

Veiligheid bewust afgewogen: Aanzet tot een methodiek

Bram Gille, Royal Haskoning

Ellen Jagtman, TU Delft sectie Veiligheidskunde

Royal Haskoning
Postbus 151
6500 AD NIJMEGEN

TU Delft
Faculteit Techniek, Bestuur en Management
Postbus 5015
2600 GA DELFT

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2004,

25 en 26 november 2004, Zeist

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Summary.....	3
1 Inleiding.....	4
2 Huidige praktijk van afwegingen veiligheid	5
2.1 Veiligheidstheorie.....	5
2.2 Criteria voor veiligheidsmethoden	7
2.3 Bestaande veiligheidsmethoden	8
3 Een alternatieve manier: veiligheid bewust afgewogen	9
3.1 Conceptueel kader	9
3.2 Vormgeving uitkomsten	11
3.3 Werkwijze.....	13
4 Toepassing op een spoortunnel	14
5 Conclusies.....	17
Literatuurlijst	19

Samenvatting

Veiligheid bewust afgewogen: aanzet tot een methodiek

Bij beleidsmatige discussies met betrekking tot veiligheid treden in de praktijk diverse problemen op. Partijen in de discussie hebben verschillende visies en discussies vinden vaak plaats op het niveau van een specifieke maatregel, waarbij mogelijke alternatieven nauwelijks naar voren komen. De bestaande veiligheidsmethoden geven vaak een algeheel eindbeeld, zonder specifieke aangrijpingspunten voor verbeteringen te benoemen. Ook mogelijkheden om risico's op een bepaalde wijze te compenseren worden niet expliciet benoemd. Vanuit die kennis wordt in dit paper een methodiek gepresenteerd die kan dienen als beslissingsondersteuningssysteem en communicatiemiddel. Hiertoe is een methode en werkwijze ontwikkeld die aan kan sluiten op de besluitvorming en zowel een probleem- als een oplossingsgericht deel kent. De methode is gebaseerd op risico's en gaat uit van een brede risicoanalyse.

De structuur van de methodiek maakt een koppeling tussen een situatietypering, de aanwezige risico's en mogelijke veiligheidsmaatregelen via functionele eisen. Deze eisen staan centraal in het concept. De functionele eisen zijn abstracte veiligheidsdoelstellingen, die zich richten op verkleining van het aanwezige risico. De werkwijze van de methode mondt uit in het kwalitatief meten van de scores van de functionele eisen, waarmee het veiligheidsniveau inzichtelijk wordt gemaakt. Dit wordt per scenario en ongevalsfasen zichtbaar, waarbij tevens inzicht wordt verkregen via welke maatregelen de score verbetert of gecompenseerd kan worden. Dit laatste leidt tot de gewenste bewuste afwegingen en maakt deze afwegingen expliciet.

Summary

Making safety explicit: a methodology to include safety issues in design and in decision making on infrastructures

Decision making on safety issues is not the easiest thing one can imagine. Discussions on policymaking in this field therefore are often quite complicated. Parties take their own positions and often discuss over one single safety measure. On the other hand several safety methodologies exist that explicitly focus on framing risk into one overall picture. Unfortunately these methods hardly give an overview of possible solutions, neither do they show ways of compensating between different risk situations. This paper presents a methodology that could become a useful decision support tool and fill in the gap. The methodology is trying to make a connection between the problem-oriented safety methodologies and the solution-oriented safety discussions. Central in the concept are functional requirements. These problem-oriented formulated items have a connection with the important aspects of the local situation, the important risk factors and solution-oriented safety measures. This concept provides an overview for every type of incident by putting functional requirements for every accident or incident phase. By giving one overview of the results, including the used and not-used safety measures, insight is given in the choices that are made. By making these choices explicit decisions can be made more objective and compensation rules become more clear in safety discussions.

1 Inleiding

Diverse maatschappelijke ontwikkelingen hebben ertoe bijgedragen dat veiligheid momenteel hoog op de politieke agenda staat. Hierbij gaat het niet alleen om internationaal terrorisme, maar speelt tevens veiligheid op en rond infrastructuur een belangrijke rol. Incidenten in diverse Alpentunnels (1999: Mont-Blanc-tunnel en Tauerntunnel, 2000: Kaprun en 2001: Gotthardt-tunnel) hebben ervoor gezorgd dat speciale aandacht wordt gegeven aan veiligheid in ondergrondse infrastructuur. Hiernaast wordt er vanuit de rijksoverheid veel aandacht besteed aan externe veiligheid. Het gaat daarbij om gevaar dat inrichtingen en transportassen veroorzaken voor hun omgeving.

Bij beleidsmatige discussies met betrekking tot veiligheid treden in de praktijk diverse problemen op [Leeuwendaal, 2001]. Allereerst, zijn er verschillende partijen betrokken met uiteenlopende visies op veiligheid. Beleidsvormende overheden, beheerders van infrastructuur, vervoerders en de hulpverlenende instanties hebben ieder een eigen belang en eigen ideeën met betrekking tot veiligheid. Deze pluriformiteit kan gezien worden als goede basis voor een bewuste veiligheidsafweging. In de praktijk blijkt echter dat er regelmatig situaties ontstaan waarin de discussie puur toegespitst wordt op één veiligheidsmaatregel (bijvoorbeeld de installatie van een sprinklersysteem). De echte doelstelling, elimineren of verminderen van aanwezige veiligheidsrisico's, kan dan uit het oog worden verloren. Hiernaast blijkt dat partijen zich ook niet altijd consistent opstellen, afhankelijk van welke belangen de boventoon voeren. Waar rondom sommige infrastructuren de normen strak gehanteerd worden, blijken deze normen op andere locaties boterzacht. Dit blijkt bijvoorbeeld op de ring van Rotterdam¹. Een tweede probleem vormt de kosteneffectiviteit van veiligheidsmaatregelen. Er zijn diverse methoden waarmee veiligheidseffecten van maatregelen kunnen worden gekwantificeerd. Dit is echter niet voor alle maatregelen mogelijk, bovendien wordt er bij het bepalen van de kleine kansen vaak gebruik gemaakt van aannames en hebben maatregelen effect op specifieke risico's terwijl er een algehele normstelling wordt gehanteerd. Deze onzekerheid vertaalt zich ook bij het berekenen van de kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen. Tot slot blijkt bij de besluitvorming dat er bij partijen onvoldoende inzicht bestaat in de werkelijke afweging-

¹ Vanuit het ministerie van Verkeer en Waterstaat stelt men zich ten opzichte van vervoer van gevaarlijke stoffen via de Brienoordbrug langs kantoorlocaties bijvoorbeeld anders op dan bij de ontwikkeling van een Zuidelijk Randpark over de A15 en de Betuweroute [van der Hoeven, 2001, blz. 218-221].

gen die men maakt. Er worden over het algemeen geen bewuste geaggregeerde afwegingskeuzes gemaakt, maar alleen op kleine subterreinen.

Uit het voorafgaande blijkt dat er momenteel onvoldoende mogelijkheden zijn voor verschillende partijen om het veiligheidsniveau op basis van criteria transparant en compleet te kunnen beoordelen. Daarnaast zijn de effecten van veiligheidsmaatregelen onvoldoende duidelijk. Om de hierboven geschetste probleemsituatie het hoofd te bieden, wordt in dit paper een beslissingsondersteuningssysteem gepresenteerd, waarmee veiligheid bewuster in het besluitvormingsproces kan worden afgewogen. De doelstelling van de te ontwikkelen methodiek luidt als volgt:

Het inzichtelijk maken van het veiligheidsniveau, zodanig dat
een bewuste veiligheidsafweging mogelijk wordt.

Door een gestructureerd en transparant overzicht te presenteren van informatie die relevant is voor de mate van veiligheid, kan de discussie over veiligheid tijdens de besluitvorming in een bredere context plaatsvinden. Hiermee kunnen impliciete overwegingen worden geëxpliciteerd en ontstaat tevens een heldere handreiking voor compensatiemogelijkheden. Door deze explicitering kan de methodiek fungeren als hulpmiddel voor een objectievere besluitvorming. Hiertoe moet de methodiek voldoende inzicht geven in de werkelijke afwegingen die men maakt en hun samenhang. Benadrukt moet worden dat het gaat om een pure veiligheidsmethodiek. Het is bijvoorbeeld niet de bedoeling om via de methodiek een afweging te kunnen maken tussen bepaalde ruimtelijke ontwikkelingen en veiligheidsconsequenties.

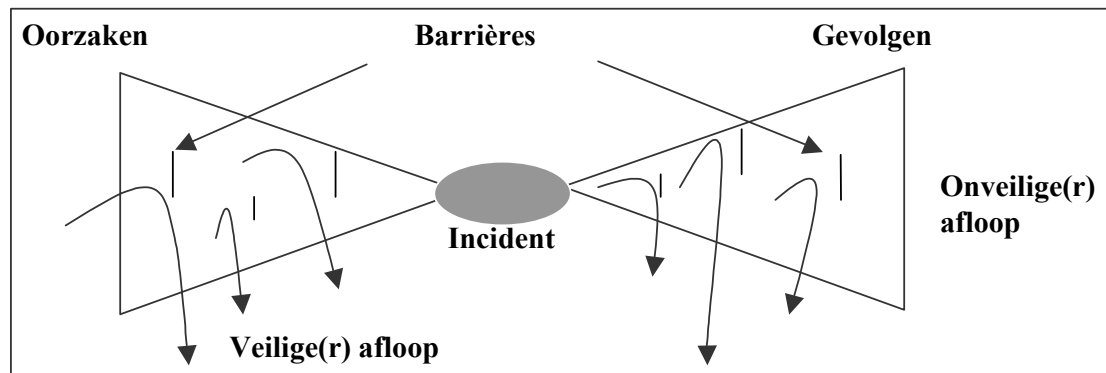
Als vervolg op deze inleiding zal in dit paper allereerst een breed en algemeen beeld worden gegeven van de huidige praktijk van veiligheidsafwegingen. Aansluitend wordt een voorzet gepresenteerd voor een alternatieve wijze van veiligheidsbeoordeling, met specifieke aandacht voor veiligheidsdoelstellingen. Voorbeelden en insteek zijn hierbij gericht op spoortunnels. De opzet wordt in paragraaf vier kort toegepast op een case: de Velserspoortunnel. De afsluitende paragraaf bevat de conclusies en aanbevelingen waarin vanuit de case weer een verbreding plaatsvindt.

2 Huidige praktijk van afwegingen veiligheid

2.1 Veiligheidstheorie

Om een goed beeld te kunnen geven van de huidige praktijk van veiligheidsafwegingen en de achtergrond daarvan is een korte introductie noodzakelijk. Feitelijk zijn er twee extreme visies

op veiligheidsanalyse. Allereerst bestaat er de probabilistische visie. Hierbij worden faalkansen bepaald, gevolgen ingeschat en daarmee *het risico* op een incident berekent (risico = kans * gevolg). Hierbij berekent men voor veiligheidsmaatregelen een reductiefactor, zodat het veiligheidseffect berekend kan worden. Hiernaast bestaat de deterministische visie. Hierin wordt uitgegaan van het optreden van een incident en vervolgens kwalitatief bepaald hoe de gevolgen verkleind kunnen worden. Tussen deze twee visies zitten diverse varianten, waarin beide visies elkaar aanvullen.



Figuur 2.1: De vlijerdas, zoals gebruikt bij het project MAVIT² [2001]

Om een goede basis te leggen voor een bewuste veiligheidsafweging dienen aanwezige risico's bepaald te worden. Deze risico's kunnen gevonden worden met behulp van foutenbomen en gebeurtenissenbomen. Een *foutenboom* beschrijft alle factoren die kunnen leiden tot een incident. Er wordt teruggedeneerd vanaf het incident (bijvoorbeeld een botsing tussen twee voertuigen) naar hoofdoorzaken (bijvoorbeeld onoplettendheid bij de chauffeur) en oorzaken die daar weer aan ten grondslag kunnen liggen [zie verder Henley & Kumamoto, 1981; Aven, 1992]. Een *gebeurtenissenboom* werkt de andere kant op. Vanuit het incident worden alle mogelijke gevolgen benoemd [zie verder Henley & Kumamoto, 1981; Aven, 1992; Stephans & Talso, 1993]. Beide bomen gezamenlijk worden in dit paper gezien als een *scenario*. Een scenario kan ook grafisch vormgegeven worden, waarbij de vlijerdas (bow-tie) uit de chemische procesindustrie [Shell, 1993; Bellamy 2000] als basis dient. In figuur 2.1 is weergegeven op welke wijze oorzaken, gevolgen en het incident dan met elkaar samenhangen. Hiernaast is in de figuur ook aangegeven dat er bepaalde barrières kunnen worden opgesteld om

² MAVIT staat voor Maatschappelijk Aanvaardbaar Veiligheidsniveau Infrastructuur en Transport. Uit dit interdepartementale project is een insteek ontstaan om besluitvorming te ondersteunen en doelstellingen en criteria voor veiligheid te formuleren.

aanwezige risico's af te dekken en vervolgebeurtenissen te voorkomen. Informatie uit de vlinderdas dient bij veel methodieken als basis om risico-informatie te achterhalen.

2.2 Criteria voor veiligheidsmethoden

Voordat diverse veiligheidsmethoden, met de bovengenoemde veiligheidstheorie als basis, onder de loep worden genomen is het van belang om de relevante criteria expliciet te benoemen. Onderstaande criteria volgen uit de doelstelling van de beoordelingsmethodiek of specifieke wensen van relevante partijen.

Tabel 2.1: Relevante criteria voor de beoordelingsmethodiek

Criterium	Toelichting
<i>Communicatiemiddel en beslissingsondersteunend</i>	Doel van de methodiek is een rol te vervullen als beslissingsondersteunings-systeem. Hiertoe is het essentieel om aansluiting te zoeken bij de belevingswereld en kenmerken van de verschillende partijen. Hiertoe zal naast een probleemgerichte component ook een oplossingsgerichte component onderdeel uit moeten maken van de methodiek. Verder is het van belang dat de methodiek, in redelijke mate, aansluit bij methoden die reeds gangbaar zijn.
<i>Transparant en overzichtelijk</i>	Van risico's, veiligheidsdoelstellingen en veiligheidsmaatregelen dient helder te zijn waar ze vandaan komen en hoe ze in relatie staan met elkaar. Hiertoe kan een stapsgewijze uitsplitsing nuttig zijn.
<i>Brede risicoanalyse</i>	Om een bewuste afweging te kunnen maken is het van belang dat er van een brede risicoanalyse uitgegaan wordt. Dit betekent dat gestreefd wordt naar een complete structuur die ingaat op de gehele vlinderdas. Zowel de oorzakelijke kant van een incident als de gevolgen die er op kunnen treden en barrières daartegen moeten meegenomen worden.
<i>Gebaseerd zijn op risico's</i>	Bij discussies over veiligheid gaat het er feitelijk om dat bestaande risico's tot een aanvaardbaar niveau worden gebracht. Om die reden dienen risico's ook een duidelijke rol te vervullen in de methodiek, ze maken de methodiek probleemgericht. Zonder de risico's helder te maken, wordt immers ook niet duidelijk waar veiligheidsmaatregelen effectief kunnen zijn.
<i>Kwalitatief karakter</i>	In de doelstelling is aangegeven dat het gaat om het presenteren van een gestructureerd overzicht van informatie. Doel is niet om een exacte berekening te geven van risico's en de effecten van elke veiligheidsmaatregel, maar een indicatie van zwaartepunten en mogelijkheden voor compenserende factoren.

Uit de criteria van tabel 2.1 blijkt dat de methode verschillende principes in zich moet verenigen. Allereerst moet de methode *probleemgericht* zijn. Met probleemgericht wordt bedoeld dat de indeling is gebaseerd op mogelijke risico's en de doelmatige typering daarvan. Er wordt een fundamenteel verschil gemaakt tussen de verschillende barrières op basis van het doel dat ze nastreven: het voorkomen van een bepaald incident of het tegengaan van een specifiek escalerend gevolg. Naast probleemgericht spreekt uit de criteria ook de wens dat de methode een *oplossingsgericht* insteek kent. In een oplossingsgerichte indeling zijn er een aantal hoofdgroepen geformeerd waar direct maatregelen onder gevoegd kunnen worden, zonder een koppeling met hun veiligheidsdoelen. Door deze oplossingsgerichtheid binnen de methodiek zichtbaar te maken kan eenzijdigheid van bepaalde typen maatregelen geconstateerd worden. Dit is wenselijk ter ondersteuning van beslissingen en communicatie. Bovendien creëert het extra transparantie. Voor een goede ondersteuning van de besluitvorming is het tot slot van belang dat de methodiek daarop gericht is en procedureel wordt ingekaderd. Hiertoe is het wenselijk een methodiek te ontwikkelen die zoveel mogelijk aansluiting kan vinden op de bestaande processen.

2.3 Bestaande veiligheidsmethoden

Naast de eerder genoemde basis qua veiligheidstheorie zijn er diverse methoden waarmee getracht wordt veiligheid inzichtelijk te maken. Allereerst zijn er een aantal probleemgerichte methoden. De scenarioanalyse (vanuit de deterministische visie) en de kwantitatieve risicoanalyse (vanuit de probabilistische visie) kunnen beide als probleemgericht gezien worden. Er wordt op een doelmatige manier een inschatting of berekening van de aanwezige risico's gemaakt en daar kunnen vervolgens effectieve barrières tegen gezocht worden. Deze methoden zijn echter nauwelijks gericht op specifieke oplossingen. Ze zijn daarentegen vooral gericht op het analyseren van mogelijke problemen. De inschatting of berekening laat niet direct zien welke maatregelen getroffen kunnen worden om de risico's te verkleinen en daarmee het veiligheidsniveau te verhogen. Handboeken met veiligheidsmaatregelen zijn juist weer expliciet oplossingsgericht geformuleerd. Ook de safety case kan als oplossingsgericht gezien worden. In deze methode wordt een direct verband gelegd tussen risico's en specifieke maatregelen zonder dat er algemene doelen worden gekoppeld aan deze maatregelen. Er wordt puur een beschrijving gegeven van de manieren waarop risico's zijn afgedekt, zonder expliciete afweging waarom voor bepaalde maatregelen is gekozen en niet voor andere. Ook als het gaat om de procedurele inpassing zijn er een aantal specifieke methoden bekend. Een integraal veilig-

heidsplan en veiligheidsmanagementsystemen streven er expliciet naar de veiligheid onderdeel te laten worden van het algehele beleid. Dit gebeurt onder andere door het expliciet benoemen van taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden.

Uit bovenstaande informatie blijkt dat er zeer uiteenlopende methoden bestaan om veiligheid een rol te laten spelen of inzichtelijk te maken. Verschillende methoden kunnen op bepaalde momenten een duidelijke meerwaarde vormen en sluiten deels aan op de gestelde criteria. Tegelijkertijd kan geconcludeerd worden dat er bepaalde hiaten aanwezig zijn tussen de methodieken en dat bepaalde problemen qua veiligheidsafwegingen niet of onvolledig worden afgedekt. Een echte expliciete koppeling tussen probleem- en oplossingsgerichtheid wordt nauwelijks gemaakt. Geen van de aanwezige methodieken geeft zodoende een compleet en transparant beeld van (de interactie tussen) veiligheidseisen, -wensen en mogelijkheden voor verbetering van het veiligheidsniveau. Om die reden wordt getracht een methodiek te ontwikkelen die hier op een completere en expliciete manier mee om kan gaan.

Bij een nieuwe methodiek geldt wel dat er een extra factor van belang is, namelijk afstemming. Elk van de reeds toegepaste methodieken kent een eigen insteek en doel. Om te komen tot een geïntegreerd overzicht van de veiligheidssituatie is het wenselijk dat de beoordelingsmethodiek aansluit bij hetgeen reeds aanwezig is. Zo kan de methodiek bijvoorbeeld als ondersteuning dienen voor een integraal veiligheidsplan of een safety case. Bovendien kan bijvoorbeeld een scenarioanalyse als input dienen voor de methodiek.

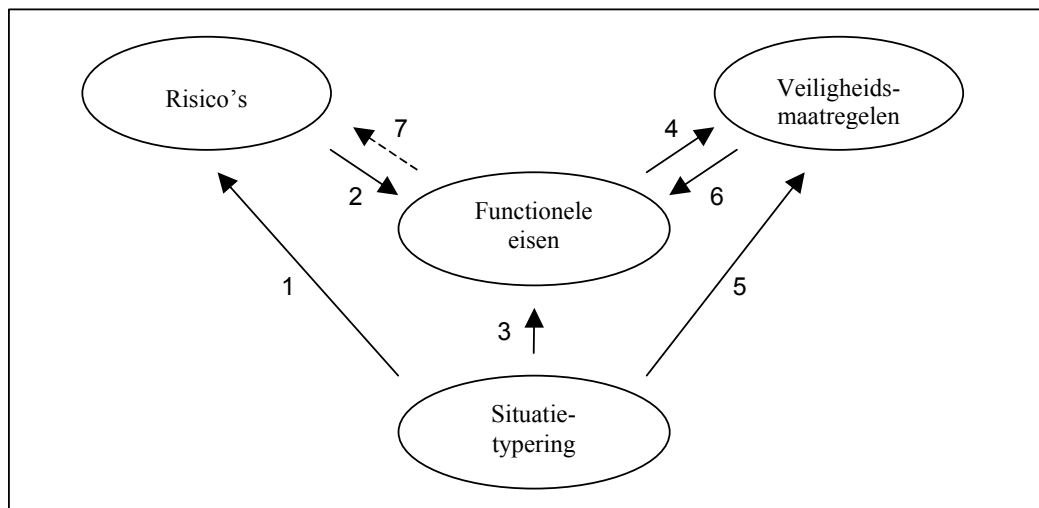
3 Een alternatieve manier: veiligheid bewust afgewogen

In de titel van dit paper en de doelstelling van de methodiek is aangegeven dat een bewuste veiligheidsafweging mogelijk moet worden gemaakt. De criteria uit 2.2 zijn daar een uitwerking van. Op basis van 2.3 is gezocht naar een methodiek die zowel een probleem- als een oplossingsgerichte kant in zich heeft en daarbij bovendien aansluit bij de besluitvorming. Dit laatste bleek immers een kernprobleem in de inleiding. Op basis van bovenstaande uitgangspunten is een conceptueel kader gevormd dat hierbij aansluit.

3.1 Conceptueel kader

Centraal in dit conceptuele kader staat het concept *functionele eisen*. Deze eisen zijn abstracte doelstellingen die zich richten op het verkleinen van de risico's die in het transportsysteem aanwezig kunnen zijn. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het maximaal voorkomen van verstoringen en het creëren van voldoende mogelijkheden om jezelf bij een calamiteit in

veiligheid te brengen. De functionele eisen zijn probleemgericht geformuleerd en hebben een directe relatie met risico's, specifieke veiligheidsmaatregelen en situatietyperingen. Met situatietypering in de figuur wordt bedoeld op factoren die een principiële invloed hebben op de aanwezige risico's en de mogelijkheden om hier mee om te gaan. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het type vervoer dat over een infrastructuur gaat en de nabije omgeving van de infrastructuur. Veiligheidsmaatregelen zijn specifieke, oplossingsgerichte maatregelen, zowel fysieke als organisatorische. Voorbeelden zijn vangrails langs snelwegen en training van personeel. Figuur 3.1 vormt de logische structuur die aan de basis ligt van de methodiek.



Figuur 3.1: Conceptuele basis beoordelingsmethodiek

De verbanden en invloeden in figuur 3.1 kunnen als volgt worden beschreven:

1. *Situatietypering op risico's.* Op een spooreplacement gelden andere risico's dan bij een provinciale weg. Zowel de typering van de infrastructuur zelf als de omgeving waarin het stuk infrastructuur zich bevindt brengt met zich mee dat er andere risico's aanwezig zijn.
2. *Risico's op functionele eisen.* De aanwezige risico's bepalen welke functionele eisen, als specifieke veiligheidsdoelstellingen, relevant zijn. In een tunnel waar geen gevaarlijke stoffen doorgaan, hoeven geen functionele eisen te worden benoemd waarmee een ramp met gevaarlijke stoffen wordt voorkomen.
3. *Situatietypering op functionele eisen.* Ook de situatie kan invloed hebben op de functionele eisen. Het gaat er hierbij niet zozeer om welke functionele eisen meetellen, maar wel in welke mate. Bij een grote verkeersintensiteit met veel reizigers is een goede vluchtweg

bijvoorbeeld belangrijker dan bij een kleine hoeveelheid personen, bijvoorbeeld op een goederenspoorlijn.

4. *Functionele eisen op maatregelen.* Functionele eisen geven op een abstract niveau weer hoe risico's afgedekt kunnen worden. Vanuit functionele eisen wordt aangegeven welke maatregelen een rol kunnen spelen om dit werkelijk op afdoende wijze plaats te laten vinden. Voorbeeld is het geven van een overzicht met alle maatregelen die een snelle detectie bevorderen.
5. *Situatietypering op veiligheidsmaatregelen.* Afhankelijk van de basissituatie zijn bepaalde veiligheidsmaatregelen relevant. Per modaliteit kunnen bijvoorbeeld wel dezelfde risico's (bijvoorbeeld leidend tot een frontale botsing) meespelen, maar totaal andere maatregelen een rol spelen (bijvoorbeeld gescheiden rijbanen of ontspringgeleiding).
6. *Veiligheidsmaatregelen op functionele eisen.* Het (deels) uitvoeren van bepaalde maatregelen zorgt voor een uiteindelijke score op een functionele eis. Bovendien kan de situatie zich voordoen dat een maatregel effect heeft op meerdere functionele eisen, bijvoorbeeld een omroepinstallatie die mensen waarschuwt rustig te vluchten en tevens hulpverlening coördineert.
7. *Functionele eisen op risico's.* Uiteindelijk gaat het erom dat inzicht wordt gegeven in de mate waarin potentiële risico's worden afgedekt. De scores van functionele eisen bepalen de mate waarin risico's zijn afgedekt. Hiermee kan tevens het uiteindelijke veiligheidsniveau worden beoordeeld.

3.2 Vormgeving uitkomsten

Bij de criteria weergegeven in tabel 2.1 is aangegeven dat transparantie en overzichtelijkheid belangrijk zijn om de methodiek zijn uiteindelijke doel te laten bereiken. Om die reden is getracht de belangrijkste factoren in één overzicht zichtbaar te maken. Dit is weergegeven in tabel 3.1. Verticaal in tabel 3.1 zijn verschillende *scenario's* neergezet met ieder hun specifieke oorzaken en gevolgen. Op die wijze worden alle risico's die verband houden met een bepaald type incident gezamenlijk weergegeven. De oorzaken en gevolgen zijn uitgezet tegen de *MAVIT-ongevalsfasen* [Bouwdienst, 2001] die horizontaal zijn weergegeven. Per ongevalsfasen zijn verschillende functionele eisen met onderliggende maatregelen te benoemen, om zo in de cellen de score per oorzaak en gevolg weer te geven. Ter verduidelijking staat hiertoe in de bijlage een voorbeeld uit de praktische toepassing, waarbij diverse functionele eisen benoemd

zijn met de bijbehorende maatregelen. Ter illustratie zijn niet de exacte veiligheidsmaatregelen in de cellen benoemd maar is een kwalitatieve ranking uitgevoerd. De score ‘-’ betekent daarin afwezigheid van de betreffende maatregel, ‘+’ betekent aanwezigheid. De score ‘0’ geeft aan dat de maatregel wel een rol speelt in de gegeven situatie, maar verbeterd zou kunnen worden. Qua eindscore per functionele eis is alleen een voldoende (V) of onvoldoende (X) beoordeling aangegeven op basis van de scores voor onderliggende oorzaken en gevolgen. Deze keuze hangt samen met het uitgangspunt dat de methodiek beslissingsondersteund moet zijn, waarbij de methodiek als communicatiemiddel dient en niet gericht is op een volledig kwantitatief oordeel.

Tabel 3.1: Score-overzicht per scenario en incidentfase

MAVIT-ongevalsfasen		Aanloop incident (verstoring)					Incident	Detectie en melding	Zelf-redding	Hulp-verlening
Functionele eisen		Minimaliseer kans verstoring					...			
Scenario		Relevante Maatregelen				Totaal				
Brand in tunnel	Oorzaak1	-	+	+	0	-	V	X	X	X
	Oorzaak2			+	-	-	X	V	X	X
	Gevolg1						X	V	V	X
	Gevolg2						X	X	X	V
Botsing	Oorzaak1	V					V	V		
	Oorzaak2						V			
	Gevolg1						X			
	...						X			
...	...	X								

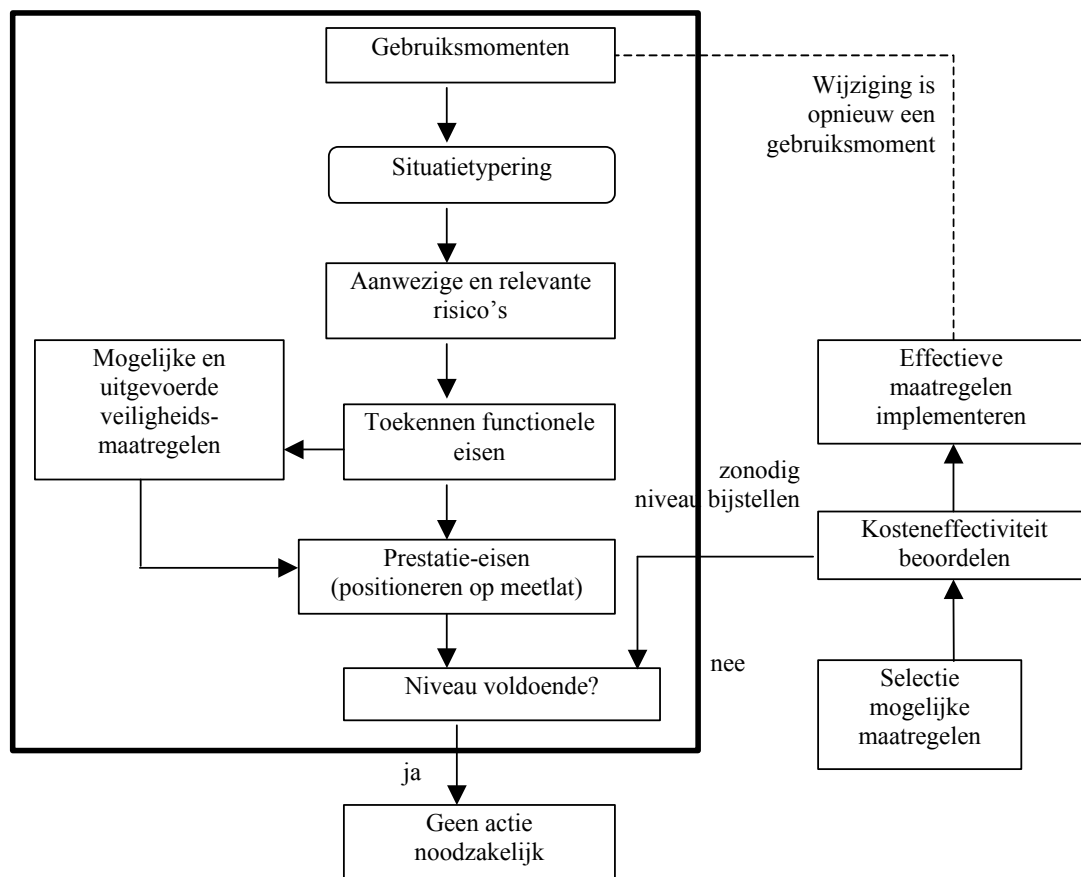
Via een weergave als tabel 3.1 kunnen diverse compenseerbaarheidsprincipes expliciet benoemd worden. Deze compenseerbaarheidsprincipes worden momenteel bij discussies tussen verschillende partijen impliciet gehanteerd. In bovenstaande figuur kunnen drie principes worden herkend:

1. *Tussen functionele eisen die aangrijpen op dezelfde oorzaken of gevolgen.* Dit is horizontaal (per rij in de tabel) zichtbaar. Wanneer een oorzaak in de aanloophase al afgedekt is, hoeft dit via andere eisen of maatregelen later niet nogmaals in een andere ongevalsfase te gebeuren.
2. *Tussen verschillende oorzaken en gevolgen binnen een scenario.* Dit is in het blok ‘botsing’-‘aanloop incident’ deels weergegeven, maar speelt tevens tussen de ongevalsfasen. Door te voorkomen dat een incident plaats kan vinden via preventieve maatregelen, hoeft er minder aandacht te worden besteed aan fases later in het ongevalproces.

3. *Tussen verschillende scenario's kan geen compensatie plaatsvinden.* Dit is weergegeven via de vette lijnen tussen de scenario's. Er wordt niet geaccepteerd dat het risico op een specifiek scenario significant groter is dan bij anderen. Zo kan bijvoorbeeld de veiligheid van onderhoudspersoneel niet uitgewisseld worden tegen de veiligheid van weggebruikers.

3.3 Werkwijze

Aansluitend op de relationele verbanden van de conceptuele basis en de wijze van presenteren van de uitkomsten is het nuttig om kort in te gaan op de voorgestelde werkwijze. In figuur 3.2 is hier een opzet voor gegeven, die nauw aansluit op de relaties zoals die uit de conceptuele basis naar voren zijn gekomen. Hierbij is met het vetgedrukte kader aangegeven welke onderdelen specifiek tot de methodiek behoren. De blokken erbuiten geven een deel van de besluitvormingscontext aan. In deze paragraaf wordt de werkwijze kort toegelicht. De toepassing in de volgende paragraaf volgt de processtappen uit deze werkwijze.



Figuur 3.2: Werkwijze van de methodiek

Allereerst moet het *gebruiksmoment* van de methodiek worden benoemd. Dit bepaald namelijk van welke basisgegevens uitgegaan moet worden. Wanneer het gaat om een nieuw stuk infrastructuur zullen discussies anders plaatsvinden dan wanneer het gaat om een analyse van een bestaande situatie. Tweede stap is het geven van de *typering* van de huidige situatie, waarmee vervolgens de *relevante risico's* rondom de infrastructuur kunnen worden benoemd. Op basis van deze risico's kan tevens beoordeeld worden welke *functionele eisen* relevant zijn en waar de veiligheidssituatie op getoetst kan en moet worden. Via een overzicht van *mogelijke en uitgevoerde veiligheidsmaatregelen* kunnen de verschillende functionele eisen gescoord worden en *gepositioneerd worden op een meetlat*. Op basis van deze scores kan een goede onderbouwing plaatsvinden waarom men van mening is dat het gewenste *niveau* van veiligheid wel of niet behaald is. Bij een negatieve uitkomst kan via het bepalen van de kosteneffectiviteit van relevante maatregelen, volgend uit het overzicht, een selectie plaatsvinden om de juiste maatregelen uit te voeren. Dit kan tevens leiden tot een aanpassing van het niveau, wanneer geen enkele maatregel als kosteneffectief wordt gezien.

Vanuit het gepresenteerde kader met de hierboven beschreven werkwijze en manier van presenteren van de uitkomsten is de verwachting dat de doelstelling bereikt kan worden. Het veiligheidsniveau wordt via één overzicht inzichtelijk gemaakt, waardoor partijen die betrokken zijn bij veiligheidsdiscussies 'gedwongen' worden bewuste veiligheidsafwegingen te maken. Het kernprobleem in deze discussie, de afweging en uitwisselbaarheid van verschillende maatregelen, wordt expliciet benoemd. Door de gegevens grotendeels kwalitatief weer te geven, wordt zorggedragen dat de methode vooral als beslissingsondersteuningssysteem kan werken. De methode heeft een structurerende werking en geeft een beeld van de aanwezige informatie ten behoeve van communicatie tussen verschillende partijen. De veiligheidsdiscussie kan hiermee in de juiste context plaatsvinden.

4 Toepassing op een spoortunnel

Om te onderzoeken of de bewuste veiligheidsafweging werkelijk plaats kan vinden via bovenstaande werkwijze en methodiek is deze toegepast op de Velserspoortunnel. Bij deze toepassing is contact gelegd met enkele beoogde gebruikers van de methodiek. Via hen werd extra kennis over het onderzoeksobject, de Velserspoortunnel, verkregen. Omgekeerd kregen zij een beeld van de mogelijkheden van de methodiek. Naast deze praktische input vervulden een aantal recent verrichtte onderzoeken en plannen een nuttige rol [ProRail, 2003; Railed, 2002]. De Velserspoortunnel uit 1957 tussen Haarlem en Beverwijk is diverse malen onder-

werp van discussie geweest waarbij met name afzonderlijke specifieke maatregelen de aandacht hebben getrokken. Dit komt deels voort uit de leeftijd van de tunnel. Er is slechts één tunnelbuis van bijna 1500 meter (exclusief open tunnelbak aan beide zijden) waar twee sporen doorheen gaan. Dit zorgt ervoor dat er enerzijds extra gevaren optreden en anderzijds ook een inkadering geldt voor de mogelijke maatregelen. Via de methodiek zou deze discussie wellicht op een abstractere en meer op doelstellingen gerichte manier gevoerd kunnen worden. In dit hoofdstuk zullen de verschillende stappen van de methodiek benoemd worden.

Gebruiksmoment

Er zijn bij spoortunnels in het algemeen een aantal momenten te zien waarop de veiligheidsmethodiek van waarde zou kunnen zijn. Deze momenten kunnen gebaseerd worden op de processtappen die recent zijn geformuleerd door het interdepartementale projectteam tunnelveiligheid [Projectteam tunnelveiligheid, 2003]. In deze processtappen blijken een zestal stappen interessant als het gaat om toepassing van de methodiek: inbreng in het basisontwerp, vaststellen van het voorlopig ontwerp, vaststellen van het ontwerp, aanvragen en beoordelen van de bouwvergunning, toetsen en beoordelen van de gebruiksvergunning en bij (ingrijpende) wijzigingen in het gebruik. In het geval van de reeds bestaande en in gebruik zijnde Velserspoortunnel zou de methode op de twee laatstgenoemde momenten toegepast kunnen worden. Deze momenten onderscheiden zich sterk van de eerste vier, aangezien er bij de bouw van de tunnel al diverse keuzes gemaakt zijn die de huidige mogelijkheden inkaderen en deels inperken. Voorbeeld hiervan is de diameter van de tunnelbuis, die zeer bepalend is voor de vluchtmogelijkheden. Aangezien het nu gaat om het inzicht geven in de huidige situatie is deze beoordeling vergelijkbaar met het toetsen en beoordelen van de gebruiksvergunning.

Situatietypering

Qua situatietypering kunnen voor tunnels een aantal zaken worden onderscheiden die zorgen voor specifieke gevaren. Voor de Velserspoortunnel zijn in dit voorbeeld van belang de aanwezige modaliteiten (personen en goederenvervoer, inclusief gevaarlijke stoffen), het aantal sporen per tunnelbuis (2 sporen met mogelijk tegemoetkomend verkeer), de afwezigheid van een station (geen stop- en vertrekprocedures en stilstaande treinen in de tunnel) en de tunnel-lengte (ca. 1500m). Elk van deze factoren zorgt ervoor de specifieke gevaren op kunnen treden, zowel aan de oorzaken- als aan de gevolgenkant.

Aanwezige en relevante risico's

Op basis van de lokale situatie kunnen diverse scenario's benoemd worden die relevant zijn in deze spoortunnel en waarvan de oorzaken en gevolgen benoemd moeten worden. Hiertoe zijn door verschillende partijen vijf scenario's geselecteerd die als maatgevend gezien worden: brand in tunnel, brand in goederentrein, ontsporing, brand in personentrein, aanrijding 2 personentreinen. Dit zijn verschillende incidenten, waarbij sommigen wel in elkaar over kunnen lopen (bijvoorbeeld een ontsporing die leidt tot een botsing tussen twee personentreinen). De benaming van het scenario geeft de knoop van de vlinderdas uit figuur 2.1 weer. Hier kunnen vervolgens via *foutenbomen* en *gebeurtenissenbomen* de oorzaken en gevolgen bij worden geïdentificeerd. Het rijden door een stoptonend sein kan bijvoorbeeld een oorzaak zijn van een botsing, die vervolgens tot paniek en ingesloten reizigers kan leiden. In bijlage 1 is een deels ingevulde tabel bijgevoegd waarbij functionele eisen en maatregelen benoemd worden die specifiek op het scenario 'botsing' gericht zijn. De mogelijke oorzaken in de bijlage beschrijven de linkerzijde van het vlinderdasmodel, terwijl de gevolgen de mogelijke afloop aan de rechterzijde van het model beschrijven.

Toekennen functionele eisen

Vervolgstep is de constatering van de aanwezige risico's vertalen naar het benoemen van doelmatige functionele eisen. Hiertoe is aansluiting gezocht met de geobjectiveerde veiligheidsdoelstellingen zoals die ook binnen het MAVIT-project gehanteerd zijn. Als eerste stap in de incidentfase geldt bijvoorbeeld als doelstelling 'het minimaliseren van de kans van overgang van een verstoring naar een incident' wat geconcretiseerd kan worden naar de functionele eis 'het bevorderen van anticiperend gedrag'. De doelstellingen zijn toegespitst op (spoor)tunnels en per ongevalsfase benoemd. Dit is weergegeven in de tweede regel in de tabel in de bijlage. De vertaling naar functionele eisen staat in de derde regel van dezelfde tabel.

Mogelijke en uitgevoerde maatregelen

Er is een groslijst te formeren van maatregelen die per oorzaak en gevolg invloed (kunnen) hebben. Op basis van deze gegevens kan een onderzoek plaatsvinden over de mate waarin dit in de Velserspoortunnel heeft plaatsgevonden. Ook dit is weergegeven in bijlage 1, waarbij een selectie is genoemd van een aantal maatregelen die wel of niet zijn toegepast. Via het overzicht wordt tevens duidelijk dat verschillende maatregelen ook invloed hebben op verschillende doelstellingen. Zo kan camerabewaking obstakels op de baan detecteren, rook sig-

naleren en betreding door onbevoegden voorkomen. Hetzelfde geldt voor treinstilstanddetectie, waarmee in meerdere scenario's escalatie kan worden voorkomen.

Prestatie-eisen (positionering op meetlat) en beoordeling niveau

De verschillende doelstellingen en maatregelen in de betreffende tunnel zijn weergegeven in een overzicht waar prestatie-eisen aan toegekend kunnen worden. Aangezien het in dit geval echter gaat om een indicatie op een aantal subgebieden is ervoor gekozen om hier geen eindbeoordeling aan toe te voegen. De tabel dient dan ook puur ter beeldvorming voor de methodiek. Verder geeft het overzicht wel een duidelijk beeld van de verschillende plaatsen waar maatregelen terugkomen, de diversiteit in maatregelen en mogelijke oplossingsrichtingen bij eventuele verbeteringen. Zo speelt ontsporingdetectie een rol bij de aanloop van het incident, maar tevens bij detectie en melding. Hiernaast komen zowel technische als organisatorische maatregelen terug. De laatste kunnen tevens opgesplitst kunnen worden in de papieren en de reële werkelijkheid, zoals is aangegeven voor het calamiteitenplan. Wanneer een specifieke oorzaak of gevolg onvoldoende wordt afgedekt is helder waar verbeteringen uitgevoerd kunnen worden.

De casestudie als geheel is bedoeld ter illustratie van de methodiek. Er is dan ook voor gekozen niet tot in detail alle maatregelen te bespreken. In de tabel in bijlage 1 treft u daarom ook een illustratie van een beperkte deel aan. Een aantal maatregelen die weldegelijk in de tunnel aanwezig zijn, kunt u niet terugvinden aangezien deze in de casestudie niet zijn betrokken. Het betreft hier bijvoorbeeld diverse algemene spoorprocedures die overal op het spoor gelden, als voorschriften voor onderhoudspersoneel.

5 Conclusies

Om veiligheid bewust te kunnen afwegen in de besluitvorming over infrastructuren presenteerde dit paper een beslissingsondersteunende methodiek. Op basis van de huidige opzet van de methodiek vanuit het conceptuele kader naar de exacte werkwijze en de toepassing daarvan aan een specifieke spoortunnel kunnen diverse conclusies getrokken worden.

- Er was geen methodiek beschikbaar die een probleem- en oplossingsgerichte aanpak combineert en daarbij tevens aansluit op de besluitvorming. De voorgestelde methodiek kan hierdoor waarde toevoegen naast bestaande methoden. De koppeling tussen probleem en oplossingsgericht is gevonden in de definitie van functionele eisen van de infrastructuur.

tuur. Deze eisen beschrijven doelstellingen die zich richten op het verkleinen van de risico's die in het transportsysteem aanwezig kunnen zijn.

- Door het presenteren van de relevante gegevens op een doelgerichte manier in één overzicht wordt het veiligheidsniveau inzichtelijk gemaakt. Hiermee kan, zoals gewenst is in de doelstelling, een bewustere veiligheidsafweging gemaakt worden. Hiernaast kan deze manier van presenteren ertoe bijdragen dat de methode op een goede wijze als communicatiemiddel kan dienen. De aanwezige informatie wordt helderder gestructureerd.
- De methodiek kan een handreiking geven als wordt gezocht naar compensatiemogelijkheden voor een bepaald risico. Hierbij kan worden voorkomen dat er bijvoorbeeld direct naar een specifieke technische maatregel wordt gegrepen terwijl deze neveneffecten kent of andere technische of organisatorische maatregelen eveneens zouden kunnen voldoen.
- Door de gegevens grotendeels kwalitatief weer te geven, wordt zorggedragen dat de methode vooral als beslissingsondersteuningssysteem kan werken. De methodiek kan hierdoor de discussie in de juiste context plaats laten vinden waarbij er niet direct discussie ontstaat over de exacte cijfers.

De methode die nu is ontwikkeld is grotendeels conceptueel van aard. Tijdens de ontwikkeling is met name aandacht besteed aan de criteria zoals gesteld in tabel 2.1. De koppeling van probleemgericht en oplossingsgericht en de presentatie in een communiceerbaar overzicht waardoor discussie bij de beoordeling van tunnelveiligheid kan worden ondersteund was het hoofddoel. Nu het fundament is opgesteld en toegepast, dient de methodiek verder uitgewerkt te worden. De eerste stappen daartoe zijn:

- de invulling van de methodiek compleet maken. Er heeft nog geen discussie plaatsgevonden over de exacte veiligheidsdoelstellingen en functionele eisen bij verschillende typen infrastructuur. Hiernaast is een discussie over het niveau waarop dergelijke doelstellingen benoemd zouden moeten worden noodzakelijk.
- een zo volledig mogelijk beeld verkrijgen van mogelijke maatregelen. Voor de invulling van de methodiek is het van belang dat er een helder en zo compleet mogelijk beeld is van mogelijke maatregelen die bij kunnen dragen aan het voorkomen van verschillende oorzaken en gevolgen van een incident. Hiertoe zal een grootschaliger beeld moeten worden gevormd. Bovendien moet van maatregelen de koppeling met functionele eisen, de veilig-

heidsdoelen waaraan ze aan bijdragen, expliciet worden. Overigens blijft een dergelijk overzicht in ontwikkeling, om flexibel in te kunnen spelen op nieuwe ontwikkelingen.

Literatuurlijst

- T. Aven, *Reliability and risk analysis*, London: Elsevier Applied Science, 1992
- L.J. Bellamy, Best practice risk tools for onshore sites with dangerous substances, in IBC Conference on Safety Cases, London, march 2000
- Bouwdienst Rijkswaterstaat en ingenieursbureau SAVE, *Procesomschrijvingen MAVIT*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat DG Personenvervoer, februari 2001.
- E. Henley, & H. Kumamoto, *Reliability engineering and risk assessment*, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1981
- F.D. van der Hoeven, *RingRing, ondergronds bouwen voor meervoudig ruimtegebruik boven en langs de RING in Rotterdam en Amsterdam*, Rotterdam, Optima Grafische Communicatie, 2001
- Leeuwendaal Advies B.V., *De bochtige weg naar beheerst risico*, diverse regionale brandweren, december 2001
- Projectteam tunnelveiligheid, *Beleidsnota tunnelveiligheid deel A: proceseisen*, Ministeries van Verkeer en Waterstaat, Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, oktober 2003
- ProRail, *Calamiteitenbestrijdingsplan Velserspoortunnel*, ProRail, regionale hulpverleningsorganisaties en lokaal bevoegd gezag, oktober 2003
- Railned, *Veiligheidsstudie Velserspoortunnel, probabilistische en deterministische analyse*, Railned spoorwegveiligheid, mei 2002
- Shell, *Incident investigation and analysis guide*, issued by Shell Safety and Health Committee, version August 1993 (HSE/4 at SIPM)
- R.A. Stephans, & W.W. Talso, *System safety analysis handbook - a source book for safety practitioners*. Albuquerque: The System Safety Society, 1993

Toelichting afkortingen:

- | | |
|-------|---|
| MAVIT | Maatschappelijk Aanvaardbaar Veiligheidsniveau In Tunnels |
| FTA | Fault Tree Analysis, foutenboomanalyse waarmee mogelijke oorzaken van incidenten benoemd kunnen worden. |
| ETA | Event Tree Analysis, gebeurtenissenanalyse waarmee directe gevolgen en escalatiemogelijkheden van een incident benoemd kunnen worden. |

Ongevalsfasen MAVIT		Aanloop incident										Incident										Detectie en melding		Zelfredding		Hulpverlening													
Veiligheidsdoelstelling		minimaliseer kans verstoring										minimaliseer overgang verstoring		bevorder zachte landing			minimaliseer kans escalatie					minimaliseer kans escalatie		minimaliseer gevolgen		minimaliseer kans escalatie en gevolgen													
Functionele eisen		voorkom snelheidsverschillen			voorkom obstakels			voorkom overig				bevorder anticiperen		minimaliseer bots energie		optimaliseer geleiding		zorg voor mechanisch veilige omgeving		bevorder veilige atmosfeer		bevorder snelle detectie		-adequate informatievoorziening -voldoende vluchtwegen, veilige ruimte		-bevorder zelfreddend handelen -bevorder snel aanrijden -bevorder adequate optreden -uitwisselen van informatie -goede organisatie structuur													
mogelijke maatregelen		1	2	3	8	9	Σ	1	2	5	8	10	Σ	4	5	6	Σ	1	3	Σ	11	7	Σ	8	9	10	Σ	8	9	Σ	8	9	10	12	13	14	Σ		
O1	Trein staat stil in tunnel (defect of noodrem)	+	+	+	-	+	+	+	+	-			0	+	0		+																						
O2	Afbreken deel trein in tunnel				-	+				+	-				+	0																							
O3	Obstakels op spoor	+				+															+																		
O4	Te hoge snelheid trein	+	+				+														+																		
O5	Trein via verkeerde spoor in tunnel	+	+	+		+	+	+													+																		
O6	Ontsporing door defecte trein of spoor				-	+					-	-	0								+																		
On	...																																						
G1	Paniek reizigers																																						
G2	Losraken bovenleiding (electrocutiegevaar)																																						
G3	Desoriëntatie door onoverzichtelijkheid																																						
G4	Andere gestrande treinen in tunnel (mensen verlaten trein)																																						
G5	Onduidelijkheid bij hulpverlening over wijze van optreden																																						
Gn	...																																						

- Legenda maatregelen:
- 1 seinsysteem (stoptonend sein)
 - 2 blokbeveiliging
 - 3 ATB
 - 4 hotbox-detectie
 - 5 eisen rollend materieel
 - 6 controle rollend materieel
 - 7 uitschakelen bovenspanning
 - 8 treinstilstanddetectie
 - 9 stilleggen treinverkeer
 - 10 ontsnoringsdetectie
 - 11 ontsporingsgeleiding
 - 12 waarschuwen verkeersleiding en OHD
 - 13 calamiteitenplan helder/compleet
 - 14 oefening calamiteitenplan
 - 15 mogelijke directe hulpverlening
 - 16 informatievoorziening reizigers via machinist
 - 17 Informatievoorz. reizigers via beheerder (trdl)
 - 18 communicatie tussen hulpverleners (C2000)
 - 19 tunnel treinvrij maken bij calamiteit
 - 20 ventilatiesysteem

Voorbeeld voor scenario: 'botsing'