

RIVM rapport 620003001/2005

**Performance Luchtverkeersleiding Schiphol**  
Beoordeling van het Raamwerk voor de afweging  
van Veiligheid, Efficiency en Milieu

M. van der Plas, C.M. van Luijk

Contact:  
C.M. van Luijk  
Centrum voor Externe Veiligheid  
Kees.van.luijk@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de Directie Luchtvaart van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, in het kader van project 620003/03/AA 'Evaluatie Luchtverkeersleiding'.

## Rapport in het kort

### **Performance Luchtverkeersleiding Schiphol**

Beoordeling van het Raamwerk voor de afweging van Veiligheid, Efficiency en Milieu

De methodiek die LVNL gebruikt voor de afweging van veiligheid, efficiency en milieu bij veranderingen in het luchtverkeersleidingssysteem, is goed en het behoort internationaal gezien tot de 'state of the art'. De ontwikkeling en toepassing van dit zogenaamde VEM Raamwerk is een grote en belangrijke stap voorwaarts in de besluitvorming rond die veranderingen. Voorheen vond deze besluitvorming vooral plaats op basis van kwalitatieve redeneringen. Nu is kwantitatieve onderbouwing en afweging mogelijk. Er zijn in het Raamwerk nog wel enkele verbeterpunten aangegeven, maar dit zijn normale punten in de ontwikkeling van een dergelijke methodiek. Het aanbrengen van deze verbeterpunten leidt waarschijnlijk niet tot grotere veiligheid, maar wel tot een scherpere afweging met mogelijke winst op efficiency en milieu. Voor de verdere ontwikkeling van de luchthaven Schiphol is verbetering van het Raamwerk daarom urgent.

Trefwoorden: luchtverkeersleiding, veiligheidsmanagement, risico's, Schiphol

## Abstract

### **Performance of Air Traffic Control Netherlands**

Assessing the Framework for Weighing up Safety, Efficiency and the Environment

The methodology used by Air Traffic Control the Netherlands for the weighing up of safety, efficiency and environment for changes in the air traffic management system is a good one. From an international point of view, it can be regarded as the state of the art. The development and application of this so-called SEE Framework form a large and important step forward in the decision-making process around these changes. The decision-making used to be based particularly on quantitative reasoning. The Framework has now made way for quantitative underpinning and for weighing-up the above factors. Improvement on some points that are considered normal in the development of such a methodology has been indicated. Implementation of these points probably does not lead to a higher degree of safety, but does lead to sharper weighing-up with possible gain with respect to efficiency and environment. Improvement of the Framework is therefore considered urgent with a view to further development of Amsterdam Airport Schiphol.

Key words: air traffic control, safety management, risks, Schiphol

# Inhoud

## Summary 4

## Samenvatting 5

### 1. Inleiding 6

### 2. Aanleiding, vraagstelling en werkwijze 7

### 3. Het VEM Raamwerk 8

#### 3.1 *Luchtverkeersleiding in Nederland* 8

#### 3.2 *Het VEM Raamwerk* 9

#### 3.3 *De VEM Effect Rapportage* 12

### 4. Verbeterpunten in het VEM Raamwerk 13

#### 4.1 *Systematische methode voor het behandelen van relevante aspecten* 13

#### 4.2 *Gebruikte ongevalsfrequenties en schattingen van deskundigen* 13

#### 4.3 *Bepaling van het Target Level of Safety* 15

#### 4.4 *Het gebruik van frequentie- en ernstklassen* 18

#### 4.5 *De VEMER in niet-voorzien situaties* 21

#### 4.6 *Milieu in de weging van V, E en M* 22

#### 4.7 *Werking van de leercyclus* 22

#### 4.8 *VEM als gedeeld fundament: 'shared knowledge'* 22

### 5. Internationale benchmark van het Raamwerk 24

### 6. Conclusies, aanbevelingen en slotoverweging 26

## Bijlage 1: Onderliggende documentatie, interviews en bijeenkomsten 29

## Summary

From an international benchmark, the Air Traffic Control the Netherlands' SEE Framework has been indicated as state of the art. This Framework is being used for weighing up safety, efficiency and the environment. However, improvement on some points, considered as normal in the development of safety management systems, is both possible and desirable. The implementation of these improvements probably does not result in a higher degree of safety. Still, implementation is estimated to allow a sharper weighing up with a possible gain with respect to efficiency and environment. From the viewpoint of further development of Amsterdam Airport Schiphol, improvement of the Framework is therefore considered urgent. These are the conclusions of RIVM's Centre for External Safety, which has assessed the SEE Framework using national and international reports. The findings were also presented to an international panel of experts.

Development and application of the SEE Framework in weighing up safety, efficiency and environment form a large and important step forward in the quantification and weighing of these aspects one against the other. The Framework gives quantitative insight into the SEE's area of tension, thus contributing to the transparency of the decision-making. The decision-making used to be particularly based on qualitative reasoning. Safety management deviates in this respect from industrial safety, where quantitative safety analyses and the safety management on which these analyses are founded, have been in use for a long time.

The initiatives and the energetic approach of Air Traffic Control the Netherlands have resulted in a rapid development of the Framework in the past few years. For reasons of quality and optimal functioning it is, however, essential that parties concerned are more emphatically involved and think along with others about the system and its practical consequences.

## Samenvatting

De internationale benchmark van het Raamwerk van LVNL voor de afweging van Veiligheid, Efficiency en Milieu wijst uit dat het tot de 'state of the art' behoort. Wel is op een aantal punten verbetering mogelijk en gewenst. Dit zijn normale punten in de ontwikkeling van veiligheids- en risicomanagementsystemen. Het implementeren van deze verbeterpunten leidt waarschijnlijk niet tot een duidelijke verhoging van de veiligheid. Wél leidt het naar inschatting tot een scherpere afweging met mogelijke winst op efficiency en milieu. In het perspectief van verdere ontwikkeling van de luchthaven is verbetering van de systematiek daarom urgent.

Dat concludeert het Centrum voor Externe Veiligheid van het RIVM dat het VEM Raamwerk van LVNL heeft getoetst. Daarbij is gebruik gemaakt van nationale en internationale onderzoeksrapporten en zijn bevindingen voorgelegd aan een internationaal panel van deskundigen.

De ontwikkeling en toepassing van het VEM Raamwerk in de afweging van veiligheid, efficiency en milieu is een grote en belangrijke stap in het kwantificeren en onderling afwegen van deze aspecten. Het Raamwerk maakt het spanningsveld tussen veiligheid, efficiency en milieu kwantitatief inzichtelijk en draagt op deze manier bij aan de transparantie van de besluitvorming. Voorheen vond besluitvorming vooral op basis van kwalitatieve redeneringen plaats. In dit opzicht wijkt het veiligheidsmanagement in de luchtvaart af van industriële veiligheid waar al veel langer wordt gewerkt met kwantitatieve veiligheidsanalyses en daarop gebaseerd veiligheidsmanagement.

De initiatieven en voortvarende aanpak van de LVNL hebben er in geresulteerd dat het Raamwerk in de afgelopen jaren snel is ontwikkeld. Voor de kwaliteit en het optimaal functioneren is het echter belangrijk dat de sectorpartijen bij de verdere ontwikkeling nadrukkelijker betrokken zijn en meedenken met de systematiek en de praktische consequenties daarvan.

# 1. Inleiding

Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) verzorgt luchtverkeersleiding in een omgeving waarin partijen uiteenlopende belangen hebben. Vanuit deze belangen stellen zij eisen aan de luchtverkeersleiding op de onderdelen veiligheid, efficiency (capaciteit en punctualiteit) en milieu (V, E en M). Uit deze eisen vloeien wijzigingsvoorstellen voor het systeem van luchtverkeersleiding voort.

Voorheen werd de besluitvorming over zo'n wijziging gebaseerd op kwalitatieve redeneringen en argumenten. Sinds enkele jaren hanteert LVNL echter het zogenaamde VEM Raamwerk. Dit Raamwerk maakt het spanningsveld van veiligheid, efficiency en milieu kwantitatief inzichtelijk. Dat draagt tevens bij aan de transparantie en de structuur van de besluitvorming. De resultaten van de toepassing van het Raamwerk op een wijziging van het systeem van luchtverkeersleiding worden vastgelegd in een zogenaamde VEM Effect Rapportage (VEMER).

LVNL is een Zelfstandig Bestuursorgaan (ZBO) en legt als zodanig verantwoording af aan de minister van Verkeer en Waterstaat over de prestaties en het beleid. In dit kader vindt elke vijf jaar een evaluatie van de werking en doeltreffendheid van LVNL plaats. Het jaar 2005 is het jaar waarin weer zo'n evaluatie plaatsvindt. Naast die evaluatie heeft voorliggende beoordeling en internationale benchmark van het VEM Raamwerk van LVNL plaatsgevonden. Dit is een onderzoek met een beperkte scope, uitgevoerd in een relatief kort tijdsbestek. Dit rapport geeft de resultaten daarvan weer.

## 2. Aanleiding, vraagstelling en werkwijze

De staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat heeft de Tweede Kamer toegezegd vóór de zomer van 2005 een verslag aan de Tweede Kamer te sturen over de werking en doeltreffendheid van de Luchtverkeersleiding Nederland. In dit kader heeft de Directeur Luchtvaart gevraagd om een nadere evaluatie van de wijze van afwegen van veiligheid, efficiency en milieu bij veranderingen in het systeem van luchtverkeersleiding en bij risicovolle situaties.

Daarbij zijn de volgende vragen van belang:

- Wat is de bruikbaarheid c.q. de kwaliteit van de toegepaste systematiek voor de afweging veiligheid – capaciteit – geluid? Is de systematiek inzichtelijk en zijn de gebruikte parameters onderbouwd en redelijk?
- Wat zijn de sterke en zwakke punten van de VEM-systematiek en de gebruikte Target Levels of Safety en de manier waarop deze worden toegepast, ook internationaal vergeleken (internationale benchmark)?
- Is de VEM-systematiek toereikend als basis voor het risicomangement inzake het vliegen op Schiphol of zijn wijzigingen c.q. aanvullingen wenselijk?
- Wat zijn verbeterpunten voor LVNL, de luchthaven, luchtvaartmaatschappijen, IVW en DGTL?

Bij deze vragen worden de milieunormen als vast gegeven beschouwd omdat die aan de orde komen in de evaluatie van de Schipholwet. Bij deze vragen werd tevens de vraag naar het 'level playing field' meegenomen: hoe verhoudt de aanpak van de afweging van veiligheid, efficiency en milieu zich tot die van andere internationale luchthavens? Daartoe is gebruik gemaakt van een aantal recente onderzoeksrapporten waarin (de karakteristieken van) het VEM Raamwerk in internationaal perspectief zijn gezet. Dit betrof onder andere rapportages van onderzoek van MITRE naar de problematiek rond het parallel starten en, ten dele, het onderzoek van de Veiligheidsadviescommissie Schiphol (VACS) naar het VEM Raamwerk. Bovendien is gebruik gemaakt van vertrouwelijk materiaal, waarnaar op basis van gemaakte afspraken niet verwezen kan worden. Verder werden de concept-conclusies van het onderhavige onderzoek getoetst door een panel van internationale deskundigen.

Gezien de context van dit onderzoek en de beschikbare tijd is het VEM Raamwerk niet diepgaand en in detail getoetst, maar is de aandacht gericht op de grote lijnen.

Daarbij is een zestal VEM Effect Rapportages gebruikt en zijn gesprekken gevoerd met (vertegenwoordigers van) de sectorpartijen en een aantal deskundigen op specifieke terreinen. De gegevens hiervan zijn vastgelegd in bijlage 1. Verder wordt in de tekst waar toepasselijk verwezen naar overige gebruikte documenten.

### **3. Het VEM Raamwerk**

Dit hoofdstuk licht de structuur en werking van het VEM Raamwerk in het kort toe. Daarbij is relevant hoe luchtverkeerleiding in Nederland is geregeld. Dit komt daarom eerst aan de orde.

#### **3.1 Luchtverkeersleiding in Nederland**

In Nederland is LVNL in algemene termen verantwoordelijk voor het beheer van het civiele luchtruim. Daarbij is luchtverkeersleiding de kernactiviteit. Andere taken zijn het vernieuwen en beheren van technische systemen, het verstrekken van luchtvaartinlichtingen, het verzorgen van opleidingen voor luchtverkeersleiding en het verzorgen van luchtvaartkaarten en –publicaties. LVNL voert deze taken uit als zogenaamd Zelfstandig Bestuursorgaan en legt verantwoording af aan de minister over de prestaties en het beleid.

LVNL richt zich in hoofdzaak op luchtverkeersdienstverlening aan burgerluchtverkeer in het gebied waarvoor Nederland verantwoordelijk is gesteld: het vluchtinformatiegebied Amsterdam (FIR, Flight Information Region). De Amsterdam FIR strekt zich uit boven het Nederlandse grondgebied en een groot deel van de Noordzee.

Luchtverkeersdienstverlening bestaat uit drie onderdelen: luchtverkeersleiding, vluchtinformatieverstrekking en alarmering. Deze dienstverlening wordt gedaan voor de nationale luchthaven Schiphol en de drie regionale luchthavens Rotterdam Airport, Groningen Airport Eelde en Maastricht Aachen Airport. Schiphol is een complexe luchthaven [1], niet alleen gezien het banenstelsel in combinatie met de voorkomende weersomstandigheden, maar ook vanwege de strenge milieu- en geluidsnormen voor de omgeving.

Belangrijkste partijen die in de luchtvaartsector in het veld van luchtverkeersleiding een rol spelen zijn de overheid, zowel de beleidsdirectie Luchtvaart van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat als de Inspectie Verkeer en Waterstaat, de luchtvaartmaatschappijen en de luchthaven zelf (AAS, Amsterdam Airport Schiphol). Deze partijen stellen kwaliteitseisen aan de luchtverkeersleiding op de punten veiligheid, efficiency (punctualiteit en capaciteit) en milieu. Voorheen werden discussies in dit spanningsveld voornamelijk gevoerd op basis van kwalitatieve redeneringen. In 1999 is LVNL gestart met de ontwikkeling van een meer systematische benadering, een ‘raamwerk’ dat deze discussie kwantitatief inzichtelijk maakt. Dit is het zogenaamde VEM Raamwerk, waarbij V, E en M staan voor veiligheid, efficiency en milieu.



## 3.2 Het VEM Raamwerk

Voorgenomen wijzigingen in het systeem van Air Traffic Management (ATM) worden vastgelegd in zogenaamde ATM Concept Elements (ACE's). Een ACE kan worden gezien als een conceptverandering in het ATM Systeem, waarvoor een ontwerp-oplossing in termen van mens, machine en procedures moet worden gevonden. De conceptverandering is onderdeel van de ATM System Vision die bestaat uit ATM System Objectives: doelen waarnaar in het luchtverkeersleidingssysteem wordt gestreefd. Verschillende veranderingen in het ATM Systeem worden hanteerbaar gemaakt door de ACE's te clusteren in jaarlijkse 'system increments'. LVNL streeft ernaar om op 1 november van elk jaar de system increments te operationaliseren.

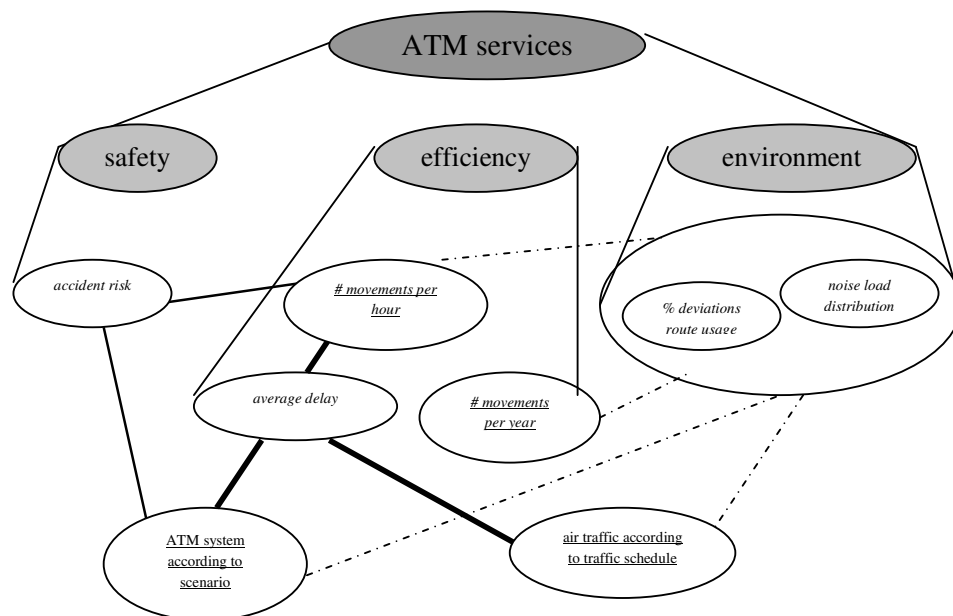
De vereiste prestatie van elke ACE wordt uitgedrukt in doelen die betrekking hebben op veiligheid, efficiency en milieu (VEM-doelen). Deze doelen worden afgeleid uit het VEM Raamwerk dat de kwaliteit van het ATM-product van LVNL vastlegt. Het VEM Raamwerk geeft per type wijziging een set van (deels elkaar beïnvloedende) elementen dat een zo compleet mogelijk beeld moet geven van de elementen die van invloed zijn. Het bestaat uit drie 'takken': de veiligheids-, efficiency- en milieutak. Elke tak begint op een hoog abstractieniveau en splitst zich steeds verder uit in concrete aspecten tot een lager abstractieniveau. De elementen van de drie takken op de lagere abstractieniveaus kunnen met elkaar in verbinding staan.

### *Praktijkvoorbeeld: VEMER Adjusted Parallel Departure Operations*

Als voorbeeld hiervan wordt een aantal onderdelen van de VEMER (VEM Effect Rapportage) Adjusted Parallel Departure Operations kort toegelicht. Deze VEMER bevat de VEM-effecten van vier alternatieve vormen van parallel starten: het starten op uitvliegkoersen, het afhankelijk parallel starten, het starten op SID's (Standard Instrumental Departure) met VOR's (alzijdig gericht radiobaken) in het verlengde van de baan en het starten met SID's van baan 36L en uitvliegkoersen op baan 36C.

De VEM-doelen voor deze wijziging zijn voor het onderdeel veiligheid een zogenaamd Target Level of Safety van  $2 \cdot 10^{-9}$  per vlucht per ATM-subproduct (zie paragraaf 4.3), en voor efficiency een aantal vliegbewegingen per jaar van respectievelijk 422.000, 466.600 en 493.425 voor de jaren 2005 tot en met 2007. De relevante vraagpunten in het Raamwerk voor deze wijzigingen zijn weergegeven in Figuur 1. Hierin is ook de samenhang tussen de onderdelen in de takken veiligheid, efficiency en milieu te zien.

In deze VEMER is voor alle alternatieven het aantal realiseerbare vliegbewegingen per uur als input voor de veiligheidsanalyse gebruikt. Het aantal bewegingen per jaar wordt impliciet beoordeeld voor de beoordeling van het onderdeel milieu. Uiteindelijk is het aantal bewegingen per jaar het resultaat van de milieuanalyse. Het aantal bewegingen per jaar wordt namelijk zo aangepast dat juist aan de milieudoelen wordt voldaan. De handhavingpunten voor geluid worden zodoende 'vol gevlogen'.



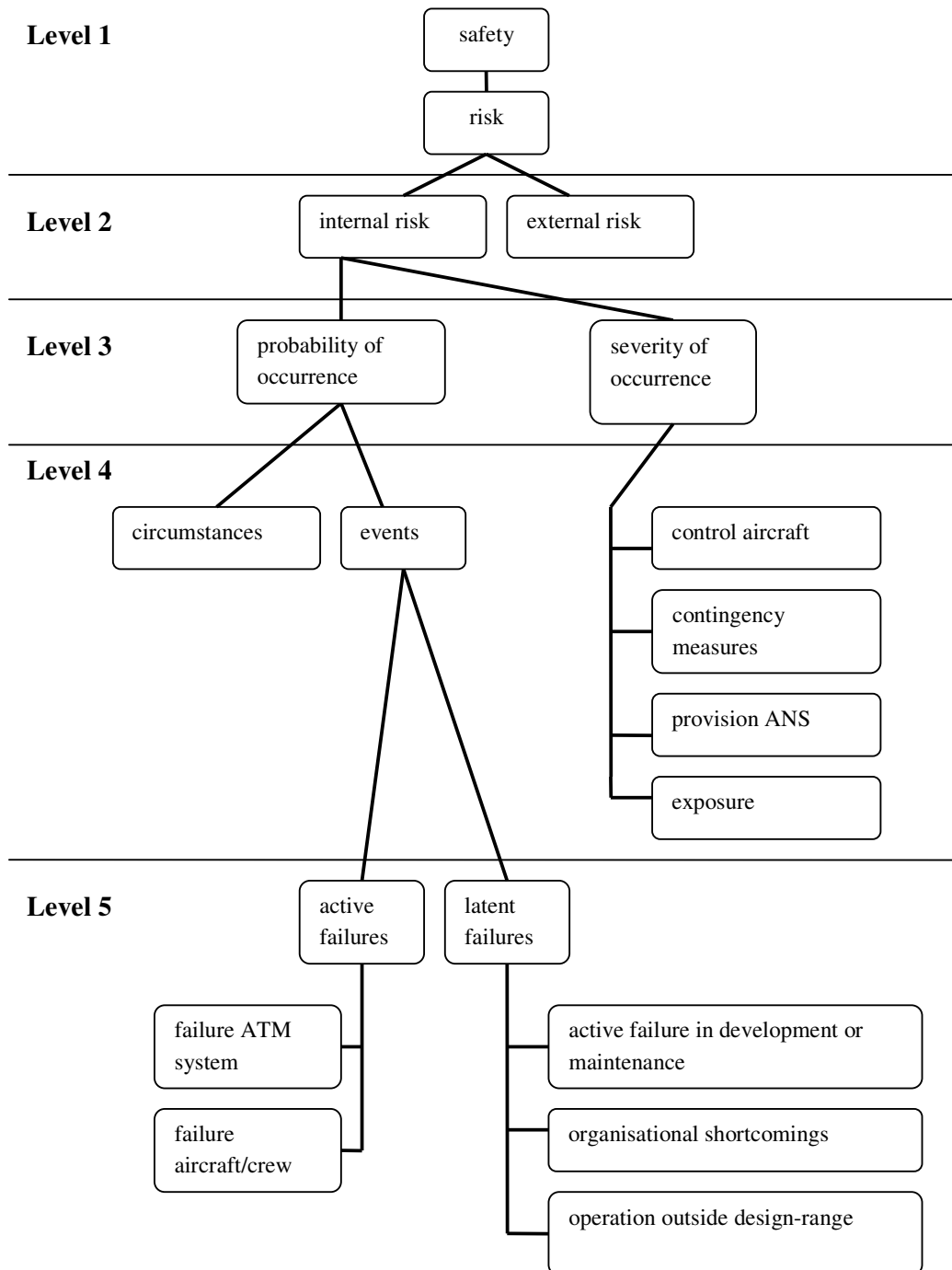
*Figuur 1: Overzicht van de vraagpunten voor de VEMER Adjusted Parallel Departure Operations (zie bijlage) weergegeven in het VEM Raamwerk. Dit overzicht is bedoeld om aan te geven dat de drie takken geen onafhankelijke pilaren zijn, maar bestaan uit onderdelen die met elkaar samenhangen. Onderstreepte onderdelen staan vast in de analyse, schuingedrukte onderdelen worden gevarieerd.*

#### *De veiligheidstak van het Raamwerk*

De verbeterpunten die uit de beoordeling naar voren zijn gekomen, betreffen voor een groot deel de veiligheidsanalyse. Daarom wordt de veiligheidstak van het Raamwerk hieronder verduidelijkt (zie ook Figuur 2).

In de veiligheidstak van het Raamwerk wordt onderscheid gemaakt in vijf niveaus. In het eerste niveau wordt de veiligheid aangeduid in termen van risico's. In het tweede niveau worden deze risico's opgesplitst in interne en externe risico's. Externe risico's betreffen risico's voor derden. In het derde niveau zijn de interne risico's opgesplitst in de kans op optreden en de ernst van het optreden.

Het vierde niveau splitst deze kans en ernst verder uit: de kans wordt bepaald door de omstandigheden en door gebeurtenissen. De ernst wordt bepaald door de controle over het vliegtuig, noodmaatregelen, de levering van Air Navigation Services (ANS) en de blootstelling. De gebeurtenissen kunnen optreden door actief falen of latent falen. Actief falen kan falen van het ATM Systeem of falen van het vliegtuig of de bemanning zijn. Latent falen kan optreden door actief falen tijdens ontwikkeling of onderhoud, organisatorische tekortkomingen of verrichtingen die niet binnen de ontwerp-specificaties vallen.



Figuur 2: Schematische weergave van de veiligheidstak van het VEM Raamwerk [2].

Een belangrijk aspect van het Raamwerk is de leercyclus die bestaat als gevolg van verbeteringen in de gebruikte wiskundige modellen, de onderliggende kritische aannames in modellen en voortschrijdend inzicht in de voorziene wijziging van het ATM Systeem. Volgens de plan-do-check-act-loop wordt het Raamwerk in de loop der tijd steeds verder verfijnd.

### **3.3 De VEM Effect Rapportage**

De VEM Effect Rapportage (VEMER) wordt opgesteld om de voorziene ontwikkelingen in het ATM Systeem te ondersteunen met managementinformatie ten behoeve van de besluitvorming. De VEMER geeft een prognose en kwantificering van veiligheid, efficiency en milieu bij de betreffende wijziging van het ATM Systeem. De managementinformatie uit de VEMER kan ondersteuning bieden bij de besluitvorming rond de diverse ontwerp- en implementatieopties. De VEMER is dus vooral een instrument voor de kwantificering van V, E en M, en in die zin een methodiek waarin deze drie tegen elkaar worden afgewogen.

## **4. Verbeterpunten in het VEM Raamwerk**

Dit hoofdstuk behandelt de verbeterpunten die uit de beoordeling van het VEM Raamwerk naar voren zijn gekomen. Daarin wordt ook de internationale benchmark aan de hand van diverse externe onderzoeksrapportages meegenomen.

### **4.1 Systematische methode voor het behandelen van relevante aspecten**

Uit Figuur 2 is af te leiden dat hoe lager het abstractieniveau in het VEM Raamwerk, hoe groter het aantal relevante aspecten en onderlinge interacties tussen de afzonderlijke takken van V, E en M. Vooral in de onderste niveaus van het Raamwerk is het van belang dat alle relevante aspecten en interacties aan bod komen.

Een belangrijke bevinding in de evaluatie van het Raamwerk is dat er geen systematische methode lijkt te worden gebruikt om zeker te zijn dat alle relevante aspecten en interacties aan de orde komen.

In andere werkvelden is het gebruik van dergelijke systematische methoden een belangrijk onderdeel van veiligheids- en risicomanagement. Zo wordt in de industrie de zogenaamde HAZOP (Hazard and Operability Study) toegepast. Een team van specialisten en procesdeskundigen evalueert in zo'n studie op systematische wijze, aan de hand van trefwoorden (temperatuur, druk, etc.) en zogenaamde gidswoorden (geen, laag, hoog, etc.), alle mogelijke afwijkingen van het normale proces. Voor deze afwijkingen worden de mogelijke oorzaken en consequenties bepaald en worden veiligheidswaarborgen aangebracht. Andere voorbeelden van dergelijke methoden zijn de safety cases in het vervoer over het spoor (Betuwelijn en HSL) en in off shore olie- en gasinstallaties en DNV's SWIFT (Structured What If Technic). Een nog uitgebreidere methodiek is Shell HEMP (Hazard and Effect Management Process). Dit is een systematisch proces van identificatie, evaluatie en beheersing van diverse risico's. Ook het ALARP-principe (As Low As Reasonably Practicable) wordt in deze systematiek toegepast.

In de toetsing van het VEM Raamwerk is een dergelijke systematische benadering niet weergegeven. Dit wil niet zeggen dat scenario's of risicosituaties over het hoofd zijn gezien. De foutgevoeligheid van het VEM Raamwerk kan echter sterk verbeterd worden door een dergelijke systematische analyse in te bouwen.

### **4.2 Gebruikte ongevalsfrequenties en schattingen van deskundigen**

Om te kunnen bepalen of de kans op het optreden van een bepaald scenario voldoet aan het gestelde TLS is het nodig deze te kwantificeren. In het VEM Raamwerk worden hiervoor de VEM-modellen gebruikt. Welke modellen gehanteerd worden, is afhankelijk van het

scenario, het vereiste detailniveau en de beschikbare tijd en financiële middelen. Enkele voorbeelden van VEM modellen zijn fouten- en gebeurtenissenbomen, modellen waarin expert judgement wordt gebruikt en modellen voor werkdruk.

Voor de bepaling van de waarschijnlijkheid van het optreden van een bepaalde gebeurtenis (ongevalsfrequentie) worden diverse gegevens gebruikt:

- gegevens uit expert judgement van operationele deskundigen zoals luchtverkeersleiders, piloten en technische deskundigen;
- incidentrapporten en systeemdata;
- ervaringen op andere vliegvelden;
- (eenvoudige) wiskundige modellen.

Van deze vier bronnen is expert judgement in de praktijk het belangrijkste. Expert judgement speelt dus een belangrijke rol in de schatting van ongevalsfrequenties voor een VEMER. De reden hiervoor is dat in VEMERs altijd nieuwe situaties worden beoordeeld. Daarnaast acht men relevante casuïstiek (van andere vliegvelden) niet of niet voldoende beschikbaar en statistische gegevens kunnen ook niet altijd zonder expert judgement worden gebruikt. Dit geldt ook voor de toepassing van botsingsmodellen. Zowel de parameters als de onderliggende aannames van deze modellen moeten daarom worden beoordeeld door deskundigen.

Expert judgement wordt verkregen uit interviews of speciale expert judgement sessies. De uitkomsten hiervan zijn geheel gebaseerd op de betrouwbaarheid van de kennis van de individuele deskundigen. De ervaring van de deskundigen over een bepaald onderwerp verschilt. Niet alle deskundigen hebben dezelfde hoeveelheid ervaring met het betreffende onderwerp. Ook slaat de één makkelijker relevante ervaringen op dan de ander en herinnert zich die ervaring makkelijker. Daarom is het voor de kwaliteit van de gebruikte schattingen van belang dat zij gewogen worden. Deze weging wordt meestal gedaan door de deskundige te vragen naar hoe zeker hij of zij van zijn antwoorden is. LVNL past weging in de VEM Systematiek slechts beperkt toe door de antwoorden van een mix van conservatieve, progressieve en neutrale experts te taxeren op de beargumentatie en de aangegeven onzekerheidsmarges [3, 4].

De herkomst van de toegepaste ongevalsfrequenties in de VEMERs is vaak onduidelijk. Zijn de getallen geheel gebaseerd op expert judgement of is een combinatie van statistische gegevens, systeemdata en expert judgement gebruikt? Een stevigere kwantitatieve onderbouwing leidt tot meer betrouwbare gegevens. Dat komt de kwaliteit van de VEMER en dus de afweging van V, E en M ten goede.

De selectie en weging van experts vindt volgens het in het tekstkader (zie volgende bladzijde) genoemde NLR-rapport plaats op basis van vooroordelen en daarom wordt niet voldaan aan het punt eerlijkheid. Bovendien wordt de kwantitatieve beoordeling niet onderworpen aan empirische kwaliteitscontroles. Daarom wordt niet voldaan op het punt van controle van prestaties. De hiervóór genoemde stevigere kwantitatieve onderbouwing van ongevalsfrequenties sluit hierbij aan.

NLR heeft in samenwerking met de TU Delft LVNL's expert judgement technieken en de toepassing ervan bij het opstellen van een VEMER beoordeeld [4]. Bij deze beoordeling werd LVNL's expert judgement tegen het licht van het Delftse protocol voor gestructureerde expert judgement gehouden. De belangrijkste principes van dit protocol zijn:

- kwaliteitsborging onderzoeksresultaten: alle data en alle processen zijn onder peer review en de resultaten moeten door competente reviewers reproduceerbaar zijn;
- eerlijkheid: experts zijn niet bevooroordeeld;
- neutraliteit: de wijze van vragen stellen en de verwerking van de antwoorden mogen de resultaten niet beïnvloeden;
- controle van prestaties: kwantitatieve beoordeling worden onderworpen aan empirische kwaliteitscontroles.

In de huidige praktijk worden hoofdzakelijk piloten van de KLM geraadpleegd voor expert judgement, en weinig of geen piloten van andere luchtvaartmaatschappijen. Zodoende wordt ook hiermee niet voldaan aan het tweede punt van het Delftse protocol. KLM-piloten zijn doorgaans bekender met de luchthaven Schiphol dan piloten van luchtvaartmaatschappijen die Schiphol minder frequent aan doen. Dat heeft voor- en nadelen voor expert judgement. Enerzijds hebben KLM-piloten door hun bekendheid met het complexe banenstelsel van Schiphol een beter idee van wat er mis kan gaan, anderzijds bestaat het gevaar dat de risico's door kennis van de lokale situatie over het hoofd gezien worden of te optimistisch worden ingeschat. Het raadplegen van piloten van andere luchtvaartmaatschappijen kan een representatiever beeld geven, zonder de veiligheid af te stemmen op de piloten die het minst bekend met de luchthaven zijn. Door weging worden betrouwbare en evenwichtige schattingen voor de ongevalsfrequenties verkregen.

### 4.3 Bepaling van het Target Level of Safety

Het Target Level of Safety wordt in de eindafweging van veiligheid gebruikt. LVNL heeft daarvoor een waarde voorgesteld. Ook andere (Europese) landen hebben hun veiligheidsdoel gekwantificeerd voor risicoanalyses. Eerst wordt het TLS van LVNL toegelicht, waarna enige buitenlandse eigenschappen en waarden voor het TLS worden geschetst. Vanuit dat perspectief wordt vervolgens tegen het TLS van LVNL aangekeken (benchmark).

#### *Het TLS in Nederland*

LVNL heeft het zogenaamde Target Level of Safety vastgesteld aan de hand van gegevens uit de NLR Air Safety Database [5]. Uit deze database is een totaal van 420.000.000 vluchten met 2340 ongevallen over een periode van 20 jaar (1980-1999) geselecteerd. Op basis hiervan bedraagt de kans op een ongeval  $5,6 \cdot 10^{-6}$  per vlucht. Van het totale aantal ongevallen

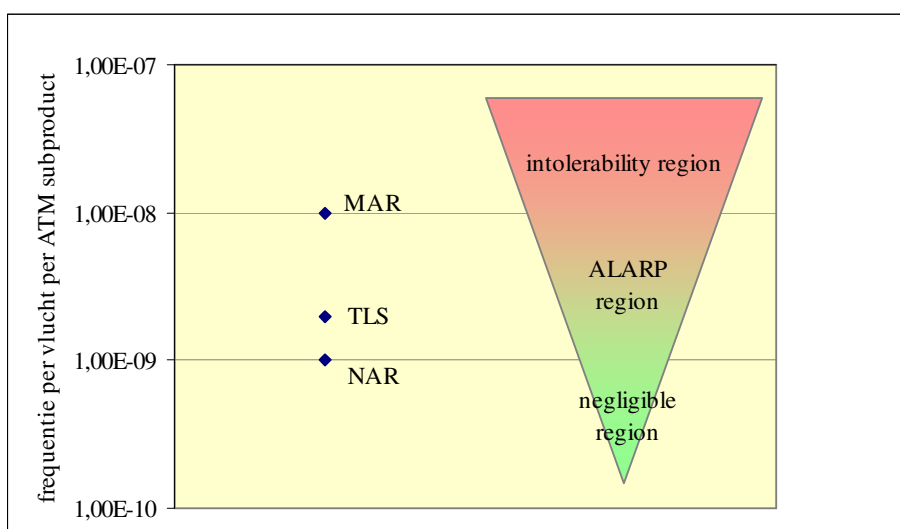
is 8% gerelateerd aan luchtverkeersleiding. LVNL veronderstelt dat het daarbij gaat om de volgende soorten ongevallen:

- ongevallen door kielzegturbulentie;
- ongevallen waarbij twee of meer luchtvaartuigen betrokken zijn (botsingen);
- ongevallen waarbij één luchtvaartuig en één of meer grondvoertuigen betrokken zijn;
- ongevallen door problemen met landingshulpmiddelen.

Het verkeersleidingsproces is onder te verdelen in 31 kritische ATM-subproducten. In een conservatieve benadering om de maximaal toegestane ongevalsrequentie vast te stellen, is een totaal van 40 subproducten verondersteld. Hiermee bedraagt het veiligheids criterium per ATM subproduct ( $0,08 \times 5 \cdot 10^{-6} \times 1/40 = 1 \cdot 10^{-8}$  per vlucht per ATM-subproduct. LVNL definieert dit getal als Maximum Allowable Risk (MAR). Vanuit het streven om beter te presteren dan in de historie, is het Target Level of Safety (TLS) bepaald.

Toepassing van een ambitiefactor van 5 op het MAR levert vervolgens het Target Level of Safety (TLS) van  $2 \cdot 10^{-9}$  per vlucht per ATM-subproduct. Op voorstel van LVNL heeft de Inspectie Verkeer en Waterstaat deze waarde als vereist veiligheidsniveau vastgesteld. Het niveau dat nog een factor 2 lager ligt dan het TLS, wordt als Negligible Accident Risk (NAR) beschouwd.

Het gebied tussen het Negligible Accident Risk en het Maximum Allowable Accident Risk beschouwt LVNL als het ALARP-gebied: het gebied waarin maatregelen worden genomen om het risico zoveel mogelijk terug te brengen voor zover dat praktisch haalbaar is. Het TLS ligt in dat gebied. Het gebied boven het MAR is het gebied waarin risico's intolerabel worden geacht, het gebied beneden het NAR bevat de risico's die verwaarloosbaar worden geacht (zie Figuur 3).

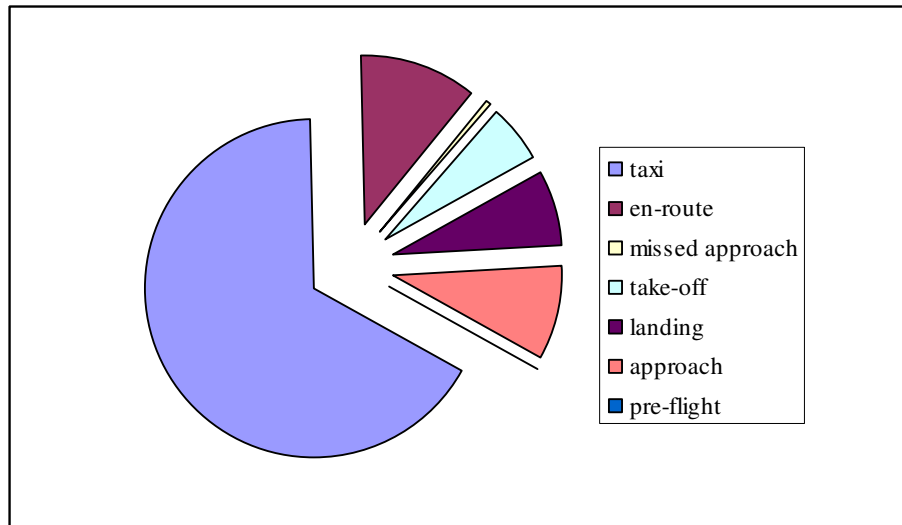


Figuur 3: Veiligheidscriteria van LVNL en de ligging van het ALARP-gebied.

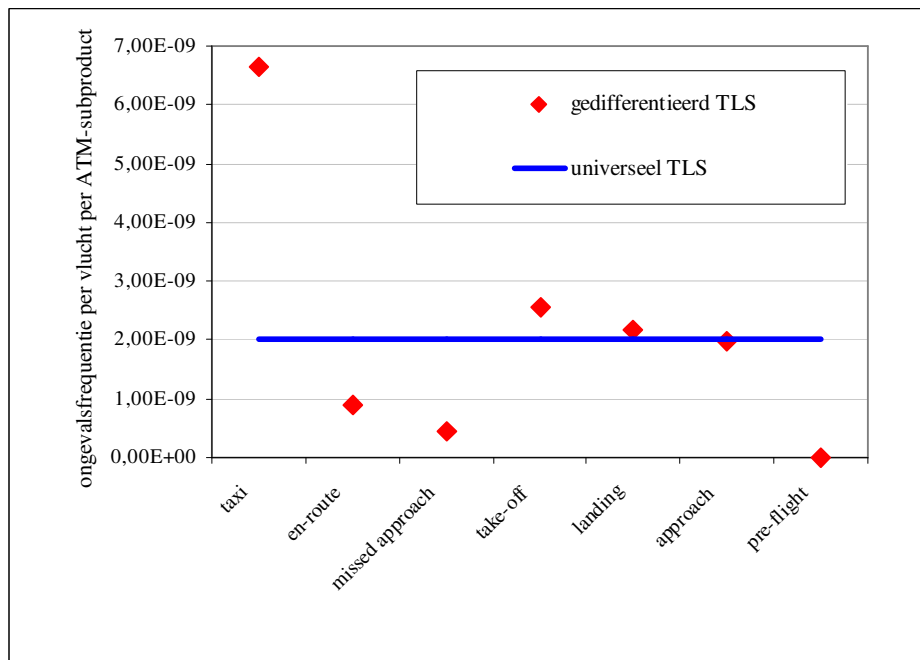
De ATM-gerelateerde ongevallen zijn echter niet uniform verdeeld over de verschillende vluchtfasen (zie Figuur 4). De meeste ongevallen vinden plaats op de grond gedurende de



taxi-fase, gevolg door de fasen en-route, naderen, landen en starten. Met de informatie over het aantal ongevallen per vluchtfase kan een TLS gedifferentieerd naar vluchtfase worden vastgesteld. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Figuur 5.



Figuur 4: Verdeling van ATM-gerelateerde ongevallen over de vluchtfasen [5].



Figuur 5: Gedifferentieerd TLS in vergelijking met het huidige, universele TLS. De grafiek illustreert dat het universele TLS voor sommige vluchtfasen strenger is dan het gedifferentieerde TLS. Dat impliceert de doelstelling minder ongevallen dan voorheen toe te staan. In het geval waarin het universele TLS hoger is dan het gedifferentieerde TLS worden feitelijk meer ongevallen dan voorheen toegestaan.

Uit Figuur 5 is af te leiden dat het aangepaste TLS voor bijvoorbeeld de vluchtfase 'taxiën' hoger ligt dan het huidige TLS. Het huidige TLS is dan ook strenger voor de vluchtfasen

waarvoor dit geldt. Voor de vluchtfasen en-route, missed approach en approach biedt het huidige TLS daarentegen meer ruimte voor ongevallen. Het huidige TLS is voor sommige vluchtfasen dus te ambitieus en voor andere juist te ruim. Dat laatste impliceert dat voor die vluchtfasen meer ongevallen zijn ‘toegestaan’ dan voorheen. In de twee van de drie vluchtfasen waarvoor dit geldt (en-route en missed approach) kan bovendien sprake zijn van een zwaarder ongeval dan in de andere vluchtfasen. Differentiatie van het TLS naar vluchtfase leidt dus tot een betere risicobenadering.

#### *Het TLS in Europa*

De Safety Regulation Commission (SRC) van de European Organisation for the Safety of Air Navigation, Eurocontrol, schrijft voor dat een kwantitatieve risicoanalyse wordt toegepast bij geplande veranderingen in het ATM Systeem [6]. Los van het feit dat Eurocontrol het gebruik van klassen met de ernst van het incident voorschrijft (waarover meer in paragraaf 4.4), bepaalt zij een ‘maximum tolerable probability’ van  $1,55 \cdot 10^{-8}$  per vlucht per uur. Dat is dus een andere (niet vergelijkbare) eenheid én een andere getalswaarde dan het door LVNL gebruikte MAR en het daarvan afgeleide TLS.

LVNL is echter niet het enige luchtverkeersleidingscentrum in Europa dat wat dit betreft afwijkt van de voorschriften van Eurocontrol. Het blijkt bovendien niet zonder meer mogelijk de verschillende criteria in elkaar te converteren. Na beoordeling van de veiligheidscriteria van LVNL heeft EUROCONTROL haar voorschriften voor het TLS nog eens tegen het licht gehouden [7]. In de gesprekken die in het kader van deze review zijn gevoerd, is genoemd dat het TLS van LVNL daarbij een belangrijke input heeft geleverd. Met het oog op de toekomstige Single European Sky (SES) is het overigens van belang dat over het TLS binnen Europa overeenstemming wordt bereikt.

## **4.4 Het gebruik van frequentie- en ernstklassen**

Naast de ongevalsfrequentie en het TLS is het gevolg van een incident belangrijk. Het is belangrijker een ernstig incident dan een incident met relatief geringe gevolgen te voorkomen. EUROCONTROL hanteert deze redenering in haar voorschrift om voor kwantitatieve risico-analyses van wijzigingen in het ATM Systeem zowel frequentie- als ernstklassen voor de ongevallen toe te passen. De ‘maximum probability of occurrence’ is dan afhankelijk van de ernst van het ongeval. EUROCONTROL onderscheidt de volgende klassen voor de ernst van ongevallen:

Klasse 1: ongevallen;

Klasse 2: ernstige incidenten;

Klasse 3: grotere incidenten;

Klasse 4: significante incidenten;

Klasse 5: geen directe effecten die nadelig zijn voor de veiligheid.

Aan deze klassen worden maximaal toegestane ongevalsfrequenties gekoppeld met het doel aan te geven dat hoe ernstiger het voorval, hoe minder wenselijk het optreden ervan is. Voor

de zwaarste klasse heeft EUROCONTROL de waarde vastgesteld die ook al in paragraaf 4.3 is vermeld, namelijk  $1,55 \cdot 10^{-8}$  per vlucht per uur. Voor de overige klassen zijn nog geen waarden vastgesteld. Het is de bedoeling dat deze in de toekomstige herziening van ESARR 4 worden opgenomen.

LVNL past frequentieklassen in de eindafweging (niveau 1) toe, in die zin dat er sprake is van zones waarin het risico intolerabel, tolerabel in combinatie met het ALARP-principe, en verwaarloosbaar is. Daarbij wordt echter alleen uitgegaan van een ongeval dat valt onder de definitie van ‘accident’ volgens ICAO Annex 13. Ongevalszwaarteklassen worden dus niet onderscheiden. Dit is ook door het SRC van EUROCONTROL vastgesteld [7]. Andere landen met luchthavens van vergelijkbare omvang en complexiteit passen wél frequentie- en ernstklassen toe. Dit zijn Frankrijk, Duitsland, Groot-Brittannië en de Verenigde Staten. LVNL loopt in vergelijking daarmee dus niet in de pas. Het zou in de voortvarende aanpak van de ontwikkeling van het Raamwerk passen als deze klassen werden opgenomen.

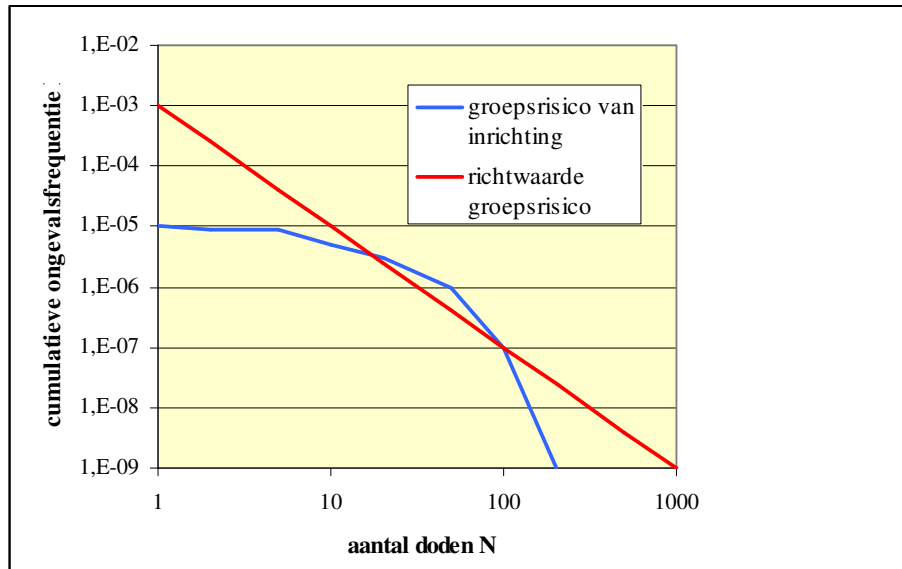
In genoemde landen zijn onderling wel verschillen in de definitie van de klassen en hun frequenties. Voor drie van deze landen komt de definitie van klasse 1 overeen met de definitie die LVNL hanteert voor ‘accidents’, namelijk de definitie volgens ICAO Annex 13. In Tabel 1 is een voorbeeld te zien van de wijze waarop frequentie- en ernstklassen kunnen worden toegepast.

Tabel 1: Voorbeeld van een risicomatrix.

| frequentie   | ernst van het incident       |                              |                              |                              |                   |
|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|
|              | geen effect<br>1             | minimaal<br>2                | gemiddeld<br>3               | ernstig<br>4                 | catastrofaal<br>5 |
| extreem laag | acceptabel                   | acceptabel                   | acceptabel                   | voorwaardelijk<br>acceptabel | onacceptabel      |
| laag         | acceptabel                   | acceptabel                   | voorwaardelijk<br>acceptabel | ongewenst                    | onacceptabel      |
| incidenteel  | acceptabel                   | voorwaardelijk<br>acceptabel | ongewenst                    | onacceptabel                 | onacceptabel      |
| geregeld     | voorwaardelijk<br>acceptabel | ongewenst                    | onacceptabel                 | onacceptabel                 | onacceptabel      |
| frequent     | ongewenst                    | onacceptabel                 | onacceptabel                 | onacceptabel                 | onacceptabel      |

Een vergelijkbaar concept wordt toegepast in de externe veiligheid. Daarin wordt gebruik gemaakt van het zogenaamde groepsrisico: de kans dat een ongeval leidt tot N of meer doden tegelijk. Het groepsrisico wordt gepresenteerd in de vorm van een FN-curve, waarin N het aantal doden is en F de cumulatieve frequentie van ongevallen met N of meer doden. De Nederlandse overheid heeft voor het groepsrisico een oriënterende waarde opgesteld. Het groepsrisico moet kleiner dan of gelijk zijn aan een kans van  $1 \cdot 10^{-4}$  bij een gevolg van

10 doden per jaar, waarbij een  $n$  maal groter gevolg moet corresponderen met een  $n^2$  maal kleinere kans. De oriënterende waarde voor het groepsrisico en het groepsrisico van een praktijkvoorbeeld van het groepsrisico van een inrichting zijn weergegeven in Figuur 6. Het concept van het groepsrisico is dus: hoe ernstiger het ongeval, hoe minder gewenst het optreden ervan is. Dit komt overeen met het principe van het gebruik van frequentie- en ernstklassen zoals voorgeschreven in ESARR 4.

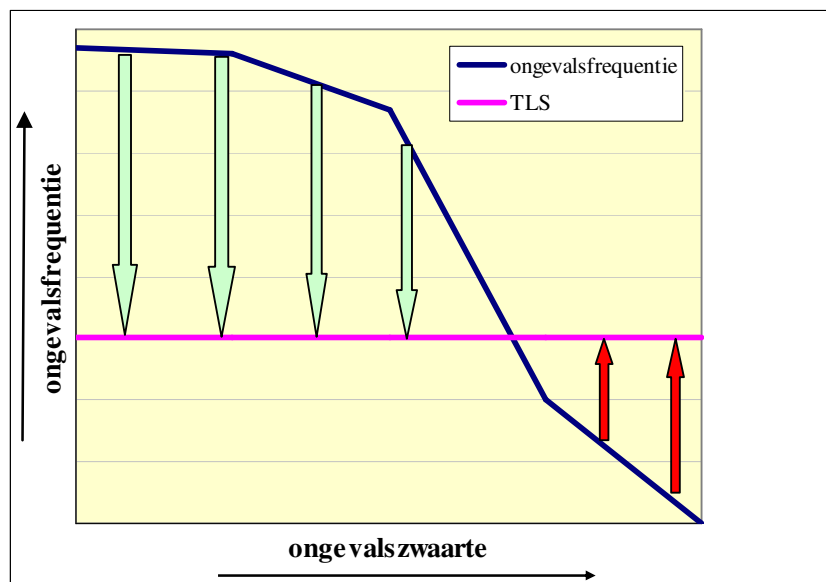


Figuur 6: Richt- en praktijkwaarde (voorbeeld) voor het groepsrisico gebruikt in de externe veiligheid.

#### *Sturen op TLS in combinatie met ongevalszwaarte*

Er wordt wel gesteld dat de toegevoegde waarde van het gebruik van frequentieklassen beperkt is. Dat is juist als in combinatie met frequentieklassen geen ongevalszwaarteklassen worden onderscheiden. Het principe ‘hoe zwaarder het ongeval, hoe minder gewenst’ gaat daarbij immers verloren.

Het gebruik van één TLS zonder ongevalszwaarteklassen draagt als gevaar met zich mee dat veel energie wordt gestoken in het terugbrengen van de kans op de kleinere incidenten, terwijl minder aandacht wordt besteed aan het voorkómen van de meest ernstige ongevallen (zie Figuur 7).



*Figuur 7: Mogelijke gevolgen van het sturen op frequentie zonder gebruikmaking van ongevalszwaarteklassen. Als het TLS onafhankelijk is van de ongevalszwaarte en de ongevalsfrequentie, bestaat het gevaar dat gestuurd wordt op het verkleinen van de kans op kleinere incidenten, terwijl minder aandacht wordt besteed aan het voorkómen van de zwaardere ongevallen.*

## 4.5 De VEMER in niet-voorziene situaties

Niet-voorziene situaties doen zich in de luchtverkeersleiding op diverse tijdschalen voor. Voor plotselinge situaties geldt dat de luchtverkeersleider naar de situatie handelt. Er zijn ook situaties die niet plotseling opdoemen, maar waarvoor toch onvoldoende tijd beschikbaar is voor het opstellen van een VEMER. Wat de consequenties voor V, E en M zijn, is dan onduidelijk. Een voorbeeld hiervan is de situatie na de geconstateerde problemen met parallel starten kort na de officiële ingebruikname van het vijfbanenstelsel van Schiphol in november 2003. Enkele vliegtuigen bleken bij het parallel starten onvoorzien en onbedoeld af te wijken van de voorgeschreven vertrekroute. Als tijdelijke maatregel werden uitvliegkoersen aan piloten gegeven in geval van gelijktijdig gebruik van de Polderbaan en Zwanenburgbaan. De consequentie daarvan is een andere verdeling van de geluidsbelasting in de omgeving [8]. Het opstellen van een VEMER voor een wijziging in het ATM Systeem vergt tijd. Die tijd is in dit soort situaties niet beschikbaar. LVNL heeft hiervoor wel de VEM Effect Indicatie [9], maar vooralsnog is onvoldoende duidelijk in hoeverre deze als een verkorte maar toereikende VEMER kan worden gezien en of de resultaten voldoende zijn voor een juiste inschatting van de effecten op V, E en M. Een verkorte procedure (VEM Effect Indicatie) zou hiervoor geëxpliciteerd moeten worden.

## 4.6 Milieu in de weging van V, E en M

De VEMER heeft tot doel inzicht te geven in de aspecten veiligheid, capaciteit en milieu ten behoeve van besluitvorming over procedures. In de huidige praktijk zijn de besluitvormingsopties beperkt. Bij de besluitvorming over situaties die nadelige invloeden op het milieu kunnen hebben, wordt in de Milieu Effect Rapportage (MER) een meest milieuvriendelijk alternatief (MMA) geboden. De alternatieven worden in de MER toegelicht en vervolgens wordt beargumenteerd waarom wel of niet voor deze alternatieven is gekozen. In sommige VEMERs worden bij een aantal situaties overschrijdingen van de gestelde normen in de handhavingpunten gevonden. In dergelijke situaties zou het goed zijn de opties voor de afweging van V, E en M in de VEMER scherper te presenteren. Als handelingsopties in de praktijk ontbreken door de druk op capaciteit en milieu, dan zou dat in de VEMER geëxpliciteerd moeten worden.

## 4.7 Werking van de leercyclus

De VEMER vormt op dit moment een prognose van de kwaliteit van een wijziging op de punten veiligheid, efficiency en milieu. Daarin worden aannames gedaan die na ingebruikname van de wijziging worden teruggekoppeld met de praktijk. Deze leercyclus leidt zo tot verbetering van de systematiek volgens de methodiek ‘plan-do-check-act’. Over de huidige efficiency van de leercyclus op de korte termijn bestaat echter onvoldoende duidelijkheid. De problematiek rond het parallel starten dient hier ter illustratie. Er was tientallen jaren ervaring met afwijkingen van vliegtuigen van de vertrekroute op de Zwanenburgbaan. Vanuit die ervaring zijn mitigerende acties op mogelijke SID-blunders gepleegd, maar deze aanpassingen blijken onvoldoende voor de oplossing van de huidige problematiek. Desalniettemin is er ook geen gelegenheid geweest voor een fase waarin het parallel starten in het nieuwe banenstelsel getest kon worden, zoals ook onderzoek van MITRE naar het parallel starten op Schiphol aangeeft [1]. De doeltreffendheid van de leercyclus lijkt op basis hiervan dus minder dan zou mogen worden verwacht in een omgeving waarin in principe een hoog kennisniveau van risicofactoren aanwezig is.

## 4.8 VEM als gedeeld fundament: ‘shared knowledge’

Het VEM Raamwerk is een systematische benadering van de afweging van veiligheid, efficiency en milieu. In het voorgaande zijn kanttekeningen gezet bij zowel de manier waarop het systeem in elkaar zit (de manier waarop verschillende risico elementen worden gewogen) als op inhoudelijke aspecten, zoals de inschatting van ongevalsfrequenties. Deze belangrijke onderdelen van het VEM Raamwerk moeten gezien worden in relatie met de manier waarop het VEM Raamwerk in de praktijk wordt toegepast, het toepassingsbereik.

Voor besluitvorming in een complexe omgeving is een belangrijke voorwaarde dat de partijen het eens zijn over basale uitgangspunten, alvorens de weging van uiteenlopende belangen plaatsvindt. Deze 'shared knowledge' is de eerste voorwaarde om tot besluiten te kunnen komen. Voor harde feiten is dat niet zo heel moeilijk. Voor milieuaspecten is dat veel lastiger. Hoewel geluid waarneembaar en meetbaar is, hebben we de afgelopen jaren gezien dat er veel discussies over de berekening en meting van geluid hebben plaatsgevonden. Voor veiligheid geldt dit in nog sterkere mate. Veiligheid is moeilijk te beoordelen en risico's zijn niet objectief, hard, meetbaar. Dat heeft tot gevolg dat bij beslissingen over veiligheid veel verschillen van inzicht kunnen bestaan. Dat maakt afweging en besluitvorming over veiligheid wel zeer complex.

Voorwaarde is daarom dat de partijen die betrokken zijn in afweging en besluitvorming, het eerst eens zijn over de aannamen met betrekking tot risico's en de samenhang tussen risicofactoren.

Voor het VEM Raamwerk betekent dit dat de sectorpartijen (LVNL, AAS en de Luchtvaartmaatschappijen) overeenstemming hebben over:

1. de systematiek van het VEM Raamwerk: hoe ziet het veiligheidssysteem er uit, wat zijn de belangrijkste faalfactoren en hoe interfereren die met elkaar?
2. de inschatting van risicofactoren: hoe groot is van de verschillende factoren de kans dat er iets mis gaat en waar baseren we die informatie op?
3. het toepassingsbereik: voor welke situaties en afwegingen is het bruikbaar?
4. de procedures: in welke situaties gebruiken we het VEM Raamwerk en hoe worden de partijen daarin betrokken?

In de huidige praktijk zien we dat op deze punten nog niet voldoende duidelijkheid bereikt is. Het VEM Raamwerk is ontwikkeld en uitgewerkt door LVNL. Het positieve daarvan is dat er de laatste jaren goede vorderingen gemaakt zijn in het ontwerp en de operationalisering van de veiligheidssystematiek. De keerzijde is dat geen werkelijke commitment of overeenstemming is over de systematiek, de uitgangspunten en de toepassing. Het VEM Raamwerk kan dan nooit optimaal functioneren en de besluitvorming faciliteren. Daarnaast leidt het proces om tot een gezamenlijke veiligheidsmethodiek te komen vrijwel altijd tot betere, dat wil zeggen meer zorgvuldige en betrouwbare resultaten, omdat eventuele blinde vlekken door een bredere groep deskundigen geëlimineerd worden.

Er moet daarom een proces gestart worden gericht op commitment van de betrokken partijen over de systematiek en de onderdelen daarvan, conform de hiervoor genoemde punten. Het verdient de voorkeur dat de LVNL daartoe het initiatief neemt. Het is waarschijnlijk dat in het proces om te komen tot commitment ook technisch-inhoudelijke discussies zullen opdoemen die ook op zich weer tot kwaliteitsverbetering leiden. Het mes snijdt hier dus aan twee kanten.

## 5. Internationale benchmark van het Raamwerk

Het VEM Raamwerk is, zoals gezegd, een instrument dat de afweging en besluitvorming rond veiligheid, efficiency en milieu kwantitatief inzichtelijk maakt. Dat instrument is als zodanig een grote stap voorwaarts ten opzichte van de tijd waarin kwalitatieve redeneringen als basis voor besluitvorming over nieuwe procedures dienden. Zeker in het geval van een complexe luchthaven als Schiphol is dit een winstpunt. De aanpak van LVNL bij de afweging van veiligheid, efficiency en milieu is internationaal getoetst in dit project en in recente studies van MITRE en de VACS [1, 10]. In het voorgaande is reeds voor een tweetal punten van het VEM Raamwerk aangegeven hoe ze in internationale context kunnen worden gezien, namelijk de definitie en waarde van het TLS en het gebruik van frequentie- en ernstklassen. Voor de onderzochte luchthavens verschillen de Target Levels in definitie en waarde. Opmerkelijker is dat LVNL als enige van de onderzochte luchtverkeersleidingscentra geen ernstklassen toepast.

MITRE heeft de problematiek van het parallel starten onder de loep genomen. De belangrijkste conclusie uit dit onderzoek was dat LVNL juist heeft gehandeld door de aanvankelijke procedure stop te zetten en verder te gaan met tijdelijke, passende beheersmaatregelen. Bij de geconstateerde afwijkingen hebben zich volgens MITRE bovendien geen situaties voorgedaan waarbij de veiligheid in het geding is geweest. Het rapport vermeldt daarnaast dat zich vergelijkbare problemen met parallel starten hebben voorgedaan in de Verenigde Staten. Bij het optreden daarvan zijn door de Amerikaanse autoriteiten vergelijkbare maatregelen getroffen. Desalniettemin blijkt de VEMER in dit geval een geavanceerde prognose van prestaties op veiligheid, efficiency en milieu. Voor de complexe en daarom tijdvergende problematiek van het parallel starten is verdere verfijning ervan opportuun. Een systematische aanpak is daarbij gewenst, en het VEM Raamwerk biedt hiervoor mogelijkheden.

Vanuit internationaal perspectief kan het Raamwerk worden gezien als instrument dat behoort tot de voorhoede. Het is een 'state of the art'-methodiek. Er zijn geen aanwijzingen dat de aanpak van LVNL ten koste is gegaan van hetzij de veiligheid dan wel de efficiency. De aanpak heeft het juist mogelijk gemaakt beter dan voorheen recht te doen aan de eisen van belanghebbende partijen in het spanningsveld van V, E en M met behoud van veiligheid en binnen de gegeven randvoorwaarden voor milieubelasting.

Ook uit de internationale discussie is gebleken dat LVNL met het Raamwerk beschikt over een goed instrument. LVNL komt met een 'state of the art'-methodiek dus positief naar voren in de internationale benchmark. Er lijkt echter nog wel winst te behalen op kennisuitwisseling over de methodieken die op andere luchthavens worden toegepast, zoals het in wetenschappelijke gremia gebruikelijk is nieuwe kennis en inzichten te toetsen en meerwaarde te ontleen aan technisch-inhoudelijke discussies met andere deskundigen uit het veld. Deze internationale 'knowledge sharing' lijkt echter deels in de weg gestaan te worden door concurrentie tussen luchthavens. Gegevens over bijvoorbeeld (verbetering van)



efficiency kunnen dienen als basis voor het versterken van de concurrentiepositie van internationale luchthavens. Met het oog op een Single European Sky is knowledge sharing echter zonder meer gewenst én opportuun.

## 6. Conclusies, aanbevelingen en slotoverweging

In opdracht van de Directie Luchtvaart van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft het Centrum voor Externe Veiligheid het VEM Raamwerk van LVNL aan een systeemtoets onderworpen. Daarbij werd gebruik gemaakt van eigen onderzoek en van een aantal recente onderzoeksrapporten die vanuit internationaal perspectief tegen het Raamwerk aankijken. Het Raamwerk maakt de discussie en besluitvorming in het spanningsveld van veiligheid, efficiency en milieu bij wijziging in het luchtverkeersleidingssysteem kwantitatief en op systematische wijze inzichtelijk. Voorheen werd deze afweging vooral gebaseerd op kwalitatieve redeneringen. De structurering en kwantificering van het Raamwerk draagt zo bij aan transparantie van de besluitvorming.

In vergelijking met andere werkvelden waarin risicomanagement een rol speelt, is de systematiek nog vrij jong. Er is ruimte en aanleiding voor verdere ontwikkeling naar een tweede generatie, waarbij sprake is van een evolutie en niet van een revolutie. De systeemtoets wijst hiervoor een aantal verbeterpunten uit:

1. In de systematiek wordt gebruik gemaakt van gestructureerde methoden om alle risicovolle aspecten van een operatie in kaart te brengen. Dit onderdeel kan versterkt worden, waarbij wordt verwezen naar soortgelijke methodieken die al in andere werkvelden worden toegepast. Voorbeelden hiervan zijn de HAZOP-methodiek in de industrie, DNV's SWIFT, Shell HEMP en de safety cases voor vervoer over het spoor.
2. De in het VEM Raamwerk toegepaste ongevalsfrequenties kunnen aan kwaliteit winnen door een stevigere kwantitatieve onderbouwing en verbeterde systematiek voor de schattingen van deskundigen (expert judgement).
3. Er wordt voor het Target Level of Safety maar één waarde gehanteerd die wordt toegepast op alle vluchtfasen. Dit heeft tot gevolg dat het TLS voor sommige vluchtfasen te ambitieus is en voor andere juist te ruim. Een differentiatie van het TLS over de desbetreffende vluchtfasen leidt tot een betere risicobenadering.
4. Momenteel wordt de ernst van een incident in de eindafweging niet in klassen met maximaal toegestane frequenties verdeeld. Dit is niet in overeenstemming met ESARR 4 en deze benadering wijkt bovendien af van andere Europese landen en de Verenigde Staten, die wel frequentie- en ernstklassen onderscheiden. Deze benadering zou ertoe kunnen leiden dat te sterk wordt gestuurd op de vermindering van kleine incidenten en naar verhouding te weinig op ernstigere incidenten.
5. Het zorgvuldig opstellen van een VEM Effect Rapportage vergt de nodige tijd. De systematiek is daardoor moeilijk in zijn volledigheid toe te passen in situaties die van tevoren niet zijn voorzien. Ook voor die situaties is een zorgvuldige en transparante afweging van veiligheid, efficiency en milieu noodzakelijk. Een verkorte procedure (VEM Effect Indicatie) zou hiervoor geëxpliciteerd moeten worden.
6. Het al dan niet voldoen aan de gestelde doelstellingen wordt gepresenteerd, maar er is geen inzicht in alternatieven voor veiligheid, efficiency en milieu en de toepasbaarheid daarvan. Het past in de opzet van het VEM Raamwerk om dergelijke

- afwegingsopties en alternatieven te presenteren. Het verdient aanbeveling het VEM Raamwerk op dit punt te completeren.
7. Er bestaat onvoldoende duidelijkheid over de doeltreffendheid van de leercyclus. In een omgeving met een hoog kennis- en ambitieniveau mag worden verwacht dat deze cyclus verder wordt ontwikkeld en optimaal wordt toegepast.
  8. Het VEM Raamwerk is nu nog een instrument dat binnen LVNL is ontwikkeld en door LVNL wordt toegepast. Voor de functionaliteit en kwaliteit is vereist dat de systematiek en het gebruik daarvan (procedures) door alle sectorpartijen technisch-inhoudelijk worden onderschreven.

Internationaal gezien behoort de systematiek voor de afweging van veiligheid, efficiency en milieu tot de voorhoede. Er zijn geen aanwijzingen dat de veiligheid bij de toegepaste systematiek in het geding is geweest. Integendeel, de systematiek heeft het juist mogelijk gemaakt recht te doen aan de eisen van belanghebbenden in het spanningsveld van V, E en M. Wel past het in de lijn van de ontwikkeling van de systematiek meerwaarde te ontlenen aan internationale kennisuitwisseling en toetsing, zoals ook gebruikelijk is in andere in ontwikkeling zijnde kennisvelden.

De opzet van deze beoordeling is om het VEM Raamwerk als methode te toetsen. Een grondige beoordeling van het veiligheidsmanagement vereist een veel diepgaander onderzoek en valt buiten deze scope. Per saldo kan gesteld worden dat met het VEM Raamwerk in enkele jaren tijd een grote vooruitgang is geboekt ten opzichte van de kwalitatieve benadering die voorheen gebruikt werd. In dit onderzoek zijn diverse punten genoemd waarop verbeteringen mogelijk en gewenst zijn.

Gezien de context van veiligheidsmanagement op andere terreinen (industrie, transport) zijn dit normale verbeter- en ontwikkelpunten. Op dit moment kan niet beoordeeld worden of het implementeren daarvan leidt tot grotere veiligheid. Onze inschatting is dat dit niet zozeer leidt tot grote veiligheid, maar wel tot een scherpere afweging met mogelijke winst op efficiency en milieu. In het perspectief van verdere ontwikkeling van de luchthaven achten wij verbetering van de systematiek daarom urgent.

## Literatuur

1. Barrett, A., Formosa, J.J., Herndon, A.A., Lebron, J.E., Lisker, B., Massimini, S.V., Shahidi, H., Tennile, G.F., and Wallace, K.G. Simultaneous Standard Instrument Departures at Amsterdam Schiphol Airport, An Analysis of the Initial Operational Startup. Virginia, USA: MITRE; 2005.
2. Van den Bos, J.C. and Daams, J. Safety, Efficiency, Environment Framework. Version 0.3. Air Traffic Control the Netherlands; 2004.
3. Baksteen, J. Intern vertrouwelijk verslag van gesprek met H.H. de Jong, NLR. Projectdossier M/620003/03/AA: 2005.
4. Roelen, A.L.C., Cooke, R.M., and Goossens, L.H.J. An assessment of the validity of expert judgement techniques and their application at Air Traffic Control the Netherlands. National Aerospace Laboratory NLR; 2004.
5. Van den Bos, J.C., Vermeij, J., and Daams, J. LVNL Safety Criteria. Version 1.0. Air Traffic Control the Netherlands; 2003.
6. Safety Regulation Commission. EUROCONTROL Safety Regulatory Requirement - ESARR 4, Risk Assessment and Mitigation in ATM. Version 1.0. EUROCONTROL; 2001.
7. Safety Regulation Commission. SRC Document 33: Assessment of the 'LVNL Safety Criteria' as a means of compliance with ESARR 4. Version 1.0. EUROCONTROL; 2004.
8. Luchtverkeersleiding Nederland. Het 'Trilemma' Parallel Starten. Schiphol-Oost: Luchtverkeersleiding Nederland; 2004.
9. De Jong, H.H. Het vernieuwde VEMEI; Checklists en toelichting (concept). Version 0.8. Air Traffic Control the Netherlands; 2004.
10. Veiligheidsadviescommissie Schiphol (VACS). Concept-eindrapport Veiligheidsonderzoek 2005. Arnhem: 2005.

## **Bijlage 1: Onderliggende documentatie, interviews en bijeenkomsten**

### VEM Effect Rapportages:

- VEM Effect Report Adjusted Parallel Departure Operations. Volume I: Main document. D/R&D 04/033-I, version 2.0.
- VEM Effect Report Adjusted Parallel Departure Operations. Volume II: Detailed safety analysis. Version 2.0, D/R&D/ 04/033-II, 24 November 2004.
- VEM Effect Report Dependent Operation of the Southern Taxiway and Runway 18C/36C. Version 1.0, 20 October 2003, D/R&D 03/072.
- VEM Effect Report Landing Operations outside UDP. Volume I: Main document. D/PM 00/005, Final version 1.0, 8 June 2001.
- VEM Effect Report Landing Operations outside UDP. Volume I: Main document. D/PM 00/005, version 2.0, 17 July 2002.
- VEM Effect Report Crossing Operations Runway 18C/36C, Originally envisaged infrastructure. Version 1.0, 14 February 2003, D/R&D/D 02/006.

### Interviews met:

- LVNL: P. Riemens, E. Hofstee, J. Daams
- IVW: R.J. Putters, mw. S.M. van Hijum, J.H. Wilbrink
- K+V: mw. M.R. Poolman
- TU Delft, Faculteit Techniek, Bestuur en Management, sectie Veiligheidskunde: L.H.J. Goossens

### Bijeenkomsten:

- Virtuele Versnellingskamer (VVK) gehouden op 20 mei 2005.  
Deelnemers:  
C. Ramsay, Cogna Risk Management and Opportunity Development, Aberdeen, UK  
J. Penny, Civil Aviation Authority Safety Regulation Group, Gatwick Airport South, UK  
M. McFayen, Federal Aviation Administration, USA  
J. Schanne, Federal Aviation Administration, USA  
C.M. van Luijk, RIVM/Centrum voor Externe Veiligheid  
M. van der Plas, RIVM/Centrum voor Externe Veiligheid
- Brede discussie met sectorpartijen gehouden op 23 mei 2005.  
Deelnemers:  
Twynstra Gudde: J.A. ter Avest, F. le Clerq (voorzitter), J. Groenendijk  
LVNL: E. Hofstee, P. Riemens  
Schiphol Group: M. van der Meer  
KLM: T.A.J. van de Ven  
IVW: J.H. Wilbrink  
Ministerie van V&W/DGTL: J. Swager

RIVM/Centrum voor Externe Veiligheid: C.M. van Luijk, M. van der Plas

Verslagen van de interviews en bijeenkomsten zijn op verzoek beschikbaar.