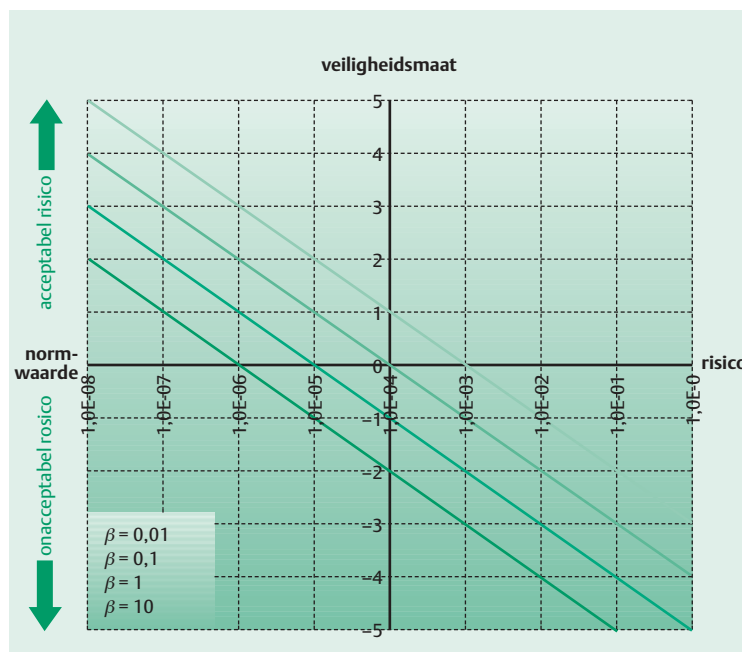
$$\lim_{IR \downarrow 0} (V) = \infty \quad (11a)$$

In woorden uitgedrukt: indien er geen sprake is van risico, nadert de veiligheidsmaat tot oneindig.

**Economisch criterium**

Het niveau van risico-acceptatie kan ook worden gezien als een economisch beslissingsprobleem. In de praktijk wordt niet altijd voorkeur gegeven aan de maatregel die voldoet aan de maatschappelijke risico-acceptatienormen, maar spelen ook economische overwegingen een belangrijke rol. Soms is een maatregel waarbij zo min mogelijk slachtoffers verwacht worden te duur en de maatregel die zo goedkoop mogelijk is levert een groot verwacht aantal slachtoffers (risico's). Hiertussen moet een evenwicht worden gezocht. Toch streeft men er naar om een zo goedkoop mogelijke maatregel toe te passen, die bovendien ook nog voldoet aan de maatschappelijke risico-acceptatienormen. In [5] wordt dit minimaliseringsprobleem weergegeven met:

5 | Veiligheidsmaat uitgezet tegen individueel risico bij verschillende  $\beta$



minimaliseer

$$C_{\text{tot}} = C_0(\gamma) + \sum_{j=1}^n \frac{P_{Fj} \cdot \{C_j + \alpha \cdot E(N_d)\}}{(1+r)^j}$$

zodanig dat

$$P_{fi} \leq \frac{\beta_i \cdot 10^{-4}}{P_{difi}} \text{ of } V = \log \frac{\beta_i \cdot 10^{-4}}{P_{fi} \cdot P_{difi}} \geq 0$$

$$1 - F_N(n) \leq \frac{C_i}{n^v} \quad (12)$$

waarin:

$C_{\text{tot}}$  zijn de totale investeringskosten;

$C_0(\gamma)$  zijn de investeringskosten per veiligheidsmaatregel;

$j$  is het jaarnummer;

$r$  is de discontovoet;

$C_j$  is de materiële gevolgschade in jaar  $j$ ;

$\gamma$  is de beslissingsparameter;

$\alpha$  zijn de investeringskosten om een dodelijk slachtoffer te voorkomen;

$E(N_d)$  is het verwachte aantal dodelijk slachtoffers;

$$E(N_d) = P_{fi} \cdot P_{difi} \cdot N_{pi};$$

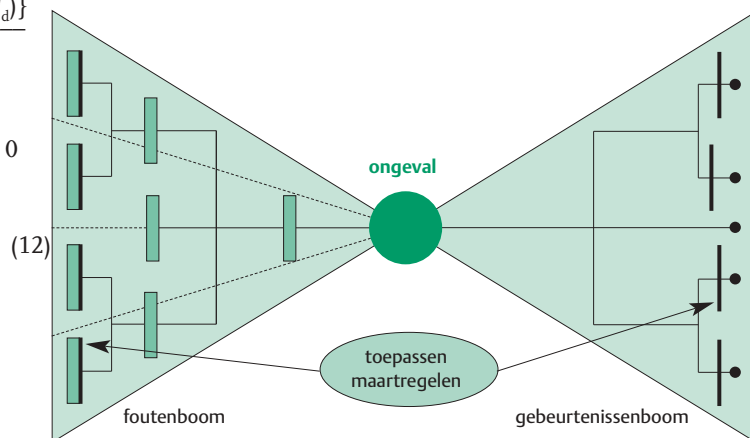
$N_{pi}$  is het aantal deelnemers aan een activiteit.

Bij deze formulering stuit men op ethische bezwaren: hoeveel is men bereid voor een mensenleven te investeren. Indien  $\alpha = 0$ , dan ontstaat uitsluitend een economisch probleem. Meestal wordt voor de waarde van  $\alpha$  een waarde aangehouden van € 300 000,- tot € 1 600 000,- [5].

### Veiligheidsketen

Zowel de kwalitatieve als de kwantitatieve risico-analyse hebben scenario's met elkaar gemeen. Dit komt goed tot uiting in het zogenaamde vlinderdasmodel (fig. 6). Hierin is een foutenboom uitgezet tegen een gebeurtenissenboom. Gekeken kan worden op welk deel van een bepaald pad een bepaalde maatregel kan worden uitgevoerd om de veiligheid te waarborgen.

Indien het risico niet voldoet aan de veiligheidsnormen, kan worden gekeken of het risico kan worden gereduceerd. Door het nemen van



6 | Vlinderdasmodel [7]

risico-reducerende maatregelen wordt een bepaald risiconiveau behaald. Deze maatregelen kunnen betrekking hebben op de bron van een calamiteit, maar ook op de gevolgen ervan. Bij de bepaling van veiligheidsmaatregelen maakt men gebruik van zowel *deterministische* als *probabilistische* methoden. De probabilistische benadering is de enige kwantitatieve methode om onzekerheid in de waarden van variabelen en gebeurtenissen met een kleine kans van voorkomen met daaraan verbonden onzekere gevolgen, te beschrijven [8].

De verschillende maatregelen kunnen worden geclassificeerd volgens een model dat in Nederland bekend staat als de *veiligheidsketen*. Dit model wordt gebruikt door het Ministerie van Binnenlandse Zaken in integrale veiligheidsrapportages [9]. De veiligheidsketen bestaat uit een vijftal schakels:

1. Pro-actie: Het wegnemen van structurele oorzaken van onveiligheid (voorkómen van een risicovolle situatie).
2. Preventie: De zorg voor het voorkómen van directe oorzaken van onveiligheid en het zoveel mogelijk beperken van de gevolgen van inbreuken op de veiligheid, indien die zouden optreden (voorkómen van een incident en het beheersen van de ontwikkeling van een incident).

3. Preparatie: De daadwerkelijke voorbereiding op de te nemen acties bij eventuele ongewenste situaties (het zo snel mogelijk beschermen van de grotere bevolkingsgroepen tegen blootstelling).
4. Repressie: De daadwerkelijke bestrijding en de verlening van hulp in ongewenste situaties.
5. Nazorg: Hetgeen dat nodig is om zo snel mogelijk weer terug te keren in de 'normale' verhoudingen.

### Vervolgonderzoek

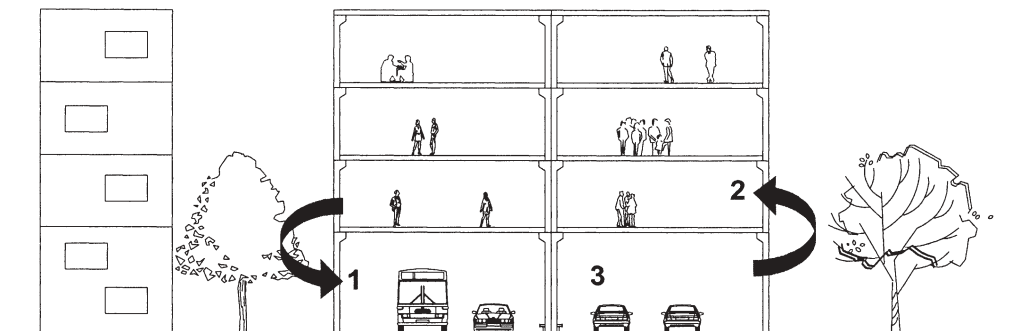
Op dit moment wordt het promotieonderzoek – Veiligheid van Meervoudig Ruimtegebruik – verricht voor zowel de interne als externe veiligheid tijdens de realisatie- en de exploitatiefase voor projecten waarbij Meervoudig Ruimtegebruik centraal staat. Hierbij zal de grens worden bepaald van wat wel en wat niet acceptabel is qua overbouwning. Meervoudig Ruimtegebruik wordt in dit onderzoek begrensd door het realiseren van gebouwen boven infrastructuur, hetzij wegen (fig. 7, foto 8), hetzij spoorinfrastructuur,\* of boven bestaande gebouwen (tabel 2).

### Ten slotte

In dit artikel is een globaal model voor de veiligheid in termen van individueel risico opgesteld en toegelicht. Het grote voordeel van

Tabel 2 | Benadering van de veiligheid in drie verschillende situaties

benadering van de veiligheid	realisatie-fase	exploitatie-fase	soort veiligheid	boven bestaande weg/spoor/gebouw
veiligheid van het gebouw op de infrastructuur	+	+	extern	weg+spoor+gebouw
veiligheid van de infrastructuur op het gebouw	-	+	extern	weg+spoor
veiligheid van de infrastructuur op de infrastructuur	-	+	intern	weg+spoor



#### 7 | Meervoudig Ruimtegebruik boven wegen

dit model ten opzichte van de huidige aanpak is dat het resultaat direct in veiligheid kan worden uitgedrukt en de effecten van maatregelen voor individueel risico gemakkelijker met elkaar zijn te vergelijken. Voorts is de omgang met veiligheids- of risico-analyses, waarbij de nadruk lag op risico-acceptatie, aan bod gekomen.

Het model en de normen die in dit artikel zijn toegelicht zullen worden toegepast in het onderhavige promotieonderzoek. Voor de benadering van de veiligheid van mensen, zal onderscheid gemaakt worden in drie verschillende situaties. Hiervan zullen risico-analyses worden opgesteld. In de komende drie jaar zullen ook andere onderzoeken in het kader van Meervoudig Ruimtegebruik gecombineerd met veiligheid de aandacht krijgen, onder leiding van prof. dipl.-ing. J.N.J.A. Vamberský, hoogleraar utiliteitsbouw TU-Delft.

\*) Zie ook het artikel van ir.dr.s. Th.S. de Wilde in dit nummer van *Cement*.

#### Literatuur

1. Suddle, S.I., Veiligheid van bouwen bij Meervoudig Ruimtegebruik – een onderzoek naar de veiligheid van derden bij bouwen van gebouwen boven wegen, sporen en gebouwen. Afstudeerrapport TU Delft, april 2001.
2. Suddle, S.I., Veiligheid bouwen bij Meervoudig Ruimtegebruik. *Land+Water*, september 2001.
3. CUR-rapport 190, Kansen in de civiele techniek, Deel 1: Probabilistisch ontwerpen in de theorie. CUR, Gouda, maart 1997.
4. Vlek, C.A.J., Beslissen over risico-acceptatie; een psychologisch-besliskundige beschouwing over risicodefinities, risicovergelijking en beslissingsregels voor het beoordelen van de aanvaardbaarheid van riskante activiteiten. Rijksuniversiteit Groningen, Gezondheidsraad, 's-Gravenhage.
5. Vrouwenvelder, A.C.W.M., Risk Assessment and Risk Communication in Civil Engineering. CIB Report, Publication 59, februari 2001.
6. Vrijling, J.K., W. van Hengel en R.J. Houben, Acceptable risk as a basis for design. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 59, pp. 141-150.
7. Oh, J.I.H., Co-operation between regulator and industry with respect to inspections. Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, mei 2001.
8. Vrijling, J.K. en J. Stoop, Naar één beslismodel voor de veiligheid. *Watertovenaars*, Vol. 17, pp. 202-213, Rijkswaterstaat, 1998.
9. Beveiligingsconcept spoorwegtunnels uitsluitend bestemd voor goederenvervoer. Ministerie van Binnenlandse Zaken, Directie Brandweer en Rampenbestrijding, 1997.



8 | Voorbeeld Meervoudig Ruimtegebruik boven wegen: Das Düsseldorf Stadttor [1]