

Document 19



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-MEMORANDUM AOSI-2017-014 | Definitieve versie

Selectie groei-relevante ongevalscategorieën

AFDELING: Air Transport Safety Instituut

AUTEUR(S):

Verstraeten, J.G.; Geest, P.J. van der; Es, G.W.H. van; Klein Obbink, B.; Balk, A.;
Giesberts, M.

NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Niets uit dit document mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het NLR.

NLR DIVISIE	Aerospace Operaties
ORDER/CODENUMMER	1157113.1
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:													
AUTEUR							REVIEWER						
Verstraeten, J.G.; Geest, P.J. van der; Es, G.W.H. van; Klein Obbink, B.; Balk, A.; Giesberts, M.							H. Smit						
DATUM	1	0	0	8	1	7	DATUM	0	4	0	7	1	7

Distributie:

Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Samenvatting

Om het effect op veiligheid van een groei in vliegbewegingen op Schiphol te bepalen moet er een brede en gestructureerde veiligheidsanalyse plaatsvinden. Een analyse op basis van ICAO-ongevalsecategorien biedt deze structuur. Het doel van deze studie is het identificeren van relevante ongevalsecategorien. Voor een relevante ongevalsecategorie geldt dat de ongevals-kans per beweging wordt beïnvloed door de groei van Schiphol. Tabel 1 geeft een overzicht van de resultaten. Relevante categorien zijn de categorien met effect. De mate van effect is echter nog niet bekend, maar zou na verdere studie ook niet significant kunnen zijn. Voor de categorien met mogelijk effect geldt dat additionele analyse relevantie moet uitwijzen. De andere categorien zijn niet relevant, groei in vliegverkeer heeft geen effect op de ongevals-kans per beweging.

Tabel 1: groei-effect per ongevalsecategorie

ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)	Mogelijk effect
ABRUPT MANEUVER (AMAN)	Effect
AERODROME (ADRM)	Mogelijk effect
AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)	Effect
ATM/CNS (ATM)	Effect
BIRD (BIRD)	Geen effect
CABIN SAFETY EVENTS (CABIN)	Geen effect
COLLISION WITH OBSTACLE(S) DURING TAKEOFF AND LANDING (CTOL)	Geen effect
CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)	Mogelijk effect
EVACUATION (EVAC)	Geen effect
EXTERNAL LOAD RELATED OCCURRENCES (EXTL)	Niet van toepassing
FIRE/SMOKE (NON-IMPACT) (F-NI)	Geen effect
FIRE/SMOKE (POST-IMPACT) (F-POST)	Geen effect
FUEL RELATED (FUEL)	Effect
GLIDER TOWING RELATED EVENTS (GTOW)	Niet van toepassing
GROUND COLLISION (GCOL)	Effect
GROUND HANDLING (RAMP)	Effect
ICING (ICE)	Geen effect.
LOSS OF CONTROL-GROUND (LOC-G)	Effect
LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)	Mogelijk effect
LOSS OF LIFTING CONDITIONS EN ROUTE (LOLI)	Niet van toepassing
LOW ALTITUDE OPERATIONS (LALT)	Niet van toepassing
MEDICAL (MED)	Niet van toepassing
NAVIGATION ERRORS (NAV)	Effect
OTHER (OTHR)	Niet van toepassing
RUNWAY EXCURSION (RE)	Effect
RUNWAY INCURSION (RI)	Effect
SECURITY RELATED (SEC)	Niet van toepassing
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT) (SCF-NP)	Geen effect
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)	Mogelijk effect
TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)	Effect
UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)	Geen effect
UNINTENDED FLIGHT IN IMC (UIMC)	Niet van toepassing
UNKNOWN OR UNDETERMINED (UNK)	Niet van toepassing
WILDLIFE (WILD)	Geen effect
WIND SHEAR OR THUNDERSTORM (WSTRW)	Geen effect

Inhoudsopgave

1	Introductie	6
1.1	Achtergrond van de studie	6
1.2	Doel van de studie	6
1.3	Leeswijzer	7
2	Uitgangspunten, aanpak en afbakening	8
2.1	Uitgangspunten en aannames	8
2.2	Aanpak van de studie	8
2.3	Operationeel concept Schiphol	9
2.4	Afbakening begrip veiligheid	12
3	Resultaten van selectie ongevals categorieën	13
3.1	Resultaten van alle ongevalscategorieën	13
3.2	Onderbouwing per ongevalscategorie	14
3.3	Abnormal Runway Contact (ARC)	19
3.3.1	Achtergronden	19
3.3.2	Invloed verkeersgroei op ARCs	22
3.3.3	Conclusie	24
3.4	Aerodrome (ADRM)	25
3.4.1	Achtergronden	25
3.4.2	Invloed verkeersgroei op de ADRM ongevalskans	25
3.4.3	Conclusie	27
3.5	Bird (BIRD)	27
3.5.1	Achtergronden	27
3.5.2	Invloed groei op kans vogelaanvaring Schiphol	30
3.5.3	Conclusie	31
3.6	Controlled flight into or toward terrain (CFIT)	31
3.6.1	Achtergronden	32
3.6.2	Invloed verkeersgroei op CFITs	33
3.6.3	Conclusie	33
3.7	Fuel related (FUEL)	33
3.7.1	Achtergronden	34
3.7.2	Invloed van groei op brandstofgerelateerde ongevallen	35
3.7.3	Conclusie	36
3.8	Ground handling (RAMP)	36
3.8.1	Achtergronden	36
3.8.2	Invloed van groei op ground handling ongevallen	36
3.8.3	Conclusies	40
3.9	Loss of control - inflight (LOC-I)	40
3.9.1	Achtergronden	40
3.9.2	Invloed verkeersgroei op LOC-I ongevalskans	42
3.9.3	Conclusie	43



3.10 Navigation errors (NAV)	44
3.10.1 Achtergronden	44
3.10.2 Invloed verkeersgroei op NAV	44
3.10.3 Invloed verkeersgroei op ILS-navigatie	45
3.10.4 Invloed verkeersgroei op beperkte naleving van klaringen en instructies	47
3.10.5 Conclusie	47
3.11 Turbulence encounter (TURB)	48
3.11.1 Achtergronden	48
3.11.2 Invloed verkeersgroei op TURB	49
3.11.3 Conclusie	50
3.12 Undershoot/overshoot (USOS)	50
3.12.1 Achtergronden	50
3.12.2 Invloed verkeersgroei op USOS	51
3.12.3 Conclusie	52
4 Conclusies	53
5 Referenties	54

(55 pagina's totaal)

1 Introductie

1.1 Achtergrond van de studie

Op 6 april 2017 bracht de Onderzoeksraad voor de Veiligheid (OVV) het rapport uit over de veiligheid van het vliegverkeer op de luchthaven Schiphol [OVV (2017)]. Daarin worden onder andere de volgende belangrijke aanbevelingen gedaan: *(7c) bij cruciale besluiten over (de groei van) Schiphol de gevolgen voor veiligheid in de volle breedte te beoordelen*, aan het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) en *(3) Onderzoek vooraf en integraal wat de effecten van groei van het vliegverkeer zijn op de veiligheid (...)*, aan de Schiphol Group en LVNL. Om het effect op veiligheid van een groei in vliegbewegingen te bepalen moet er een brede en gestructureerde veiligheidsanalyse plaatsvinden. Een analyse op basis van ICAO-ongevalscategorieën¹ biedt deze structuur. Per ongevalscategorie wordt geïdentificeerd welke factoren bepalend zijn voor het ongevalsrisico. Voor elk van deze factoren zal worden beoordeeld of de factor, binnen het operationele concept van Schiphol, wordt beïnvloed door groei in het vliegverkeer. Op deze manier worden relevante ongevalscategorieën bepaald. Voor een relevante ongevalscategorie geldt dat de ongevalskans per beweging wordt beïnvloed door de groei van Schiphol.

De in dit memorandum gedocumenteerde resultaten van de studie zijn nodig voor het verkrijgen van inzicht in de integrale veiligheid van Schiphol bij een beperkte toename van het verkeersvolume, van 500.000 tot circa 550.000 bewegingen.

1.2 Doel van de studie

Doel van de studie is het bepalen welke van de gedefinieerde ICAO-ongevalscategorieën als relevant kunnen worden aangemerkt. Hiervoor worden de ongevalscategorieën op basis van expertopinie en beschikbare data onderverdeeld in vier groepen:

Effect. De groei van vliegverkeer heeft naar verwachting een duidelijke invloed op de ongevalskans per vliegbeweging in deze categorie. Nadere studie zou echter kunnen uitwijzen dat, in de specifieke omstandigheden op Schiphol, dat het effect niet significant blijkt te zijn.

Mogelijk effect. Het is op basis van expertopinie en beschikbare data nog niet met zekerheid te zeggen of groei effect heeft op de ongevalskans per beweging. Om dit vast te stellen is additionele data en input van de sector nodig.

Geen effect. De groei van vliegverkeer heeft geen invloed op de ongevalskans per vliegbeweging in deze categorie.

Niet van toepassing. De ongevalscategorie is niet van toepassing omdat de categorie niet relevant is voor commerciële luchtvaart, omdat de categorie niet relevant is voor vliegveiligheid of omdat het een restcategorie betreft.

¹ Een door de CICTT (CAST/ICAO Common Taxonomy Team) opgestelde lijst van goed gedefinieerde vliegtuigongevalscategorieën die wereldwijd de standaard, zie [ICAO, 2011]

1.3 Leeswijzer

Dit memorandum bestaat inclusief deze introductie uit vier hoofdstukken. In het tweede hoofdstuk worden uitgangspunten, aanpak en afbakening van de studie beschreven. In hoofdstuk 3 worden de resultaten per ongevalscategorie gegeven en beargumenteerd. Het laatste hoofdstuk bevat de conclusies.

2 Uitgangspunten, aanpak en afbakening

2.1 Uitgangspunten en aannames

De volgende uitgangspunten worden gehanteerd in de studie:

- De beoordeling is voor het huidige operationele concept van Schiphol. De studie omvat de volledige operatie vanaf binnenvliegen van de Schiphol *terminal manoeuvring area* (TMA) tot aan parkeren aan de gate en vertrek vanaf de gate tot en met het uitvliegen van de TMA. Het operationele concept is in het kort verder beschreven in sectie 2.3.
- De studie betreft een relatief kleine toename van het verkeersvolume (<10%) bovenop 500.000 vliegbewegingen.
- De studie betreft commerciële operaties met *fixed wing* vliegtuigen.
- De aanpak is integraal, dat wil zeggen dat veiligheid in de volle breedte beschouwd wordt (dus niet alleen een beperkt aantal knelpunten).
- De studie richt zich op de verwachte ontwikkeling in ongevalskans per beweging om de integrale veiligheid te duiden. De afbakening van het begrip veiligheid wordt beschreven in sectie 2.4.
- Uit het OVV-rapport blijkt dat er geen signalen zijn dat tot 500.000 vliegbewegingen de situatie als onveilig moet worden beschouwd.

De volgende aannames worden gedaan in de studie :

- Er wordt aangenomen dat er verhoudingsgewijs niet meer operaties uitgevoerd worden door luchtvaartmaatschappijen met een beneden-gemiddeld veiligheidsniveau.
- Er wordt aangenomen dat er verhoudingsgewijs niet significant meer vrachtverkeer komt.
- Er wordt aangenomen dat de groei in vliegverkeer tenminste gelijkmatig verdeeld is over het huidige verkeer of dat deze wordt verwezenlijkt door vliegtuigen in de klasse B737/A320 of kleiner.
- Er wordt aangenomen dat de groei in vliegverkeer gelijkmatig verdeeld is over de jaargetijden.
- Er wordt aangenomen dat het operationeel concept van Schiphol niet significant gewijzigd wordt om de groei mogelijk te maken.
- Er wordt aangenomen dat de piek capaciteit van Schiphol niet toeneemt, maar dat groei verwezenlijkt kan worden door het vullen van dal-periodes.

2.2 Aanpak van de studie

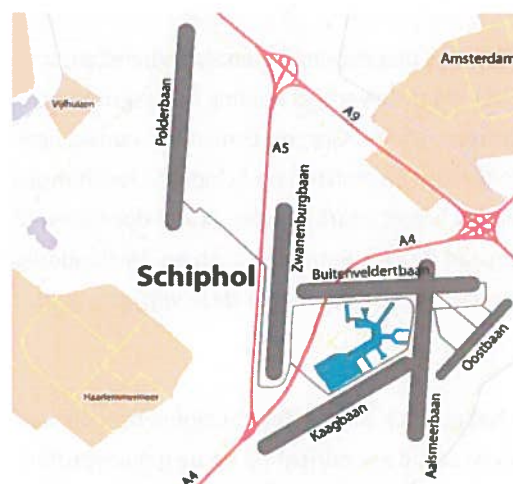
De studie richt zich op het in kaart brengen in welke ongevalscategorieën de effecten van groei zouden kunnen doorwerken op de veiligheid van Schiphol. De selectie van relevante ongevalscategorieën is in twee stappen uitgevoerd. Een eerste ruwe selectie is gemaakt op basis van expertopinie. Doel van deze selectie is te achterhalen voor welke ongevalscategorieën er met hoge waarschijnlijkheid wel of geen effect is van groei in vliegverkeer op de ongevalskans per beweging, en voor welke ongevalscategorieën dit op voorhand niet met zekerheid valt te zeggen. In de tweede stap worden deze laatste categorieën uitgebreider beschouwd met als doel om met enige zekerheid vast te stellen of er wel of geen effect is. Dit wordt gedaan op basis van expertopinie, relevante onderzoeken en beschikbare data. Indien het op basis hiervan nog steeds niet mogelijk is om goed onderbouwd aan te geven of er wel of geen

effect is, wordt er vastgesteld welke data of expertkennis uit de sector nodig is om het effect wel te kunnen vaststellen. Alle argumenten en aannames van de afwegingen worden gedocumenteerd.

2.3 Operationeel concept Schiphol

Schiphol is verreweg de grootste luchthaven van Nederland en één van de belangrijkste internationale luchthavens in Europa. In 2016 bediende de luchthaven 63,5 miljoen passagiers, 1,7 miljoen ton luchtvracht, 479.000 vliegbewegingen naar 322 bestemmingen door 85 luchtvaartmaatschappijen. Hiermee hoort Schiphol tot de grootste luchthavens van Europa. Verreweg het grootste deel van het luchtverkeer is commercieel (Commercial Air Transport), uitgevoerd door vastvleugelige, meermotorige vliegtuigen (fixed wing) in wake vortex categorieën medium (meer dan 7000 kg) en heavy (meer dan 130.000 kg).

Schiphol heeft zes banen, waarvan er drie parallel in noord-zuid richting liggen, zie Figuur 1. Met uitzondering van de Polderbaan –niet naar het zuiden– en de Aalsmeerbaan –niet naar het noorden– kan elke baan in beide richtingen gebruikt worden, voor zowel landen als starten. Dit banenstelsel geldt als complex; alleen Chicago O'Hare en Dallas Fort Worth hebben meer banen. De banen zijn allemaal geasfalteerd, 45m breed –met uitzondering van de Polderbaan, die is 60m breed– en 3300m lang of langer –met uitzondering van de Oostbaan, die is ruim 2000m. De taxibanen zijn voldoende ruim bemeten opdat ook een A380 kan manoeuvreren en zo aangelegd dat het taxiënd verkeer in nominale omstandigheden goed kan worden afgehandeld, met enkele hot spots (zie [AIP (2017)], Aerodrome ground movement chart).



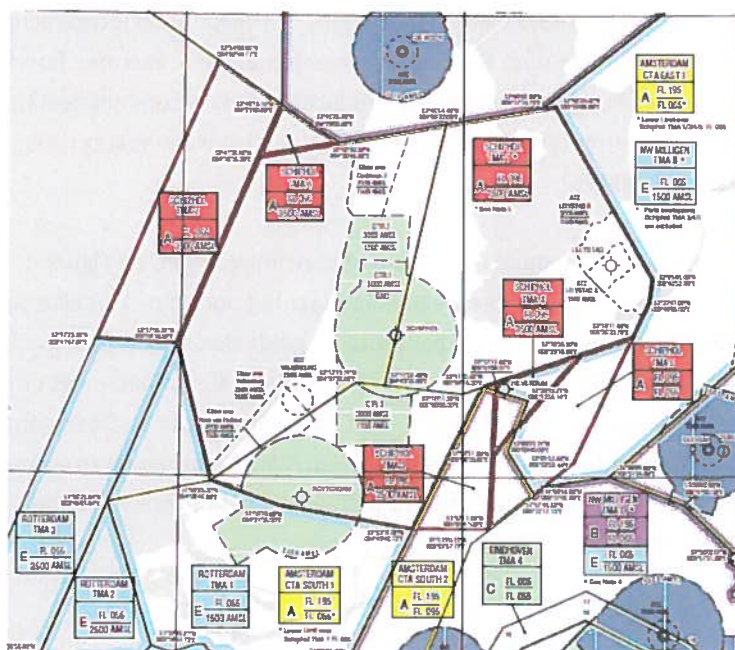
Figuur 1: Banenstelsel Schiphol

De benodigde faciliteiten zijn aanwezig en voldoen aan de internationale en normen. Dit geldt zowel voor de brandweer en nooddiensten, de navigatiemiddelen², de meteorologische diensten, de taxibanen, de baanverlichting,

² Voldoende VOR/DMEs voor conventionele navigatie en zeven landingsbanen met een Instrument Landing System (ILS).

de brandstofvoorzieningen, de de-icing, enzovoort. De meeste passagiersvliegtuigen worden aan een gate geparkeerd en anders op een opstelplaats op een platform.

Het luchtruim in de directe nabijheid van de luchthaven is een CTR tot 3000ft hoogte (zie kaart hieronder) van klasse C³. Daarbuiten liggen de Schiphol TMAs (zie opnieuw kaart hieronder) van klasse A⁴ tot FL 95. Het luchtruim aan de westzijde van Schiphol zal op afzienbare termijn worden aangepast om de groei van de luchthaven Lelystad te accommoderen maar op een wijze die het Schipholverkeer nauwelijks zal hinderen.



Figuur 2: Luchtruimindeling rond Schiphol

De luchtverkeersleiding, en in het bijzonder de genoemde separatiediensten, wordt verzorgd door de Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL). Voor de verkeersleiding op de grond en in de buurt van de luchthaven wordt gebruik gemaakt van twee verkeerstorens, waarin Ground controller, Runway controllers en assistenten het verkeer afhandelen. De Approach-verkeersleiders en de assisten op Schiphol-Oost handelen het verkeer in de TMAs af. Zowel de toren- als de approachverkeersleiding wordt daarbij ondersteund door allerlei surveillance-, communicatie- en informatievoorzieningen, die voldoen aan de internationale normen. Het onderliggende systeem, AAA, wordt op afzienbare termijn vervangen door een nieuw systeem maar deze wijziging geldt hier niet als een verandering van het operationeel concept.

De luchtverkeersleiding beslist over het gebruik van de door Schiphol beschikbaar gestelde banen op grond van een aantal criteria, waaronder de verkeersvraag, de windrichting en de geluidspreferentie. De verkeersvraag wisselt gedurende de dag, met regelmatige inbound en outbound peaks. In een *inbound* piek wordt gekozen voor het gebruik van twee geschikte landingsbanen en één startbaan en in een *outbound* piek andersom. Buiten de pieken wordt doorgaans maar één start- en één landingsbaan gebruikt. In geval van baanwisselingen of extreme drukte wordt er tijdelijk gebruik gemaakt worden van twee startbanen en twee landingsbanen. Deze wijzen van opereren worden aangeduid termen als 2+1-, 1+2- of 2+2-baangebruik. Een belangrijk aspect van het huidige concept is dat er duidelijk vastgelegde restricties gelden voor het 2+2-baangebruik (maximaal 40 bewegingen per dag).

³ Klasse C wil in essentie zeggen dat IFR en VFR-verkeer is toegestaan en dat er separatiediensten worden geleverd aan het IFR-verkeer.

⁴ Klasse A wil in essentie zeggen dat alleen IFR-verkeer is toegestaan en dat er separatiediensten worden geleverd aan dit verkeer.

De verschillende geometrieën van de verschillende baancombinaties maken dat er verschillende soorten operaties worden uitgevoerd, waaronder: parallel naderen, parallel starten, convergerend naderen en starten, convergerende naderen en mixed mode, waarin een baan voor zowel landen als starten wordt gebruikt. Dergelijke operaties hebben specifieke risico's die door procedures en veiligheidssystemen als RIAS (alarmeert bij runway incursions) en Guards (alarmeert bij een doorstart) worden gemitigeerd.

De capaciteit van Schiphol hangt dus samen met de in gebruik zijnde baancombinatie en de zichtomstandigheden. In goed zicht is de capaciteit van een landingsbaan typisch 38 vliegtuigen per uur en van een vertrekbaan typisch 40 vliegtuigen per uur. Dit hangt samen met de minimale afstanden tussen naderingen en de minimale tijdintervallen tussen vertrekken, die nodig zijn om het risico van botsingen en ongevallen door zogturbulentie van andere vliegtuigen te vermijden. LVNL gaat daarbij uit van de huidige, standaard ICAO-normen. In minder zicht gelden er allerlei andere beperkingen en kan de capaciteit teruglopen tot minder dan de helft. Schiphol is een gereguleerde luchthaven, hetgeen wil zeggen dat de LVNL in samenwerking met de centrale Network Manager in Brussel – die weer in contact staat met andere grote velden – het tijdsverloop van de verkeersvolumes monitort op basis van vliegplannen, vergelijkt met de afhandelcapaciteit en eventueel bijstuurt door bijvoorbeeld vertrektijden aan te passen.

Naderen op Schiphol kan op verschillende manieren. De meest voorkomende manier verloopt als volgt. Een vlucht komt aan op één van de drie zogeheten IAFs (Initial Approach Fixes), te weten RIVER, SUGOL OF ARTIP, typisch op een hoogte in de band tussen FL70 en FL100. De Approach-verkeersleiders vectoreren het vliegtuig naar de eindnadering van de eerder gekozen landingsbaan, dat wil zeggen: zij geven koers-, hoogte- en snelheidsinstructies waardoor het verkeer snel, efficiënt en veilig wordt afgehandeld. Zij combineren de verschillende stromen tot één stroom per landingsbaan en zorgen er voor dat de vliegtuigen op juist voldoende afstand en met een geschikt snelheidsprofiel achter elkaar vliegen. De eindnadering is vaak een ILS-nadering, waarbij het vliegtuig vanaf een hoogte van 2000ft tot 4000ft in een rechte lijn, onder een constante hoek van 3° zelfstandig naar de baan navigeert. De verkeersleider in de toren geeft op tijd de landingsklaring, alleen wanneer de baan vrij is. Voorbeelden van uitzonderingen van deze wijze van naderen zijn: vluchten van Rotterdam naar Schiphol, vliegers die een visuele nadering verkiezen en de vluchten in de nacht die een voorgeschreven pad volgen (de zogeheten night transitions).

De meest voorkomende manier van vertrekken verloopt als volgt. De vliegers krijgen nog voor het taxiën te horen vanaf welke baan en volgens welke SID er vertrokken wordt. Deze wordt ingevoerd in het Flight Management System, zodat de initiële klim vanaf lage hoogte tot ongeveer FL60 later automatisch kan worden uitgevoerd, volgens het voorgeschreven pad, met eventuele hoogte- snelheidsbeperkingen. Het taxiën van de gate of het platform tot aan de baan gebeurt onder verantwoordelijkheid van de ground controller. Het moment van opstellen op de baan en het moment van take-off worden bepaald door de verkeersleider in de toren. Vlak na de take-off wordt het vliegtuig overgedragen naar de Approach-verkeersleiders, die na verloop van tijd instructies geven zodat de vlucht in de hogere luchtlagen kan aansluiten op het en route-verkeer. De paden en hoogtes van de SIDs zijn zo ontworpen dat ze in eerste instantie vrij zijn van elkaar en vrij zijn van het naderend verkeer.

Schiphol is een zogenaamde hub, hetgeen wil zeggen dat het een centraal punt vormt in het *hub en spoke*-netwerk van luchthavens. Een kleine 40% van de passagiers op Schiphol zijn transferpassagiers. Dit hangt samen met de KLM-operatie, die met ongeveer de helft van de passagiers de belangrijkste operator op Schiphol is. Schiphol kent daarmee een afhandelsysteem met pieken waarbij de aankomst- en vertrektijden op elkaar afgestemd zijn om de

overstapmogelijkheden te optimaliseren. Veel processen, waaronder die van de luchtverkeersleiding zijn dan ook ingericht op een hoge en robuuste capaciteit en een hoge punctualiteit.

2.4 Afbakening begrip veiligheid

De resultaten van deze studie zijn nodig voor het verkrijgen van inzicht in de integrale veiligheid van Schiphol bij een relatief kleine toename van het verkeersvolume. In dit verband wordt de term “integraal” beschouwd als “alles omvattend”. Dit betekent dat alle mogelijke oorzaken van onveiligheid worden meegenomen, en dat bijvoorbeeld niet alleen verkeersleidingsaspecten beschouwd worden. Dit betekent ook dat veiligheid niet op basis van een geïsoleerd gezichtspunt vanuit één van de sectorpartijen wordt beschouwd, maar juist vanuit een integraal (alles omvattend) perspectief. Hierbij zal dus nadrukkelijk aandacht moeten zijn voor interacties en interfaces tussen de sectorpartijen. De totale (integrale) veiligheid is daarbij niet gelijk aan de som van de delen, zoals dat vanuit het perspectief van de individuele partijen naar voren kan komen. Soms kunnen activiteiten of initiatieven vanuit het gezichtspunt van een individuele partij gunstig lijken voor de veiligheid, maar in het bredere perspectief ongunstig uitwerken. Dit wordt ondervangen door aandacht te besteden aan de interfaces tussen de sectorpartijen. Belangrijke aspecten zijn hierbij hoe de partijen onderling communiceren over veiligheidsonderwerpen en –initiatieven, en hoe de onderlinge veiligheidsgegevens worden uitgewisseld en verwerkt. Dit is het domein van het zogenaamde integraal veiligheidsmanagement. In het OVV-rapport zijn ten aanzien van het huidige integraal veiligheidsmanagement op Schiphol enkele kritische kanttekeningen geplaatst.

Uit het OVV-rapport blijkt echter ook dat er geen signalen zijn dat de huidige situatie als onveilig moet worden beschouwd. Met andere woorden de huidige ongevalskans per vliegbeweging wordt acceptabel of veilig bevonden. De vraag is of bij een beperkte groei in vliegverkeer dit niveau van veiligheid kan worden behouden. Daarom wordt gekeken naar het effect van groei op de ongevalskans per beweging. Om hetzelfde niveau van veiligheid te behouden moeten deze effecten worden gemitigeerd, zodat de ongevalskans per beweging gelijk blijft. Bij een gelijke kans per beweging en een groei van vliegbewegingen zal het aantal voorvallen toenemen. Dit effect moet ook gemitigeerd worden.

Er wordt gekeken naar ongevalskans. Minder ernstige incidenten worden niet beschouwd. Een ongeval is een voorval waarbij een persoon fataal of ernstig letsel oploopt of waarbij het vliegtuig significante schade oploopt. Een volledige definitie van een ongeval wordt gegeven in ICAO Annex 13 [ICAO (2001)]. Over het algemeen verschillen ongevallen en incidenten alleen in de mate van letsel of schade. Voor sommige categorieën is het echter mogelijk dat groei effect heeft op de incidentkans en niet op de ongevalskans. Deze effecten worden niet beschouwd.

Als laatste dient opgemerkt te worden dat er gekeken wordt naar vliegveiligheid. Dat wil zeggen dat er gekeken wordt naar voorvallen terug te leiden tot de operatie van een vliegtuig tussen de tijd dat een persoon aan boord gaat met de intentie te gaan vliegen tot de tijd dat iedereen van boord is. Er wordt dus niet gekeken naar Arbo-gerelateerde ongevallen gedurende onderhoud of afhandeling met niemand aan boord. Er wordt ook niet gekeken naar voorvallen veroorzaakt door onwettelijke handelingen.

3 Resultaten van selectie ongevalscategorieën

3.1 Resultaten van alle ongevalscategorieën

Het CAST-ICAO Common Taxonomy Team heeft een lijst van voorvalcategorieën opgesteld, die gebruikt kan worden voor het classificeren van voorvallen (ongevallen en incidenten) op een hoog niveau. Hiermee is het mogelijk om gegevensanalyses ten behoeve van veiligheidsinitiatieven uit te voeren. Dit maakt de lijst ook bij uitstek geschikt om een brede analyse te maken van effecten van groei. In totaal zijn er 36 verschillende categorieën gedefinieerd, die het hele spectrum van voorvallen afdekken. Hierbij moet wel rekening gehouden worden dat sommige categorieën overlap kunnen vertonen. Bijvoorbeeld een lange landing, valt onder Abnormal Runway Contact (ARC), maar kan ook leiden tot een runway overshoot (USOS). Ook kunnen sommige factoren een rol spelen bij meerdere voorvalcategorieën. Bijvoorbeeld een onstabiele nadering, kan bijdragen aan een Loss-of-Control In-flight (LOC-I) voorval, maar even goed aan een harde landing (ARC) of een undershoot (USOS).

Na de eerste ruwe indeling zijn 9 categorieën geïdentificeerd waar geen effect van groei op het voorval wordt voorzien, en eveneens 9 categorieën, die niet van toepassing zijn voor de operaties op Schiphol (zoals bijvoorbeeld "Glider Towing Related Events (GTOW)". Dit betekent, dat er 18 categorieën overblijven met een zeker of mogelijk effect van groei. Van deze 18 categorieën zijn er 7 aangemerkt dat er zeker een effect zal zijn van groei. Dat betekent dat er nog 11 categorieën zijn waar het op voorhand niet duidelijk is of er al dan niet een effect zou kunnen zijn.

Dit zijn de categorieën:

- ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)
- AERODROME (ADRM)
- BIRD (BIRD)
- CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)
- FUEL RELATED (FUEL)
- GROUND HANDLING (RAMP)
- LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)
- NAVIGATION ERRORS (NAV)
- SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)
- TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)
- UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)

Deze categorieën zijn aan een nadere analyse onderworpen, zie sectie 3.3 tot en met 3.12. Uit deze analyse komt naar voren dat voor twee categorieën geldt dat geen effect van groei op de veiligheid wordt voorzien (BIRD en USOS). Voor de andere categorieën wordt geconcludeerd dat er een effect of mogelijk effect wordt voorzien.

Tabel 2 geeft een overzicht van de uiteindelijke resultaten. In sectie 3.2 wordt een korte onderbouwing voor alle resultaten gegeven. Zoals aangegeven is er een uitgebreidere onderbouwing gegeven (Sectie 3.3 t/m 3.12) voor de categorieën waarvoor na de eerste stap niet direct viel te zeggen of er wel of geen effect is van groei in vliegverkeer op de ongevalskans per beweging.

Tabel 2: groei-effect per ongevalscategorie

ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)	Mogelijk effect
ABRUPT MANEUVER (AMAN)	Effect
AERODROME (ADRM)	Mogelijk effect
AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)	Effect
ATM/CNS (ATM)	Effect
BIRD (BIRD)	Geen effect
CABIN SAFETY EVENTS (CABIN)	Geen effect
COLLISION WITH OBSTACLE(S) DURING TAKEOFF AND LANDING (CTOL)	Geen effect
CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)	Mogelijk effect
EVACUATION (EVAC)	Geen effect
EXTERNAL LOAD RELATED OCCURRENCES (EXTL)	Niet van toepassing
FIRE/SMOKE (NON-IMPACT) (F-NI)	Geen effect
FIRE/SMOKE (POST-IMPACT) (F-POST)	Geen effect
FUEL RELATED (FUEL)	Effect
GLIDER TOWING RELATED EVENTS (GTOW)	Niet van toepassing
GROUND COLLISION (GCOL)	Effect
GROUND HANDLING (RAMP)	Effect
ICING (ICE)	Geen effect.
LOSS OF CONTROL-GROUND (LOC-G)	Effect
LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)	Mogelijk effect
LOSS OF LIFTING CONDITIONS EN ROUTE (LOLI)	Niet van toepassing
LOW ALTITUDE OPERATIONS (LALT)	Niet van toepassing
MEDICAL (MED)	Niet van toepassing
NAVIGATION ERRORS (NAV)	Effect
OTHER (OTHR)	Niet van toepassing
RUNWAY EXCURSION (RE)	Effect
RUNWAY INCURSION (RI)	Effect
SECURITY RELATED (SEC)	Niet van toepassing
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT) (SCF-NP)	Geen effect
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)	Mogelijk effect
TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)	Effect
UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)	Geen effect
UNINTENDED FLIGHT IN IMC (UIMC)	Niet van toepassing
UNKNOWN OR UNDETERMINED (UNK)	Niet van toepassing
WILDLIFE (WILD)	Geen effect
WIND SHEAR OR THUNDERSTORM (WSTRW)	Geen effect

3.2 Onderbouwing per ongevalscategorie

ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)

Resultaat: mogelijk effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.3.

ABRUPT MANEUVER (AMAN)

Resultaat: effect

Deze ongevals categorie omvat onder andere voorvallen van abrupte manoeuvres om ander verkeer te ontwijken. Meer verkeer in het luchtruim, betekent dat er een grotere kans is ander verkeer tegen te komen en dus ook dat er een grotere kans is dat een abrupte manoeuvre nodig is om dit verkeer te ontwijken. De groei van vliegverkeer vergroot daarom de kans van optreden van deze ongevals categorie.

AERODROME (ADRM)

Resultaat: mogelijk effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.4.

AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)

Resultaat: effect

Een groei van vliegverkeer betekent dat er meer verkeer is in het luchtruim. Dit resulteert in een grotere kans op een midair collision per beweging.

ATM/CNS (ATM)

Resultaat: effect

Een toename van verkeer vergroot de belasting op verkeersleiders. Het is daarom mogelijk dat de verkeersleiders verhoudingsgewijs meer fouten gaan maken. Er is daarom per beweging een grotere kans dat een vlucht te maken krijgt met een fout waardoor een ongeval kan ontstaan.

BIRD (BIRD)

Resultaat: geen effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.5.

CABIN SAFETY EVENTS (CABIN)

Resultaat: geen effect

Deze ongevals categorie betreft gebeurtenissen in het vliegtuig. Deze gebeurtenissen zijn onafhankelijk van groei in vliegverkeer.

COLLISION WITH OBSTACLE(S) DURING TAKEOFF AND LANDING (CTOL)

Resultaat: geen effect

De groei in het aantal bewegingen heeft geen impact op de aanwezigheid van obstakels. De groei heeft wel impact op de gebruikte vliegpaden, maar binnen het huidige operationele concept zullen er geen vliegpaden gevlogen gaan worden die onveiliger zijn met betrekking tot obstakels.

CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)

Resultaat: mogelijk effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.6.

EVACUATION (EVAC)

Resultaat: geen effect

Deze ongevalscategorie betreft gebeurtenissen in en om het vliegtuig ten tijde van een evacuatie. Deze gebeurtenissen zijn onafhankelijk van groei in vliegverkeer.

EXTERNAL LOAD RELATED OCCURRENCES (EXTL)

Resultaat: niet van toepassing

Deze ongevalscategorie betreft voorvallen bij vervoer van een externe lading. In de commerciële luchtvaart met *fixed wing* vliegtuigen komt zulk vervoer niet voor. De categorie is daarom niet van toepassing voor deze studie.

FIRE/SMOKE (NON-IMPACT) (F-NI)

Resultaat: geen effect

Deze categorie omvat voorvallen van brand en rook aan boord van een vliegtuig of brand en rook veroorzaakt door systeemfalen. Deze gebeurtenissen zijn gerelateerd aan een individueel vliegtuig en groei in vliegverkeer heeft daarom geen effect op de kans van optreden per vlucht. Er wordt vanuit gegaan dat er verhoudingsgewijs niet significant meer vrachtverkeer komt.

FIRE/SMOKE (POST-IMPACT) (F-POST)

Resultaat: geen effect

Deze categorie omvat voorvallen van brand of rook veroorzaakt door een impact. Deze gebeurtenissen zijn onafhankelijk van groei in vliegverkeer.

FUEL RELATED (FUEL)

Resultaat: effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.7.

GLIDER TOWING RELATED EVENTS (GTOW)

Resultaat: niet van toepassing

Deze categorie betreft voorvallen gerelateerd aan het slepen van zweefvliegtuigen en is daarom niet van toepassing.

GROUND COLLISION (GCOL)

Resultaat: effect

Een groei van vliegverkeer betekent dat er meer verkeer is op de luchthaven. Dit resulteert in een grotere kans op botsingen per beweging.

GROUND HANDLING (RAMP)

Resultaat: effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.8.

ICING (ICE)**Resultaat: geen effect**

Icing is direct gekoppeld aan de kans dat een vlucht onder bepaalde weersomstandigheden vertrekt. Deze kans is niet afhankelijk van groei. Hierbij wordt aangenomen dat de groei van vliegverkeer niet voornamelijk in de winter ligt. Er wordt daarnaast aangenomen dat er voldoende de-icingcapaciteit is om de beperkte groei van bewegingen aan te kunnen.

LOSS OF CONTROL-GROUND (LOC-G)**Resultaat: effect**

Deze categorie omvat onder andere voorvallen veroorzaakt door uitwijkende acties ten gevolgen van een runway incursion. De kans op een runway incursion per beweging wordt vergroot door een groei in vliegverkeer, daarom vergroot ook de kans op uitwijkende acties met een ongeval tot gevolg. Hierbij wordt wel opgemerkt dat deze voorvallen vrijwel nooit voorkomen en dat het effect daarom waarschijnlijk nihil is.

LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)**Resultaat: mogelijk effect**

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.9.

LOSS OF LIFTING CONDITIONS EN ROUTE (LOLI)**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie betreft voorvallen gerelateerd aan helikopteroperaties en is daarom niet van toepassing op commerciële luchtvaart met *fixed wing* vliegtuigen.

LOW ALTITUDE OPERATIONS (LALT)**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie betreft voorvallen gerelateerd aan het bewust vliegen op lage hoogtes buiten de start en landing om en is daarom niet van toepassing op de commerciële luchtvaart.

MEDICAL (MED)**Resultaat: niet van toepassing**

Deze categorie omvat medische problemen van piloten, cabinepersoneel en passagiers en is niet gerelateerd aan vliegveiligheid en daarom niet van toepassing.

NAVIGATION ERRORS (NAV)**Resultaat: effect**

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.10.

OTHER (OTHR)

Resultaat: niet van toepassing

Deze categorie omvat voorvallen die in geen van de andere categorieën ingedeeld kunnen worden. De bepaling van de effecten van groei in vliegverkeer is daarom niet mogelijk en deze categorie is niet van toepassing.

RUNWAY EXCURSION (RE)

Resultaat: effect

Er zijn een aantal redenen waarom een groei-effect is te verwachten op de kans van optreden van runway excursions per beweging. De categorie omvat voorvallen van bewuste veer-offs om botsingen te voorkomen bij runway incursions. Er is een mogelijke toename van long landings door verhoogde druk op afhandeling van landende vliegtuigen en er zijn mogelijk relatief meer bewegingen bij ongunstige wind- of baancondities.

RUNWAY INCURSION (RI)

Resultaat: effect

Een groei van vliegverkeer betekent dat er meer verkeer is op de luchthaven. Dit resulteert in een grotere kans op runway incursions per beweging.

SECURITY RELATED (SEC)

Resultaat: niet van toepassing

Deze categorie is niet gerelateerd aan vliegveiligheid en daarom niet van toepassing.

SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT) (SCF-NP)

Resultaat: geen effect

Deze categorie omvat systeemfalen van individuele vliegtuigen. Deze gebeurtenissen zijn onafhankelijk van groei in vliegverkeer.

SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)

Resultaat: mogelijk effect

Deze categorie omvat motorfalen van individuele vliegtuigen. Deze gebeurtenissen zijn onafhankelijk van groei in vliegverkeer. Motorfalen kan geïnitieerd worden door een vogelaanvaring, zoals in sectie 3.5 wordt beschreven is er echter geen effect van groei op de kans op een vogelaanvaring. Motorfalen kan ook geïnitieerd worden door foreign object damage (FOD). Zoals in sectie 3.4 wordt beschreven is er een mogelijk effect van groei op de kans op FOD. Er is dus ook een mogelijk groei-effect in de categorie SCF-PP.

TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)

Resultaat: effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.11.

UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)

Resultaat: geen effect

Een uitgebreide onderbouwing wordt gegeven in sectie 3.12.

UNINTENDED FLIGHT IN IMC (UIMC)

Resultaat: niet van toepassing

Deze categorie omvat voorvallen van het onbedoeld vliegen in Instrument Meteorological Conditions (IMC). Deze voorvallen zijn niet van toepassing op de commerciële luchtvaart.

UNKNOWN OR UNDETERMINED (UNK)

Resultaat: niet van toepassing

Deze categorie wordt gebruikt wanneer er onvoldoende informatie beschikbaar is over een ongeval om deze te categoriseren en is daarom niet van toepassing.

WILDLIFE (WILD)

Resultaat: geen effect

Voorvallen gerelateerd aan botsingen met dieren - anders dan vogels - zijn niet gerelateerd aan de hoeveelheid verkeer. Er is daarom geen effect van groei.

WIND SHEAR OR THUNDERSTORM (WSTRW)

Resultaat: geen effect

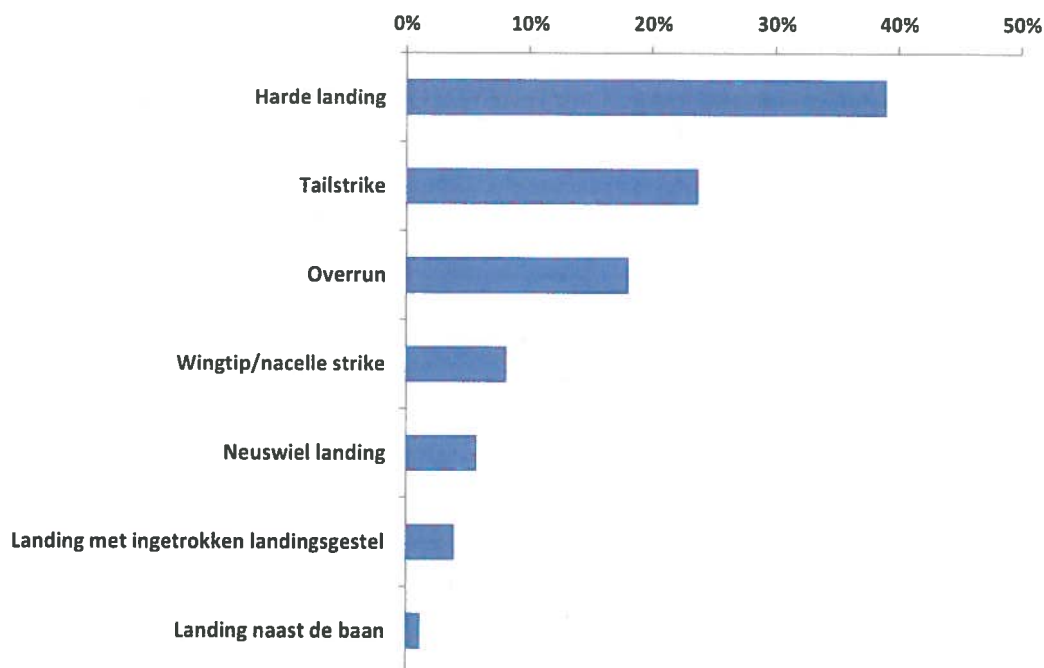
De voorvallen binnen deze categorie zijn niet gerelateerd aan de hoeveelheid verkeer. De druk op de operatie bij een groei van verkeer heeft geen effect wanneer binnen het huidige operationele concept gevlogen wordt.

3.3 Abnormal Runway Contact (ARC)

3.3.1 Achtergronden

De categorie ARC – 'Abnormal Runway Contact' omvat voorvallen waarbij er tijdens de start of landing een niet normaal contact met de baan is. In deze categorie zitten voorvallen zoals harde landingen, lange/snelle landingen, off center landingen (deels naast de baan), neuswiel landingen, 'tail strikes' (staart van een vliegtuig raakt de grond tijdens de start of landing), and 'wingtip/nacelle strikes' (vleugeltip of motorgondel raken de grond tijdens de start of landing). Landingen waarbij de vlieger vergeten was het landingsgestel uit te doen vallen ook onder deze categorie. Figuur 3 laat het frequentie diagram zien voor de diverse voorvallen die onder ARC vallen. De data zijn afkomstig uit

de NLR Air Safety Database voor de periode 1995-2016 en hebben betrekking op ongevallen⁵ met commerciële vliegtuigen. Harde landingen zijn de meest voorkomende gevallen die soms in het bezwijken van het landingsgestel leiden of tot grote schade waardoor het landingsgestel vervangen moet worden. Een aantal voorvallen uit Figuur 3 is exclusief gekoppeld aan de landingsfase. Een tailstrike kan echter zowel tijdens de start als de landing optreden. Echter het merendeel heeft plaatsgevonden tijdens de startfase. Ook wingtip/nacelle strikes kunnen in zowel de start als de landingsfase gebeuren. De data laten zien dat de meesten ook plaatsvonden tijdens de landing. Overruns staan ook in dit overzicht omdat deze gekoppeld zijn aan een lange landing⁶. Een lange landing wordt normaal niet echt als voorval beschouwd maar meer als causale factor.



Figuur 3: Frequentie van voorvallen uit de categorie ARC (Bron: NLR).

Er zijn diverse onderliggende oorzaken voor een ARC voorval. Figuur 4 geeft een overzicht van de belangrijkste oorzaken (bron: NLR Air Safety Database).

Het incorrect afvangen tijdens de landingsfase is de grootste causale factor. Het afvangen van het vliegtuig gebeurt vlak voordat het vliegtuig de grond raakt. Tijdens het afvangen brengt de vlieger de neus omhoog waardoor de daalsnelheid wordt verminderd. Dit is nodig om er voor te zorgen dat het contact met de baan niet dusdanig is dat er te grote belastingen op het landingsgestel komen (boven de ontwerp limieten). Wanneer dit wel het geval is kan dit resulteren in grote schade aan het landingsgestel of het bezwijken van de landingspoot.

Als een vlieger te vroeg begint met afvangen kan de afstand van de baandrempe tot aan grond contact langer worden dan waarmee de vliegtuigfabrikant rekent voor de benodigde landing afstand⁷. Dit verhoogt het risico op een overrun

⁵ Volgens definitie van ICAO Annex 13.

⁶ Een landing wordt als lang geclassificeerd wanneer de afstand van de baandrempe tot aan het eerste baancontact meer dan ongeveer 600-700 m is.

⁷ Vliegtuigfabrikanten van civiele verkeersvliegtuigen baseren sinds kort de afstand van de baandrempe tot aan grond contact op een standaard tijd van 7 seconden en een gemiddelde snelheid die het vliegtuig zou vliegen gegeven het vliegtuiggewicht, stand van de landingskleppen, en de wind.

(het niet tijdig kunnen stoppen op de landingsbaan), [Van Es, (2005)]. Dit valt onder de categorie 'runway excursions' die apart worden beschouwd.

Andere belangrijke oorzaken voor een ARC voorval zijn het vliegen met een te hoge voorwaartse snelheid of een te hoge daalsnelheid. Dit is vaak het resultaat van een onstabiele nadering. Een hoge voorwaartse snelheid kan leiden tot een harde landing maar ook tot een te lange landing. Een te hoge daalsnelheid kan ook resulteren in een harde landing, zeker als het afvangen niet goed of tijdig gebeurt. Als de daalsnelheid heel hoog is dan zal een normale afvang techniek ook niet kunnen voorkomen dat het vliegtuig hard tegen de grond aankomt. Wanneer de daalsnelheid de ontwerp limieten passeert kan de landingspoot afbreken of zwaar beschadigen.

Hoge zijwind kan problemen opleveren met het besturen van het vliegtuig. Vaak gaat een hoge zijwind gepaard met sterke windstoten. Dicht bij de grond kan dat resulteren in een landing op één landingspoot. Dit kan in een uiterst geval (bijvoorbeeld met een grote zijwaartse beweging) ervoor zorgen dat de poot afbreekt of beschadigd raakt. Op de meeste vliegtuigen gebeurt dit volgens het ontwerp om te voorkomen dat het landingsgestel een brandstoftank kan beschadigen.

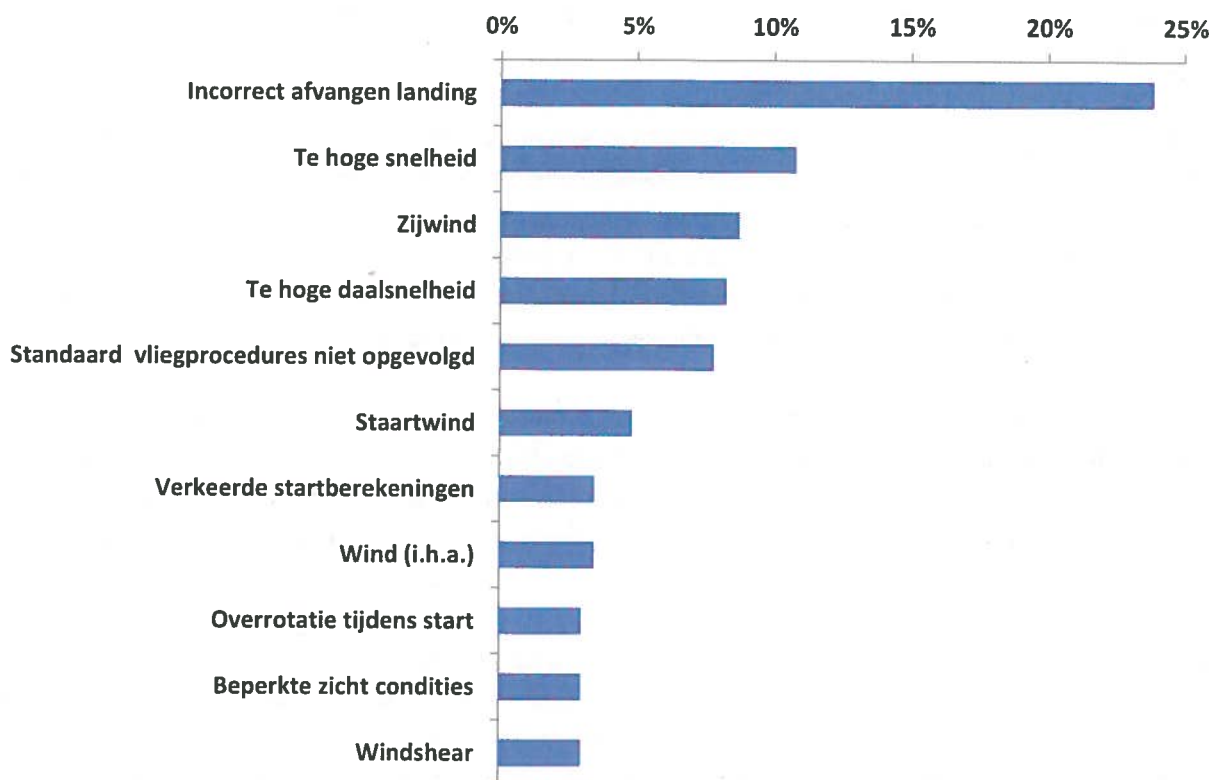
Staartwind verhoogt de afstand die een landend vliegtuig aflegt tussen de baandrempel en het landen op de baan. Sterke staartwind tijdens de landing kan daarom resulteren in lange landingen. Sterke straatwind tijdens de nadering kan ook resulteren in een onstabiele nadering zoals een te hoge daalsnelheid om op het glijpad te blijven. Het niet opvolgen van de vliegprocedures (Standard Operating Procedures) heeft in het geval van ARC vaak te maken met het niet afbreken van een onstabiele nadering wat volgens de vliegprocedures altijd moet binnen een luchtvaartmaatschappij. Het kan ook gerelateerd zijn aan het doorzetten van een landing ondanks dat bepaalde criteria niet zijn behaald (bijvoorbeeld baan in zicht op een minimale hoogte). Verder zijn voorvallen waarbij de vliegers het landingsgestel waren vergeten uit te doen ook vaak aan deze factor te koppelen (niet volgen van de checklist).

Verkeerde prestatieberekeningen voor de start kunnen leiden tot te lage snelheden waarbij het vliegtuig tijdens de start moet worden geroteerd door de vlieger met als mogelijk resultaat een tailstrike. Vooral het gebruik van verkeerde startgewichten is een bekend probleem.

Een overrotatie kan ook leiden tot een tailstrike. Overrotatie kan verschillende onderliggende oorzaken hebben maar is vaak gerelateerd aan de vaardigheden en training van de vliegers. Ook grote windstoten of een sterke zijwind kan de kans op een overrotatie tijdens de start vergroten [Carbaugh, (2006)]. Overrotatie tijdens de landing worden voornamelijk vooraf gegaan door een onstabiele nadering [Craig, (2004)]. Daarbij kan ook een verkeerde afvang techniek een rol spelen.

De factor beperkt zicht speelt een rol wanneer de vlieger niet tijdig de baan kunnen zien tijdens de landing. Dit kan leiden tot een harde landing of een landing naast de baan. Deze factor is vaak gekoppeld aan het niet volgen van de standaard procedures.

Windshear is een plotselinge verandering van de wind snelheid en richting in horizontale of verticale richting (niet te verwarren met windstoten) over een korte afstand. Dichtbij de grond kan een vliegtuig welke geconfronteerd wordt met windshear plotseling hoogte verliezen waardoor het vliegtuig hard tegen de grond aankomt. Dit kan zowel net na de start (initiële klimfase) als tijdens de nadering plaatsvinden. Windshear kan ook soms leiden tot een lange landing.



Figuur 4: Belangrijkste oorzaken voor ARC voorvallen (bron: NLR).

3.3.2 Invloed verkeersgroei op ARCs

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans op een ARC voorval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een ARC voorval.

Een van de belangrijkste oorzaken van ARC voorvallen, incorrect afvangen tijdens de landing, is gerelateerd aan de vaardigheden en trainingen van de vliegers. De operators die Schiphol nu aan doen komen grotendeels (>99%) uit landen waar toezicht door de overheid op deze maatschappijen op een hoog niveau staat (meer dan de helft van de operators komt uit Nederland). Dit zijn dan ook operators met een zeer goede reputatie wat betreft vliegveiligheid en het trainen van vliegers. Ook hebben al deze operators een veiligheidsmanagementsysteem wat de risico's in kaart brengt en beheersbaar maakt. Zo'n systeem maakt o.a. gebruik maakt van incidentrapporten van de vliegers en analyseert vluchtdata (Flight Data Monitoring) op afwijkingen van procedures en overschrijdingen van limieten. Dit alles wil niet zeggen dat de vliegers van deze operators geen fouten kunnen maken tijdens het afvangen, maar de kans hierop is een stuk kleiner dan voor andere operators, en zal niet zo snel groter worden. De verwachting is dat een groei dan ook geen effect zal hebben op het relatief aantal keren dat er niet goed wordt afgevangen tijdens de landing.

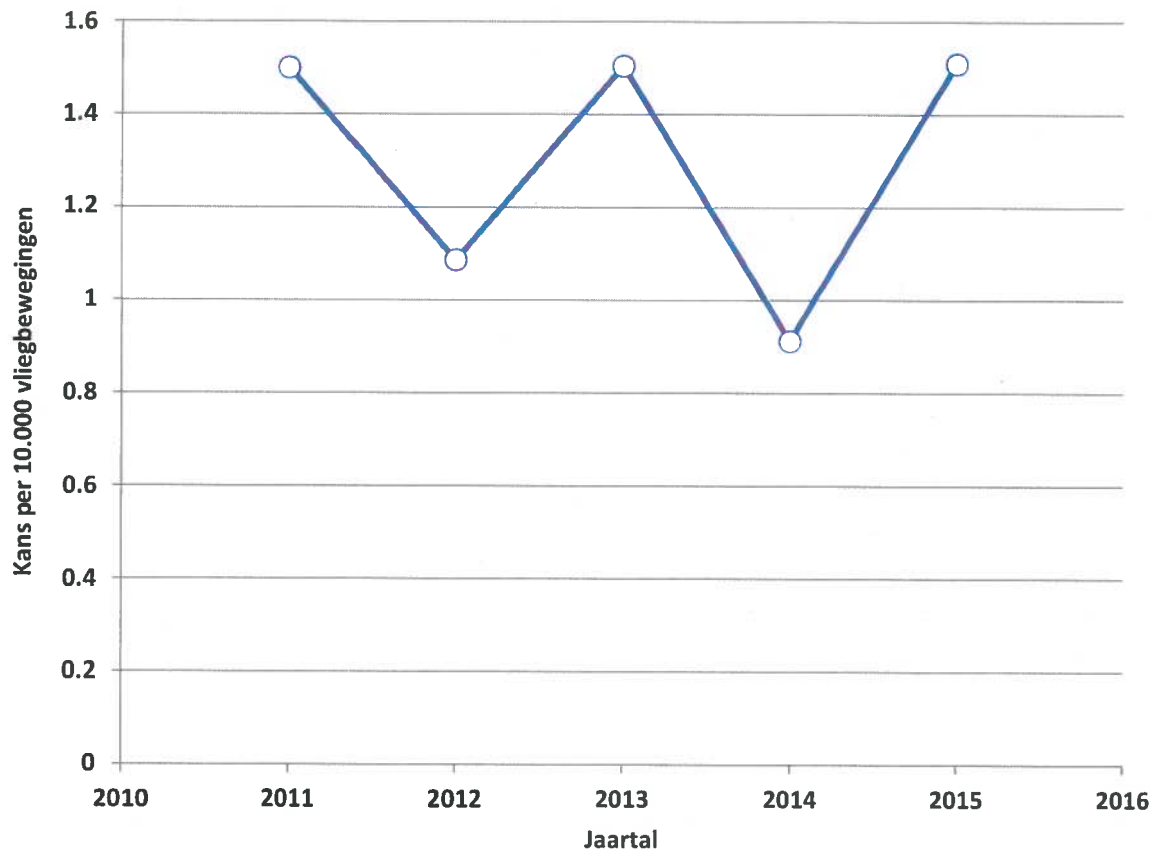
De oorzaken van een te hoge snelheid en te hoge daalsnelheid bij de landing ligt hoofdzakelijk in het doorzetten van een onstabiele nadering [Parisis, (2007)]. Onstabiele naderingen hebben een aantal oorzaken die grotendeels vallen onder de categorieën menselijke fouten en het niet houden aan voorgeschreven procedures gezien vanuit de vlieger kant [IATA, 2016]]. Echter ook externe factoren kunnen een rol spelen zoals druk vanuit de luchtverkeersleiding om sneller, hoger, en/of korter te vliegen (kort indraaien) en sterke staartwind gedurende de nadering [IATA, 2016],

CANSO, (2017)]. Wanneer een nadering onstabiel is, dan moet de vlieger normaal gesproken een doorstart maken en daarna opnieuw proberen te landen. Dit gebeurt om verschillende redenen niet altijd. Het kan zijn dat de vliegers het niet in de gaten hebben doordat de nadering slecht wordt gemonitord of omdat de vliegers denken dat ze later weer stabiel kunnen geraken. De groei van het verkeer kan het aantal onstabiele naderingen vergoten. Een nadere analyse van EGPWS kansen en de kansen van een onstabiele naderingen op Schiphol van de afgelopen jaren is daarvoor nodig inclusief de reacties van de vliegers op EGPWS waarschuwingen (doorstart). Doorstart (go-around) kansen dienen ook te worden bestudeerd van de afgelopen jaren.

Starten of landen bij sterke windsnelheden (zijwind of staartwind) is een belangrijke factor in ARC voorvallen. De mate van blootstelling aan sterke zij- en staartwinden hangt deels samen met het windklimaat, oriëntatie van de banen, en het baantoewijzingssysteem. Schiphol staat bekend om zijn periodes waarin met hoge wind snelheden moet worden geopereerd. Het baangebruik op de Schiphol is door het preferentiestelsel (deels) afhankelijk van de windcondities. Wanneer bepaalde limieten worden overschreden zal er van baancombinatie worden veranderd. De groei kan er voor zorgen dat er vakere in ongunstigere windcondities moet worden gevlogen. Op dit moment is het nog niet duidelijk of de groei van de afgelopen jaren dit effect heeft meegebracht en of dit ook bij verdere groei zal kunnen gebeuren. In een nader onderzoek van baangebruik en de windcondities van elke start en landing zal moeten uitwijzen wat de effecten zijn. Hiervoor kunnen de baangebruiksdata en wind voor de afgelopen jaren worden bestudeerd. De oorzaak overrotatie van het vliegtuig is net als het incorrect afvangen tijdens de landing, vaak gerelateerd aan de vaardigheden en trainingen van de vliegers. De verwachting is dan ook net als voor incorrect afvangen dat een verkeersgroei geen effect zal hebben op het relatief aantal keren dat er wordt overgeroteerd tijdens de start of landing.

Verkeerde berekeningen voor de start is een factor die al heel lang voorkomt. Echter de introductie van computerberekeningen in plaats van het gebruik van handboeken met tabellen en grafieken, heeft er voor gezorgd dat het moeilijker is voor de vliegers om al snel fouten te detecteren. Ook zijn er problemen geconstateerd met de interface van sommige software die gebruikt wordt door de vliegers voor dit soort berekeningen. Veel van dit soort interface problemen zijn in de laatste jaren verbeterd mede als gevolg van aanbevelingen van ongevalonderzoeksbureaus. Een aantal operators heeft ook geprobeerd de handmatige invoer van data in de software zoveel mogelijk te reduceren. Andere maken geen gebruik van vliegtuigprestatie software die door vliegers gebruikt moet worden maar doen alle berekeningen vanuit een centraal punt. Op Schiphol maken de operators zowel gebruik van vliegtuigprestatie software die door de vliegers wordt gebruikt, en berekeningen vanuit een centraal punt. Ook zijn er operators die gebruik maken papieren handboeken om startberekeningen uit te voeren. De verwachting is dat een groei op Schiphol niet zal leiden tot een hogere frequentie van het aantal voorvallen waarbij er verkeerde startprestatie berekeningen zijn gedaan. Hoewel de werkdruk wellicht ophoog kan gaan bij de vliegers, is dit niet een primaire factor gebleken in voorvallen waarin de vliegers fouten maakte met startberekeningen [ATSB, (2011)]. De meeste vliegtuigen op Schiphol hebben een windshear waarschuwingssysteem wat de vliegers een melding geeft wanneer ze door een windshear gebied heen vliegen. Op sommige vliegtuigen zit ook een systeem wat al waarschuwt voordat het vliegtuig in een windshear komt. Wanneer een vliegtuig in een windshear komt dan moet de vlieger de windshear recovery procedures volgen. Dat kan zijn een doorstart tijdens de nadering met vol vermogen zonder het veranderen van de klepstanden, of selecteren van vol vermogen tijdens de start. Windshear kan in principe op elke luchthaven voorkomen. Echter sommige luchthavens hebben er veel vaker last van dan andere. Dit heeft te maken met de ligging van een luchthaven en het heersende klimaat. Op Schiphol komt windshear ook voor maar niet in al te grote mate. Figuur 5 laat het aantal keren dat er windshear is gemeld per 10,000 vliegbewegingen op Schiphol voor de periode 2011-2015. Hieruit blijkt dat er geen trend waarneembaar is over de periode waarin het verkeer wel groeide. De schommelingen in de data worden veroorzaakt door bijvoorbeeld toeval en de natuurlijke variaties in het weer

gedurende de periode. Er kan worden geconcludeerd dat de groei van het verkeer geen veranderingen van de kans op een windshear voorval zal teweegbrengen.



Figuur 5: Windshear meldingen op Schiphol.

De factor 'beperkt zicht' in de lijst van oorzaken, heeft meestal te maken met vliegers die een landing doorzetten zonder dat ze de baan inzicht hebben op de minimale voorgeschreven hoogte. Dit komt veel vaker voor op luchthavens waar beperkte naderingshulpmiddelen beschikbaar zijn dan op luchthavens waar deze middelen er wel zijn. De meeste landingsbanen op Schiphol zijn uitgerust met een CAT III ILS installatie, wat de hoogste categorie in naderingshulpmiddelen is. Dat betekent dat vliegtuigen die een volledige automatische landing kunnen uitvoeren, zonder probleem kunnen landen bij extreem slechte zicht condities. De geldt voor de meeste vliegtuigen die op Schiphol opereren (zoals alle Airbus en Boeing vliegtuigen). Op dit moment is beperkt zicht geen echt probleem op Schiphol gezien de naderingshulpmiddelen en de typen vliegtuigen. De groei van het vliegverkeer zal dan ook geen problemen veroorzaken omdat deze hulpmiddelen blijven bestaan en de vliegtuigen geschikt zijn om precisie naderingen uit te voeren.

3.3.3 Conclusie

Voor niet alle factoren die gerelateerd zijn aan ARC kan met zekerheid worden gesteld dat er geen effect van de groei zijn. Vooral de invloed van de groei op onstabiele naderingen dient verder te worden bestudeerd.

3.4 Aerodrome (ADRM)

3.4.1 Achtergronden

Ongevallen in de categorie ADRM 'Aerodrome' hebben betrekking op ongevallen en incidenten waarbij luchthaven-ontwerp, -diensten en -functies een rol spelen. Het zijn gebeurtenissen waarbij bepaalde tekortkomingen een rol spelen, bijvoorbeeld op het gebied van taxibanen, ramp/parking area, obstakels, hulpdiensten (brandweer/reddingsdiensten), verlichting/markering, procedures en dienstverlening in het algemeen. Daarnaast vallen onder de categorie ADRM ook gebeurtenissen veroorzaakt door losse voorwerpen op de luchthaven, het zogenaamde "Foreign Object Damage (FOD)".

3.4.2 Invloed verkeersgroei op de ADRM ongevalskans

Van Schiphol is bekend dat er weinig tot geen tekortkomingen zijn ten aanzien van de lay-out van de luchthaven: taxibanen, ramp/parking area, obstakels, hulpdiensten (brandweer/reddingsdiensten), verlichting/markering voldoen allen aan de daarvoor geldende regelgeving. In 2014 is Schiphol gecertificeerd volgens de nieuwste Europese regelgeving (Commission Regulation (EU) No 139/2014). Daarbij is aangetoond dat Schiphol aan alle daartoe gestelde eisen voldoet. Het is dus niet aannemelijk dat Schiphol bepaalde tekortkomingen heeft die, door een beperkte groei van het luchtverkeer, zouden kunnen leiden tot een disproportionele afname van de veiligheid. Dat betekent niet dat groei niet een effect zou kunnen hebben op bijvoorbeeld de veiligheid van grondaanpak en de daarbij horende infrastructuur (taxibanen, ramp/parking areas, e.d.). Dit wordt dan geadresseerd in de categorie "Ground Handling (RAMP)". Onder de categorie ADRM wordt hier uitsluitend geconcludeerd dat er geen bepaalde tekortkomingen zijn ten aanzien van de vigerende voorschriften, waardoor de veiligheid zou kunnen afnemen.

Voor het onderwerp "Foreign Object Damage (FOD)" is deze conclusie echter niet op voorhand te trekken. Bij intensiever baangebruik is het denkbaar, dat zonder verdere maatregelen, de kans op FOD toeneemt. Immers er zijn zowel meer vliegtuigen die FOD kunnen veroorzaken (bijv. het verliezen van loszittende onderdelen) en er zijn meer vliegtuigen die aan FOD blootgesteld kunnen worden.

Om deze reden wordt het onderwerp FOD hier nader geanalyseerd.

Onder "Foreign Object Debris" wordt verstaan: losse materialen, brokstukken of fragmenten, niet afkomstig van het voertuig of systeem zelf, die mogelijk schade kunnen aanrichten. Onder "Foreign Object Damage" wordt de schade verstaan, die door het "foreign object" toegebracht kan worden aan een luchtvoertuig. De schade kan daarbij uitgedrukt worden in economische termen, maar kan ook een effect hebben op de vliegtuigprestaties en/of vliegveiligheid.

In 2010 heeft IATA, op basis van hun Safety Trend Evaluation, Analysis & Data Exchange System (Steades⁸) een uitgebreid onderzoek gedaan naar de risico's van FOD. Hierbij zijn 817 Air Safety Reports, met betrekking tot FOD

⁸ STEADES data omvatten Air Safety Reports van 120 luchtvaartmaatschappijen, die per kwartaal bij IATA worden aangeleverd.

incidenten, nader geanalyseerd. De IATA analyse geeft aan dat in 2% van de FOD incidenten als hoog risico, en 19% als gemiddeld risico worden gekwalificeerd. Dit betekent dat het FOD risico niet als onbetekenend kan worden gezien. Het grootste risico doet zich voor tijdens de start, wanneer zich op de baan een vreemd voorwerp bevindt. Een bekend voorbeeld hiervan is het ongeval met een Concorde in July 2010, waar een klein metalen onderdeel afkomstig van een voorgaand vliegtuig resulteerde in het fatale ongeval van Air France vlucht 4590.

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans van een ADRM (FOD) ongeval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een ADRM (FOD) voorval.

Gegevens laten zien dat belangrijke oorzakelijke factoren liggen bij het ongemerkt achterblijven "Foreign Object Debris" in het operationele gebied van een luchthaven. Grofweg kan dit gebeuren door drie hoofdoorzaken:

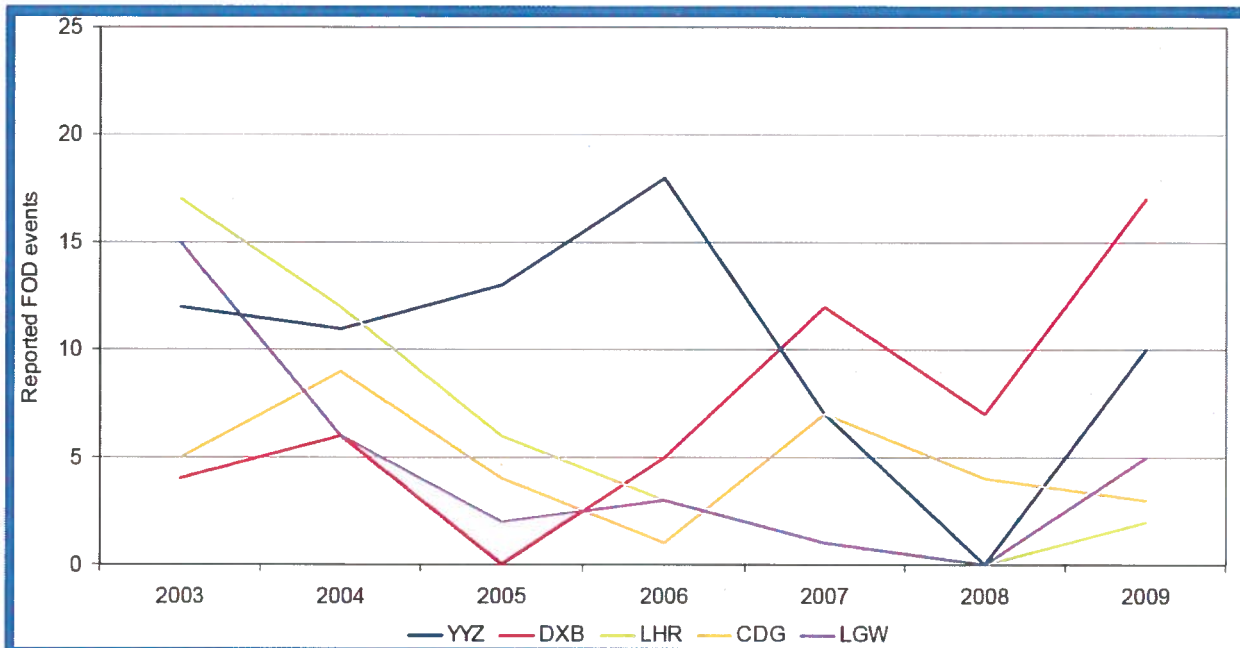
- Onachtzaamheid/slordigheid van het grondpersoneel: het laten slingeren van gereedschappen, rommel, wielblokken, schroeven, pinnen e.d.;
- Onderhoudstoestand van ramp, taxi- en startbanen: door jet-blast kunnen brokstukken, stenen of vegetatie losgeblazen worden en in het operationele gebied terechtkomen;
- Onderdelen kunnen van vliegtuigen losraken en op taxi- of startbanen terechtkomen: dit kunnen metalen onderdelen zijn, maar ook rubberdelen van banden.

Het eerste punt betreft vooral training van grondpersoneel, en het regelmatig houden van campagnes om op het risico van FOD te wijzen. Luchthavens kunnen hier een pro-actieve rol in spelen. Het staat echter los van de hoeveelheid verkeer, en dus ook met de eventuele groei van het verkeer op een luchthaven.

Het tweede punt heeft te maken met de staat van onderhoud van de luchthaven. Wellicht dat meer bewegingen zouden kunnen bijdragen aan grotere slijtage van luchthaven oppervlakken. Bij grotere slijtage, zou de kans op een FOD incident dus kunnen toenemen. Dit zou kunnen leiden tot de noodzaak tot kleinere onderhoudsintervallen, of meer frequente inspecties van de baantoestand.

Het derde punt zou bij een intensiever baangebruik tot een toename van het FOD risico kunnen leiden. Om het FOD risico te beheersen worden startbanen regelmatig gecontroleerd op de aanwezigheid van FOD. Volgens ICAO Doc 9137, Part 8, wordt aanbevolen vier maal daags een inspectie uit voeren (dawn, morning, afternoon and dusk-inspection). Hiermee zou normaliter het FOD risico voldoende beheerst kunnen worden. Dat neemt niet weg dat tussen de inspectie perioden een vliegtuig een onderdeel zou kunnen verliezen, zonder dat het dan opgemerkt wordt. Om die reden bestaan er bepaalde detectiesystemen die voortdurend een baan op FOD kunnen monitoren. Er zal onderzocht moeten worden, welke maatregelen Schiphol inzet om het FOD risico te kunnen beheersen, en of deze maatregelen in het licht van de voorziene groei voldoende zijn.

In het algemeen is de verwachting dat het FOD risico op Schiphol goed beheersbaar is, en op dit moment ook beheerst wordt. Uit IATA analyse blijkt dat Schiphol niet voorkomt bij de tien luchthavens met de meeste FOD incidenten. Het aantal gerapporteerde FOD incidenten bij de top-5 FOD luchthavens is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Aantal gerapporteerde FOD incidenten op de top-5 FOD luchthavens, in de periode 2003-2009 (Bron: IATA, (2010))

Hieruit blijkt dat een aantal luchthavens zoals London Heathrow (LHR), London Gatwick (LGW) en Toronto Pearson (YYZ) het aantal gerapporteerde FOD incidenten significant heeft kunnen terugbrengen in de periode 2003-2009, ondanks de groei van deze luchthavens. Dit onderstreept dat met de juiste maatregelen het FOD risico goed beheersbaar is.

3.4.3 Conclusie

Op basis van bovenstaande analyse is het denkbaar dat een toename van het verkeer op Schiphol tot een toename van aerodrome gerelateerde incidenten zou kunnen leiden. Het betreft dan vooral een mogelijke toename van het risico op Foreign Object Damage. Mogelijke oorzaken hiervan zijn hogere slijtage aan de banen door intensiever baangebruik en daardoor mogelijk een grotere kans op baanbeschadigingen die tot FOD kunnen leiden. Ook het intensiever gebruik van een baan zou kunnen leiden tot een grotere kans op het achterblijven van een los vliegtuigonderdeel tussen twee baaninspecties. Een negatief effect van groei op het risico van FOD kan dus niet worden uitgesloten. Om die reden zullen de beheersmaatregelen van Schiphol ten aanzien van dit onderwerp nader bezien moeten worden.

3.5 Bird (BIRD)

3.5.1 Achtergronden

Botsingen met vogels vormen sinds het begin van de luchtvaart een risico. De meeste vogelaanvaringen met vliegtuigen vinden plaats op of in de directe nabijheid van vliegvelden. In de loop der jaren zijn er vele maatregelen genomen om deze risico's op een aanvaardbaar niveau te krijgen. Zo zijn er voor civiele transport vliegtuigen

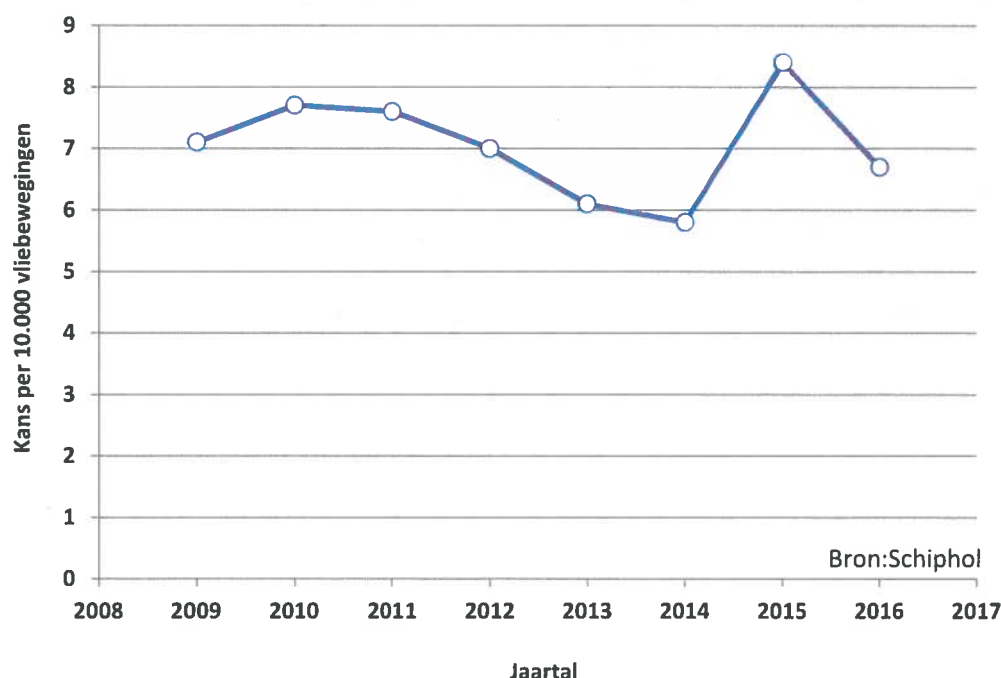
verschillende certificatie eisen opgesteld t.a.v. vogelaanvaringen. Deze eisen moeten garanderen dat aanvaringen met vogels van zeker gewicht niet direct leidt tot problemen voor het vliegtuig tijdens de vlucht. Op en rondom luchthavens worden er diverse maatregelen genomen om de kans dat vogels tegen een vliegtuig aan botsen zo klein mogelijk te houden. Ondanks dit soort maatregelen op luchthavens is het niet te voorkomen dat er aanvaringen plaatsvinden. De risico's zijn echter klein omdat in het merendeel van de botsingen de gevolgen voor het vliegtuig zeer gering zijn. Zelfs als er een motor zou uitvallen heeft dat geen ernstige gevolgen aangezien civiele vliegtuigen gecertificeerd zijn om veilig met een motor minder te kunnen vliegen (zowel tijdens de start als de landing). Ook grote schade aan het vliegtuig door een vogelaanvaring betekent niet meteen dat een vliegtuig onbestuurbaar wordt. Figuur 7 geeft een voorbeeld van een vogelaanvaring tijdens de klim, wat resulteerde in aanzienlijke schade aan het horizontale staartvlak zonder dat de bestuurbaarheid van het vliegtuig beïnvloed werd. Slechts in het uitzonderlijke geval dat bijvoorbeeld meerdere motoren tegelijk uitvallen of dat essentiële besturingssystemen onbruikbaar worden als gevolg van een vogelaanvaring, kunnen er mogelijk serieuze gevolgen optreden voor het vliegtuig wat zou kunnen resulteren in een ernstig ongeval. Dit hangt overigens sterk samen in welke fase van de vlucht deze gebeurtenissen plaatsvinden. Als bijvoorbeeld meerdere motoren falen tijdens de startfase op de grond zullen de gevolgen minder kunnen zijn dan wanneer dit tijdens het klimmen plaatsvindt.



Figuur 7: Voorbeeld van schade aan het staartvlak van een B737 als gevolg van een vogelaanvaring.

Wereldwijd liggen de kansen op een vogelaanvaring op een luchthaven tussen de 0,1 en 10 per 10.000 vliegbewegingen met uitschieters tot wel 20 aanvaringen [NLR, (2017)]. Het gemiddelde ligt rond de 4-5 aanvaringen per 10.000 bewegingen. De vogelaanvaringskansen worden door vele factoren beïnvloed zoals de omgeving van de luchthaven, lokaal klimaat, de geografische ligging, de genomen preventiemaatregelen door de luchthaven, de vliegtuigen die opereren op de luchthaven, en de rapporteringsbereidheid van aanvaringen van vooral de vliegers. Het is daarom moeilijk om luchthavens onderling te vergelijken wat betreft de kans op een vogelaanvaring aangezien deze factoren sterk kunnen verschillen tussen luchthavens.

Schiphol is gelegen in een polder met veel water, grazige weiden en akkerbouwgebieden. De kust en de duinen liggen ook in de buurt. Deze factoren zorgen ervoor dat Schiphol een aantrekkelijke plaats is voor diverse vogels. Dit resulteert in redelijk hoge vogelaanvaringskansen voor Schiphol zoals is te zien in Figuur 8. Voor de periode 2009-2016 waren er gemiddeld 7 aanvaringen met vogels per 10.000 bewegingen. In deze periode waren er geen grote trends in de data te zien. De geringe variatie in de kansen per jaar kunnen worden veroorzaakt door o.a. toeval, verschillen in het weer, en iets andere beheersmaatregelen. Data van voor 2009 laten lagere kansen zien. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat aanvaringen met vogels sinds 2009 beter gerapporteerd worden (mede door de media aandacht en bewustzijn van de vogel problemen rond Schiphol). Deze data zijn daarom buitenbeschouwing gelaten. Er zijn een groot aantal maatregelen om het aantal vogelaanvaringen op en rond luchthavens terug te dringen. In het algemeen zijn dit maatregelen die betrekking hebben op het onaantrekkelijk maken van de omgeving, het actief verjagen van vogels en het reduceren van de vogelpopulatie. Dit soort maatregelen worden er ook op Schiphol genomen. Schiphol probeert bijvoorbeeld door middel van soorten beplanting het luchthaventerrein zo in te richten dat het geen vogels aantrekt. Met agrariërs in de omgeving zijn overeenkomsten gesloten over het versneld onderploegen van graanresten. Hierdoor worden de akkers na de oogst minder aantrekkelijk voor vogels zodat ze elders op zoek gaan naar voedsel. De vogelwacht van Schiphol is dag en nacht paraat en verjaagt vogels van start- en landingsbanen die in gebruik zijn. Innovatieve technieken worden ook op Schiphol gebruikt zoals lasers om vogels te verjagen en radars om vogels te detecteren. Het radar detectie systeem kan worden gebruikt om te monitoren of bepaalde maatregelen effect hebben. Daarnaast wordt het systeem ingezet om actueel inzicht te geven in vogelvliegroutes welke acuut risicovol zijn voor de vliegoperatie (welke vliegpaden kruisen). Sinds 2008 worden er extra maatregelen genomen tegen de ganzen in de omgeving van Schiphol. De ganzen vliegen over Schiphol op verschillende hoogtes en gaan er niet op de grond zitten. Hierdoor is het heel moeilijk om effectieve maatregelen op Schiphol zelf te nemen. Daarom was er een aantal jaren geleden een project gestart om het aantal ganzen in een bepaalde straal rond Schiphol te verkleinen. Dit heeft geresulteerd in een vermindering van de populatie van ganzen [Van de Riet et. Al., (2015)].

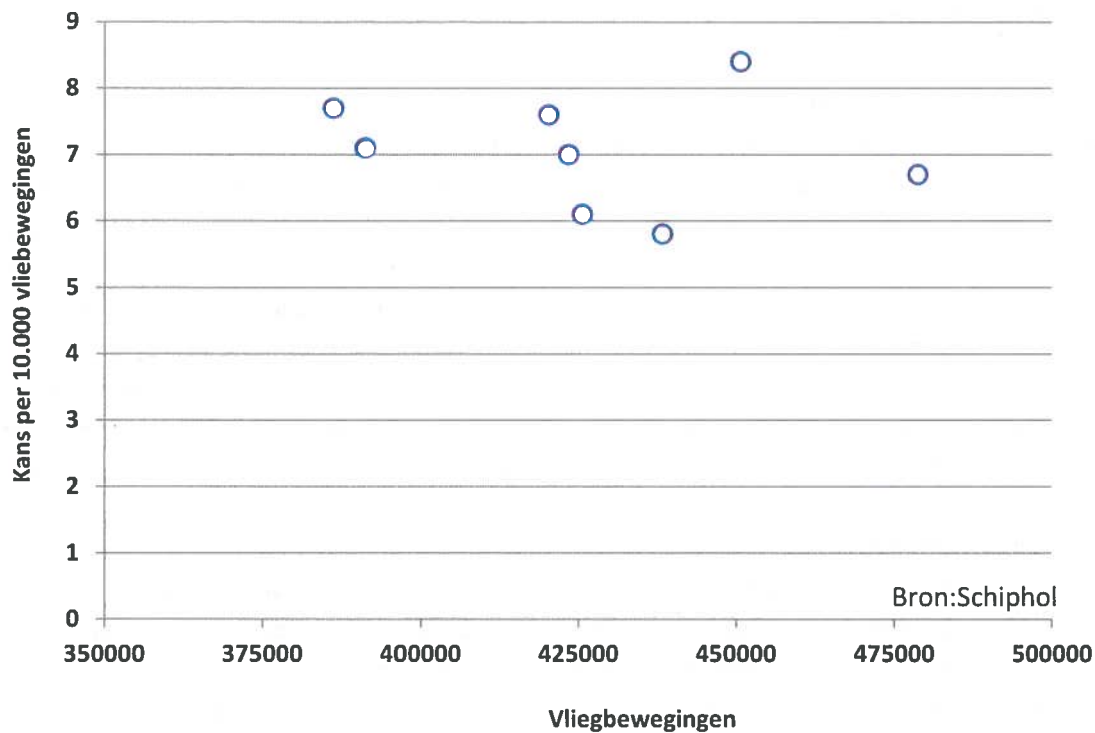


Figuur 8: Vogelaanvaringskansen Schiphol 2009-2016.

3.5.2 Invloed groei op kans vogelaanvaring Schiphol

De vraag is of een kleine toename in het aantal vliegbewegingen op Schiphol de kans op een vogelaanvaring zou kunnen vergroten met als gevolg een toename in de kans op een ernstig ongeval door een vogelaanvaring. Figuur 9 laat het verband zien tussen het aantal jaarlijkse vliegbewegingen op Schiphol en de kans op een vogelaanvaring voor de periode 2009-2016. Hieruit volgt geen direct verband tussen het aantal vliegbewegingen en de kans om een vogel te raken voor de beschouwde periode. Dit is een eerste indicatie dat er wellicht geen effect is van de toename van het verkeer op de kans op een aanvaring met vogels. Echter het geeft nog geen uitsluitsel van het effect van de toekomstige groei van het verkeer op de kans op een vogel aanvaring. Er zijn factoren gerelateerd aan de verkeerstoename die mogelijk een invloed kunnen hebben op de aanvaringskansen.

De absolute toename van het vliegverkeer in de periode 2009-2016 komt voornamelijk voor rekening van vliegtuigen in de klasse B737/A320, gevolgd door vliegtuigen in de klasse A330/B777. Historische gegevens laten zien dat de kans op een vogelaanvaring af kan hangen van het vliegtuig type. Vooral grote (passagiers) vliegtuigen hebben een hogere kans op een aanvaring met vogels dan kleinere vliegtuigen. Dit wordt deels veroorzaakt door het verschil in snelheden van deze vliegtuigen maar zeker ook door het verschil in het frontale oppervlak. De kans om een vogel te raken wordt namelijk simpelweg groter naarmate het frontale oppervlak groter wordt van het vliegtuig en of het vliegtuig sneller vliegt [Cockshutt & Gunn, (1966); Meeking, (1998)]. Tussen vliegtuigen in de klassen B737/A320 en A330/B777 zitten geen hele grote verschillen in de snelheden tijdens de start en landing. Wel is het frontaal oppervlak van de A330/B777 vliegtuigen ongeveer 2 tot 2.5 keer groter dan voor de B737/A320. Dit komt overeen met de verschillen in vogelaanvaringskansen die zijn waargenomen tussen 'narrow body' en 'wide body' vliegtuigen [Rosenthal, (2005); Meeking, (1998); Sladen-Pilon, (2008)]. Als de groei op Schiphol voornamelijk voor rekening komt van grotere vliegtuigen zoals de B777 dan is de verwachting dat de kans op een vogel aanvaring kan toenemen bij gelijkblijvende omstandigheden (dat wil zeggen geen veranderingen in de beheersmaatregelen of grote toenames in vogelpopulaties bijvoorbeeld). De absolute groei van de afgelopen twee jaar op Schiphol in vliegbewegingen komt voornamelijk van vliegtuigen uit de klasse B737/A320 die door low cost carriers worden gebruikt. Als deze trend doorzet is de verwachting dat de kans op een vogelaanvaring niet toeneemt maar eerder kan afnemen (ook weer onder aanname van gelijkblijvende omstandigheden). Bij een geringe groei zal het in de praktijk overigens moeilijk zijn om de verschillen in kansen te kunnen waarnemen. Andere factoren zoals toeval, verandering in beheersmaatregelen of weersomstandigheden kunnen dit effect namelijk maskeren.



Figuur 9: Relatie tussen het aantal vliegbewegingen en de kans op een vogelaanvaring op Schiphol (2009-2016).

Er worden steeds meer vliegtuigmotoren ontwikkeld die stiller zijn. Moderne vliegtuigen zoals de A350, de B787, de A320Neo, en de B737Max zijn voorbeelden van modellen waarop zulke motoren gebruikt worden. Deze vliegtuigen gaan in de toekomst steeds meer op Schiphol opereren. Uit een beperkt aantal studies zou blijken dat vliegtuigen met een stillere motor een groter kans hebben op een vogelaanvaring, zie bijvoorbeeld [Kelly, (2001)]. Dit zou komen omdat de vogels de vliegtuigen te laat opmerken door het mindere geluid dat ze produceren. Echter andere studies hebben dit verband niet kunnen vinden, zie bijvoorbeeld [Maragakis, (2009)]. Er is daarom geen consensus over dit effect [Sodhi, (2002)]. Stiller vliegtuigen hebben doorgaans grotere motor inlaten. Met een dergelijk grotere motor inlaat neemt het frontale oppervlak toe en dus ook de kans op een vogelaanvaring. Het kan daarom moeilijk zijn om vast te stellen welke effect overheerst: het geluid van de motoren of de grootte van de inlaat.

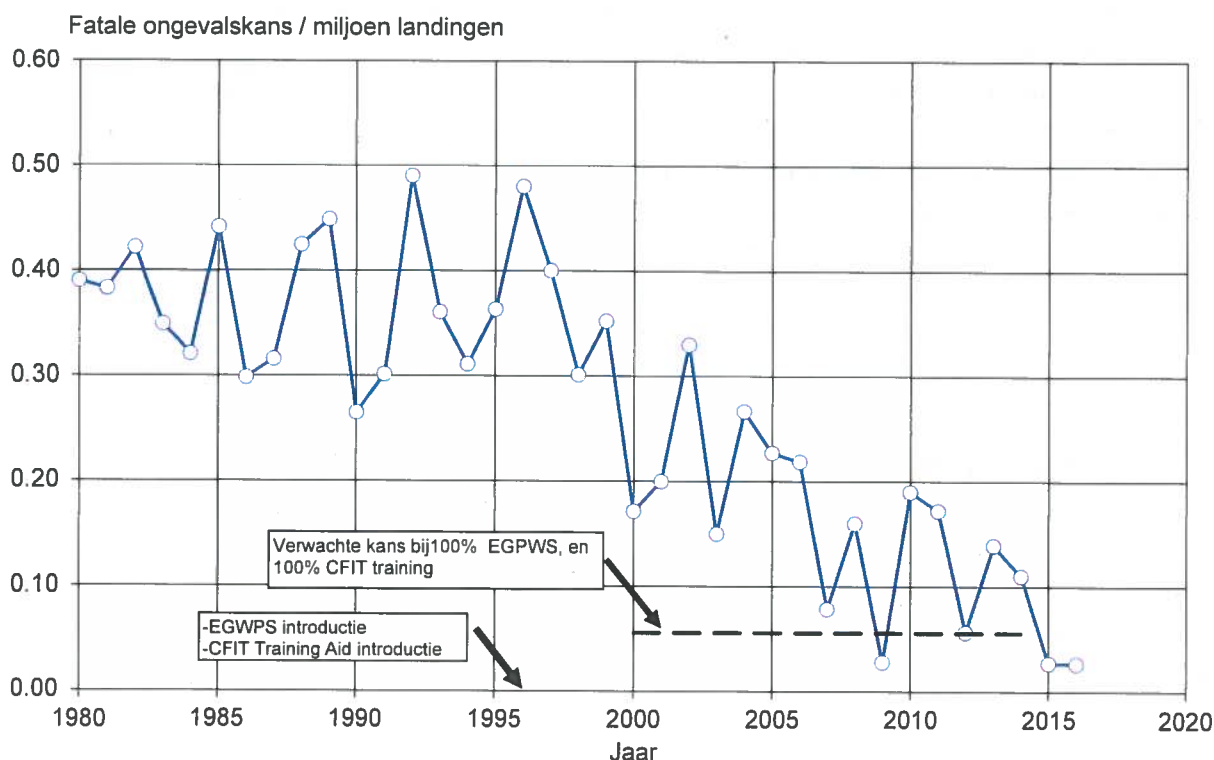
3.5.3 Conclusie

Uit de bovenstaande analyse blijkt dat een geringe groei op Schiphol van het aantal vliegbewegingen er niet toe zal leiden dat de kans op een vogelaanvaring en daarmee de kans op een ongeval gaat toenemen. Daarbij wordt aangenomen dat de groei tenminste gelijkmatig verdeeld is over het huidige verkeer of dat deze wordt verwezenlijkt door vliegtuigen in de klasse B737/A320 of kleiner.

3.6 Controlled flight into or toward terrain (CFIT)

3.6.1 Achtergronden

Ongevallen in de categorie CFIT 'Controlled Flight Into terrain' zijn een lange tijd de meest voorkomende fatale ongevallen geweest in de luchtvaart. Er zijn diverse oorzaken die hebben bijgedragen aan CFIT ongevallen. De meeste van deze factoren zijn terug te leiden naar de vliegers [IATA, (2014)]. O.a. het niet houden aan standaard procedures is een veel voorkomende factor [IATA, (2014)]. Ook de afwezigheid van naderingshulpmiddelen in combinatie met slecht zicht is een factor gebleken in veel CFIT ongevallen [IATA, (2014)]. Onstabiele naderingen zijn ook een factor in CFIT ongevallen geweest [IATA, (2014)]. Er zijn vele initiatieven geweest om deze categorie ongevallen terug te dringen. Daarbij is veel aandacht geweest voor het beter trainen van vliegers en het introduceren van technologische oplossingen. In 1996 is de CFIT Training Aid geïntroduceerd. Rond dit jaar is ook 'Enhanced Ground Proximity Warning System' EGPWS beschikbaar gekomen. Dit waarschuwt vliegers wanneer het vliegtuig te dicht bij de grond dreigt te komen terwijl dit niet de bedoeling is of wanneer het tegen een (groot) obstakel dreigt aan te vliegen. Het EGPWS systeem staat ook bekend onder de naam TAWS 'Terrain Avoidance and Warning System' en is een verbetering van een eerder ontwikkeld systeem GPWS⁹. De invloed van het beter trainen van de vliegers en vooral de introductie van EGPWS op de vermindering van CFIT ongevallen is enorm geweest. Dit wordt duidelijk geïllustreerd door Figuur 10. Hier staat de fatale CFIT ongevallen kans weergegeven voor de periode 1980 t/m 2016. De data zijn afkomstig uit de NLR Air Safety Database en beslaan wereldwijde commerciële vluchten. Voor de introductie van de speciale CFIT training en EGPWS was deze kans redelijk vlak. Daarna is de kans sterk afgenomen. Omdat EGPWS en de speciale CFIT training niet gelijktijdig is ingevoerd, heeft het een tiental jaar geduurd voordat de kans was reduceert tot het verwachte niveau welke ook is aangegeven in Figuur 10. De laatste jaren zijn er geen grote verbeteringen meer zichtbaar. Het merendeel van de commerciële vliegtuigen heeft EGPWS geïnstalleerd.



⁹ GPWS kijkt alleen maar naar beneden en heeft geen weet van obstakels en het terrein dat voor het vliegtuigpad ligt. TAWS/EGPWS maakt gebruik van een terrein/obstakel database is daarom instaat eerder waarschuwingen te geven wanneer een vliegtuig richting de grond of een obstakel dreigt te vliegen.

Figuur 10: Fatale CFIT ongevallen kans verloop tussen 1980 en 2016 (bron: NLR).

3.6.2 Invloed verkeersgroei op CFITs

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans op een CFIT ongeval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een CFIT voorval en de gebruikte mitigerende maatregelen. Data laat zien dat de belangrijkste oorzakelijke factoren liggen bij de vlieger en bij de aan-of afwezigheid van een aantal indirecte factoren. Zo verhoogt de afwezigheid van verkeersleiding met radar, baanverlichting en/of precisie naderingshulpmiddelen het risico op een CFIT ongeval [FSF, (1994)]. Goede CFIT training van de vliegers, beschikbaarheid van duidelijke procedures ter voorkoming van CFIT ongevallen, beschikbaarheid van (E)GPWS, en de beschikking over een functionerend veiligheidsmanagementsysteem bij de operators, zijn factoren die het CFIT risico sterk verlagen [FSF, (1994)].

Op Schiphol is een volledige operationeel verkeersleiding systeem beschikbaar met diverse radarsystemen en beschikken de meeste gebruikte banen over een precisie naderingssysteem (ILS). Alleen baan 24 die gebruikt wordt voor de landingen bij sterke zuid-westelijke winden beschikt niet over een ILS. Hier wordt vaak een ILS nadering gevlogen op baan 27 (of de ILS van baan 22) met een breakoff naar baan 24. Dus alleen het laatste gedeelte wordt visueel gevlogen. Alle banen op Schiphol hebben de vereiste baanverlichting. Vanuit deze punten zijn er geen CFIT risico verhogende factoren aanwezig op Schiphol.

De operators die Schiphol nu aan doen komen grotendeels (>99%) uit landen waar toezicht door de overheid op deze maatschappijen op een hoog niveau staat (meer dan de helft van de operators komt uit Nederland). Dit zijn dan ook operators met een zeer goede reputatie wat betreft vliegveiligheid en het trainen van vliegers. Ook hebben al deze operators een veiligheidsmanagementsysteem wat de CFIT risico's in kaart brengt en beheersbaar maakt. Zón systeem maakt o.a. gebruik maakt van incidentrapporten van de vliegers en analyseert vluchtdata (Flight Data Monitoring) op afwijkingen van procedures en overschrijdingen van limieten gerelateerd aan CFIT ongevallen. Dit alles wil niet zeggen dat de vliegers van deze operators geen fouten kunnen maken, maar de kans hierop is een stuk kleiner dan voor andere operators, en zal niet zo snel groter worden. Vrijwel alle vliegtuigen die Schiphol nu en in de toekomst aandoen hebben tenminste een GPWS systeem aan boord. Echter veruit de meeste vliegtuigen hebben het effectievere EGPWS verplicht aan boord.

3.6.3 Conclusie

Het is nog niet duidelijk wat het effect is van de groei op de kans op een onstabiele nadering. Als deze kans omhoog gaat dan kan dit een effect hebben op de kans op een CFIT ongeval. Een nadere analyse van EGPWS rates op Schiphol van de afgelopen jaren is daarvoor nodig inclusief de reacties van de vliegers op EGPWS waarschuwingen. Er kan misschien een effect van de groei zijn op de CFIT kans.

3.7 Fuel related (FUEL)

3.7.1 Achtergronden

Ongevallen en incidenten gerelateerd aan brandstof kunnen worden onderverdeeld in de volgende categorieën:

- Toevoerdefect (starvation/mismanagement): er is brandstof in het vliegtuig maar het is niet beschikbaar voor de motoren;
- Vervuiling (contamination): er zijn vreemde substanties in de brandstof aanwezig;
- Verkeerde brandstof (wrong fuel): de brandstof in de tanks is niet geschikt voor het type motoren;
- Tekort (exhaustion): er is geen bruikbare brandstof meer aanwezig in het vliegtuig.

De oorzaken van de eerste drie categorieën zijn gelegen in het vliegtuig zelf of in de keten van de brandstofvoorziening tot aan het tanken van vliegtuig. Oorzaken in het vliegtuig zijn onafhankelijk van het overige verkeer. Dit geldt ook voor oorzaken in de keten van de brandstofvoorziening: de processen in die keten spelen zich grotendeel buiten de luchthaven af en voor zover ze zich op een grote luchthaven als Schiphol afspelen, voldoen ze aan de hoogste kwaliteitsstandaarden, onafhankelijk van de grootte van de vraag naar brandstof. De kans op een incident in die drie categorieën is daarmee niet gerelateerd aan de verkeersvolumes.

Dergelijke redeneringen gelden niet volledig voor de laatste categorie, die daarom hieronder in meer detail wordt beschouwd.

Vluchten in de commerciële luchtvaart hebben een vluchtplan waarmee de lengte, het hoogteprofiel, en de tijdsduur van de nominale vlucht vooraf vrij nauwkeurig bekend zijn. Op grond daarvan, en op basis van factoren als het type en het gewicht van het vliegtuig en het snelheidsprofiel, wordt de benodigde hoeveelheid zogeheten Trip Fuel bepaald. Samen met een zekere hoeveelheid Taxi Fuel is dit voor een vlucht zonder verdere verstoringen voldoende voor de reis van gate tot gate.

De totale hoeveelheid brandstof die een vliegtuig tankt voor een vlucht bestaat daarnaast uit¹⁰:

- Brandstof voor onvoorziene omstandigheden (contingency fuel). Dit is extra brandstof voor factoren als wind, route- of luchtruimbependingen (die blijken tijdens de vlucht) en afwijkingen door verkeersleidingsinstructies. De hoeveelheid is typisch het maximum van 5% van de Trip Fuel en het equivalent van 5 minuten holden op 1500ft.
- Reserve brandstof (Final Reserve Fuel of Holding Fuel). Dit is brandstof voor de gevallen dat het vliegtuig langer in de lucht moet blijven dan voorzien, typisch als er voor langere tijd geen eindnadering op de luchthaven van de bestemming of de alternatieve luchthaven kan worden ingezet. De hoeveelheid is typisch gelijk aan de hoeveelheid brandstof om 30 minuten op lage hoogte te vliegen.
- Brandstof voor uitwijken (Alternate Fuel). Dit is brandstof die nodig kan zijn als er niet op de bestemming geland kan worden maar er moet worden uitgeweken naar een alternatief veld. De hoeveelheid komt typische overeen met de brandstof nodig voor het maken van een missed approach op de bestemming, het klimmen, het vliegen naar de alternatieve luchthaven en de nadering en landing.
- Extra brandstof (extra fuel). Dit is een hoeveelheid brandstof die de captain van de vlucht nodig acht als additionele marge.

¹⁰ De opsomming hieronder is niet geheel volledig omdat er in bijzondere gevallen nog meer brandstof mee gaat als ballast om het zwaartepunt binnen grenzen te houden of als de bestemming een afgelegen luchthaven betreft waarvoor geen alternatieve luchthaven bestaat.

3.7.2 Invloed van groei op brandstofgerelateerde ongevallen

Zoals boven aangegeven zijn er vier subcategorieën: toevoerdefect, vervuiling, verkeerde brandstof, en tekort. De oorzaken van de eerste drie subcategorieën zijn gelegen in het vliegtuig zelf of in de keten van de brandstofvoorziening tot aan het tanken van vliegtuig. De processen in die keten spelen zich grotendeel buiten de luchthaven af en voor zover ze zich op een grote luchthaven als Schiphol afspelen, voldoen ze aan de hoogste kwaliteitsstandaarden, onafhankelijk van de grootte van de vraag naar brandstof. Het voorkomen van incidenten of ongeval door toevoerdefect, vervuiling en verkeerde brandstof zijn daarmee min of meer volledig onafhankelijk van de uitvoering van de vlucht, zeker van de hoeveelheid verkeer.

Dit geldt niet voor de subcategorie “tekort”. Uitgaande van de hoeveelheden brandstof zoals in de vorige sectie beschreven zijn er in essentie twee mogelijke oorzaken voor brandstoftekort:

- Er is minder getankt dan nodig, bijvoorbeeld door een fout in de berekeningen of in de communicatie tussen de luchtvaartmaatschappij en de partijen betrokken bij het tanken en het toezicht daarop;
- De vlucht heeft meer brandstof nodig dan waarin is voorzien, bijvoorbeeld doordat er eerst 20 minuten moet worden gehold bij de luchthaven van de bestemming, dan wordt uitgeweken naar het alternatieve veld en er opnieuw 20 minuten moet worden gehold.

De eerste oorzaak is, net als de eerder genoemde categorieën brandstoftoevoerdefect, vervuiling, verkeerde brandstof onafhankelijk van de hoeveelheid verkeer. De kans op een scenario waarin de tweede oorzaak een rol speelt is ook onafhankelijk van de hoeveelheid verkeer. De reden daarvoor is dat het Europese luchtvaartstelsel zo is ingericht dat een vlucht niet zal vertrekken als er op dat moment al bekend is dat ergens een gebrek aan afhandelcapaciteit kan ontstaan, hetzij in een luchtruim, hetzij op de luchthaven van de bestemming. Dit stelsel is gebaseerd op het monitoren van zogeheten Traffic Flow Volumes (als de Amsterdam FIR), waarin de voorspelde hoeveelheid verkeer wordt vergeleken met een van de omstandigheden afhankende drempelwaarde. Als de hoeveelheid verkeer te groot dreigt te worden, dan worden vluchten gereguleerd door de centraal georganiseerde Network Manager in Brussel, die bijvoorbeeld een Calculated Take-off Time voor een vlucht kan bepalen waarop die dan met een beperkte tolerantie van -5 en + 10 minuten moet vertrekken ([ATCFM Operational Manual. (2015)], [EU 255 (2010)]).

Dit stelsel biedt echter geen oplossing voor situaties die zich tijdens de vlucht onverwachts kunnen voordoen. Het is mogelijk dat er bijvoorbeeld voor langere tijd niet op de luchthaven geland kan worden door oorzaken die pas blijken gaande de vlucht; bijvoorbeeld als gevolg van niet voorspeld onweer of de dreiging van een aanslag.

De effecten van het onvoorzien, mogelijk gedeeltelijk, sluiten van een luchthaven nemen echter wel toe bij grotere verkeersvolumes: er komen per tijdseenheid meer vluchten bij, die dan typisch de holding in gaan en vervolgens zal de holding, met een beperkte capaciteit¹¹, eerder vollopen of langzamer kunnen leeglopen.

Dit alleen is geen oorzaak voor brandstoftekort: de vliegers kennen de hoeveelheid beschikbare brandstof en weten aan de hand van een aangepaste Estimated Approach Time of de zogeheten onward clearance time of deze hoeveelheid voldoende is en kunnen dan vervolgens uitwijken.

Desondanks, kan bij een ernstige onvoorziene verstoring of calamiteit een beroep op de holding capaciteit en uitwijkmogelijkheden gedaan kunnen worden, die bij verdere groei ontoereikend zou kunnen blijken te zijn. Als wordt aangenomen dat er in dat proces een zekere kans is dat dit toch leidt tot een incident of ongeval van de categorie

¹¹ De maximale capaciteit van de holdings op de drie IAFs (Artip, River en Sugol) van Schiphol is 18 vliegtuigen, waarbij dan alle Flight Levels tussen FL70 en FL240 worden gebruikt. River kan eventueel overlopen naar de holding bij Narso; alle holdings kunnen overlopen naar een ad hoc holding maar dit gebeurt praktisch nooit.

brandstoftekort, dan wordt de kans per vlucht op dat type incident of ongeval verhoogd. In het artikel [Drees. (2017)] wordt een mogelijk verband gelegd tussen de benodigde hoeveelheid brandstof (in het bijzonder het equivalent van 30 minuten reserve brandstof) en het verkeersvolume.

3.7.3 Conclusie

Van de vier brandstofgerelateerde subcategorieën is er één, namelijk “brandstoftekort”, met een verband met de hoeveelheid verkeer. Doordat de mechanismes die verkeersvolumes en afhandelcapaciteit in balans houden goed werken, wordt de kans dat een vliegtuig meer brandstof voor de geplande vlucht nodig heeft dan voorzien niet verhoogd bij toenemend verkeer.

Desondanks is het niet uit te sluiten dat er een effect van groei bestaat op de kans op een brandstofgerelateerd ongeval. De belangrijkste factor hierbij is de beschikbare holding- en uitwijkcapaciteit op Schiphol. Nadere analyse zal nodig zijn om zeker te stellen dat bij groei de beschikbare holding- en uitwijkcapaciteit op Schiphol voldoende is om ingeval van onvoorziene situaties, waarbij de luchthaven mogelijk volledig of gedeeltelijk gesloten moet worden, het luchtverkeer veilig afgehandeld kan worden.

Om dat te bepalen zou er gekeken kunnen worden naar grootheden als het aantal meldingen van Fuel Emergency en het aantal keren dat een holding is volgelopen, afgezet tegen het aantal vluchten per jaar.

3.8 Ground handling (RAMP)

3.8.1 Achtergronden

Deze categorie betreft alle voorvallen die zich kunnen voordoen tijdens, of als gevolg van, grondaafhandeling. Het betreft botsingen tijdens het in- of uitstappen, beladen of servicen van het vliegtuig. Het betreft alle botsingen, waarbij het vliegtuig niet op eigen kracht beweegt, en vinden dus vooral plaats op de parkeergebieden. Onder deze categorie vallen ook voorvallen, waarbij personen geraakt worden door propellor of fan bladen, of door jet blast.

3.8.2 Invloed van groei op ground handling ongevallen

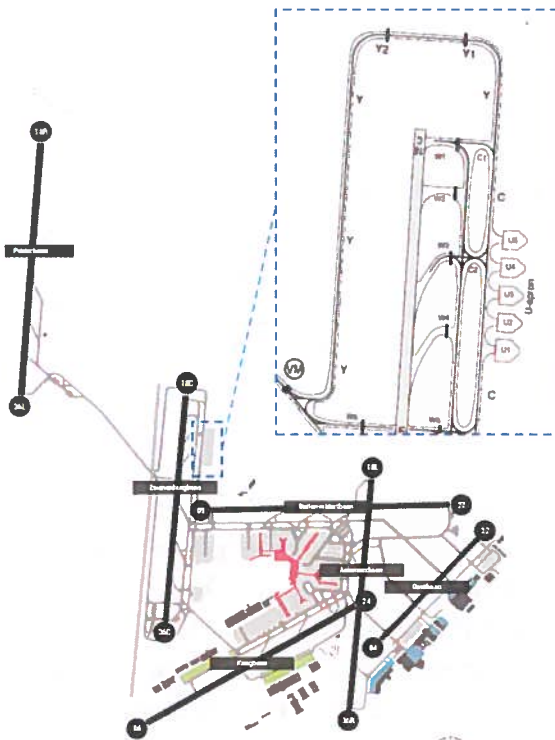
De Airports Council International Europe (ACI Europe) heeft in haar position paper van 2011 (ACI, 2011) benadrukt dat goed functionerende Ground Service Providers (GSP) een randvoorwaarde zijn voor een veilige, efficiënte en betrouwbare operatie op een luchthaven in de huidige, sterk concurrerende markt. Vanwege de korte tijd die beschikbaar is voor afhandeling van passagiers, bagage en het vliegtuig, heeft inadequate afhandeling door GSP serieuze gevolgen voor de totale operatie van een luchthaven. Dit kan resulteren in een verhoging van het aantal veiligheidsincidenten.

Om een verdere groei in bewegingen op Schiphol te accommoderen is in 2017 het besluit genomen om een extra pier (Pier A) te bouwen met 8 opstelplaatsen (zie Figuur 11). Deze pier is naar verwachting in 2019 gereed.



Figuur 11: Plannen Pier A

Tot die tijd zal Schiphol de groei echter moeten opvangen met de al aanwezige infrastructuur. Om de zomerpiek van 2017 op te vangen is onder meer besloten structureel gebruik te maken van de bufferposities U1 t/m U5, parallel aan taxibaan C, om vliegtuigen af te handelen (zie Figuur 12).



Figuur 12: Bufferposities U1 t/m U5

Met betrekking tot een veilige en efficiënte grondaafhandeling van vliegtuigen op Schiphol zijn in het verleden de volgende probleemgebieden geïdentificeerd (NLR, 2009):

- Adequate communicatie;
- Beschikbaarheid van voldoende gekwalificeerd en gemotiveerd personeel;
- Beschikbaarheid van voldoende geschikt materieel;
- Werkzaamheden op een beperkt oppervlak.

De toekomstige groei van Schiphol zal op elk van deze probleemgebieden invloed uitoefenen. Deze invloeden zijn hieronder verder uitgewerkt.

Adequate communicatie

Elke Ground Service Provider (GSP) is afhankelijk van communicatie over bijvoorbeeld mass & balance, technische status, fuel status en gate toewijzing. Wanneer het aantal turnarounds toeneemt, zal de communicatie die wordt gevoerd tussen voertuigchauffeurs en LVNL Ground Control (GC), AAS Apron Control Planning and Control operation (APC) en intern binnen GSPs toenemen. Dit zal de kans op fouten vergroten. De risico's van niet, of gebrekkig communiceren zijn al in 2008 door het Veiligheidsplatform Schiphol (VpS) aangemerkt als belangrijk agendapunt (NLR, 2008) om de veiligheid van het grondaafhandelingsproces te verbeteren. Daarnaast heeft het European Commercial Aviation Safety Team (ECAST) in 2010 onderzocht en vastgesteld dat communicatie een van de belangrijkste oorzaken was voor het maken van fouten onder afhandelingspersoneel (ECAST, 2010). Het is aannemelijk dat de kans op fouten in de communicatie bij de afhandeling vergroot wordt door de werkdruk die gepaard gaat met een groei in vliegverkeer. Mogelijke effecten kunnen zijn dan vliegtuigen incorrect worden beladen, met een tailstrike of loss of control tot gevolg, of dat toestemming voor pushback wordt gegeven terwijl ander verkeer achter het vliegtuig langs rijdt, met een aanrijding tot gevolg.

Beschikbaarheid van voldoende gekwalificeerd en gemotiveerd personeel

De groei in het aantal bewegingen op Schiphol heeft tot gevolg dat de GSPs hun capaciteit in materieel en mensen moeten vergroten. Volgens (FNV, 2015) is er op dit moment echter al sprake van een ernstig tekort aan ervaren personeel en zijn er bij veel GSPs onvoldoende middelen beschikbaar om te investeren in personeel en materieel. Dit heeft tot gevolg dat er gewerkt wordt met minimale bezetting en met onervaren krachten, en dat materieel zo lang mogelijk in bedrijf wordt gehouden. Bij een verdere groei van Schiphol zal dit spanningsveld verder worden vergroot en dat kan resulteren in een toename in aanrijdingen vanwege defect materiaal of onervaren personeel. Het kan ook leiden tot een toename in ongevallen vanwege een te laag bewustzijn van de gevaren die geassocieerd zijn met het werken op een vliegtuigopstelplaats (VOP).

Beschikbaarheid van voldoende, geschikt materieel

Wanneer extra VOPs worden gecreëerd op relatief grote afstand van de terminal, zoals de bufferposities U1 t/m U5 parallel aan taxibaan C, zullen de chauffeurs van GSPs langere afstanden moeten afleggen om vliegtuigen af te handelen, waardoor er voor de totale operatie minder capaciteit beschikbaar is. Dit geldt ook voor de tankdiensten, catering- en schoonmaakbedrijven en verhoogt de werkdruk op andere VOPs bij gelijkblijvende capaciteit. Verstoringen, bijvoorbeeld bij het onvoorzien uitvallen van materieel, zullen moeilijker kunnen worden opgevangen omdat er grote afstanden moeten worden afgelegd. Omdat de meeste GSPs op Schiphol onder grote concurrentiedruk staan, zal eerst een grondige kosten-baten analyse nodig zijn voordat er wordt geïnvesteerd in nieuw - of extra - materieel. De verwachting is dat het huidige materieel zo efficiënt en zo lang mogelijk zal worden ingezet (FNV, 2015). Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de kwaliteit van het gebruikte materieel en creëert daarmee een risico voor zowel mens als materieel (voertuig en vliegtuig).

Werkzaamheden op een beperkt oppervlak

Bij een toename van het aantal bewegingen op Schiphol, zal ook het aantal bewegingen van voertuigen van GSP exponentieel toenemen; elke turnaround vereist namelijk ten minste dat bagage wordt uit- en ingeladen en dat het vliegtuig een pushback ontvangt vanaf de gate. Het is onvermijdelijk dat deze voertuigen gebruikmaken van het platform en de randwegen. Bij langere of ingewikkelder turnarounds kan het voorkomen dat er 10 verschillende organisaties met hun voertuigen aanwezig zijn in- en rond het vliegtuig (NLR, 2007).

Wanneer extra VOPs in gebruik worden genomen, zullen voertuigen van GSP zich moeten verplaatsen via de randwegen, waardoor de verkeersdichtheid toenemen, en hiermee het risico op aanrijdingen bij het op- en afrijden van een VOP.

Door de ingebruikname van extra VOPs, zoals U1 t/m U5, zal GSP verkeer via de randwegen en taxibanen van- en naar de VOPs moet rijden. Dit geeft extra werklast voor de LVNL GC, omdat elke taxibaan kruising door hen gecoördineerd moet worden, waardoor de kans op fouten wordt vergroot. Daarnaast leidt extra verkeer op de taxibanen tot een verhoogde kans op een ground collision. Kruisend GSP verkeer kan ook een negatieve invloed hebben op de doorstroom van taxiënde vliegtuigen, terwijl de verkeersdichtheid op taxibanen in de huidige situatie al wordt gezien als mogelijk obstakel voor een verdere groei van Schiphol (NLR, 2015). Om het stijgende aantal 'encounters' in de 'manoeuvring area' tegen te gaan, onder andere encounters met voertuigen, is in eind 2015 het Ground Movement Safety Team opgericht door LVNL en AAS. De activiteiten van deze werkgroep beperken zich echter alleen tot de manoeuvring area en laten de VOPs buiten beschouwing.

Wanneer bij groei van het aantal vliegbewegingen geen VOPs beschikbaar worden gesteld, zullen de turnaround-tijden verder moeten worden ingekort om voldoende vliegtuigen te kunnen afhandelen op het beschikbare oppervlak. Dit heeft verschillende gevolgen:

- Passagiers moeten sneller in- en uitstappen, wat de kans op *slips, trip and falls* vergroot;
- Bagage en/of cargo moet sneller worden uit- en ingeladen. Tijdens dit proces gebeuren de meeste incidenten en ongevallen waarbij vliegtuigschade wordt veroorzaakt (NLR, 2009);
- Meerdere afhandelingsactiviteiten moeten steeds meer gelijktijdig plaatsvinden, waardoor er meer voertuigen gelijktijdig op de VOP moeten rijden en staan. Dit vergroot de kans op incidenten en ongevallen (schade aan voertuigen en/of vliegtuig).
- Er is minder tijd voor de cabin crew om de vereiste voorbereidingen en checks (equipment & security checks) uit te voeren;
- Het op tijd verstrekken zal steeds belangrijker worden omdat de VOP vrijgemaakt moet worden voor het volgende vliegtuig. De druk op het grondpersoneel om op tijd te vertrekken neemt toe. Grondpersoneel kan de cabin crew weer onder druk zetten hun werkzaamheden snel af te ronden omdat het vliegtuig weg moet;
- De marge om kleine verstoringen of vertragingen op te vangen wordt steeds kleiner. Het overschrijden van deze marge zal steeds grotere gevolgen hebben voor de rest van de operatie;

Bovenstaande punten zijn achterliggende oorzaken die een negatieve invloed kunnen hebben op de veiligheid.

Daarnaast heeft het European Commercial Safety Team (ECASST) in 2010 onderzocht en vastgesteld dat factoren als tijdsdruk, stress, vermoeidheid en communicatie de belangrijkste oorzaken waren voor het maken van fouten onder afhandelingspersoneel (ECASST, 2010). Het maken van fouten zal niet direct leiden tot incidenten of ongevallen, mits voldoende en adequate veiligheidsbarrières aanwezig zijn om de negatieve effecten van fouten te mitigeren. Om dit

te borgen is een goed functionerend veiligheidsmanagementsysteem bij GSP noodzakelijk, wat op dit moment nog niet wettelijk vereist is.

3.8.3 Conclusies

Geconcludeerd kan worden dat het aannemelijk is dat bij een groei van het aantal bewegingen de ongevalskans per beweging gerelateerd aan grondafhandeling toeneemt. Dit komt omdat er meer communicatie nodig is, een groter beroep op de beschikbare capaciteit (mensen en middelen) wordt gedaan, meer voertuigbewegingen plaatsvinden zowel op de VOP als op de randwegen en de werkdruk wordt verhoogd. Dit alles leidt tot een verhoogde kans op fouten en het verkleinen van de (veiligheids)marges om verstoringen op te vangen en fouten te mitigeren.

3.9 Loss of control - inflight (LOC-I)

3.9.1 Achtergronden

Ongevallen in de categorie LOC-I 'Loss Of Control-In-flight' hebben betrekking op ongevallen waarbij de bemanning niet langer in staat is het vliegtuig te besturen, met als gevolg dat een onherstelbare afwijking van het gewenste vliegp pad ontstaat.

LOC-I ongevallen zijn in bijna alle gevallen fataal: 97% van de LOC-I ongevallen leidt tot dodelijke gevolgen voor de bemanning en passagiers [IATA (2015)]. In sommige gevallen leiden LOC-I ongevallen ook tot slachtoffers op de grond, omdat vliegers bij een onbestuurbaar vliegtuig, geen invloed kunnen hebben op de crash locatie. Het ongeval met een El-Al Boeing 747 in de Bijlmermeer op 4 oktober 1992 is hiervan een tragisch voorbeeld.

De LOC-I ongevals categorie is al een aantal jaren wereldwijd de meest voorkomende in de luchtvaart. Een recente analyse [Boeing, (2015)] geeft het volgende beeld.

Fatalities by CICTT Aviation Occurrence Categories

Fatal Accidents | Worldwide Commercial Jet Fleet | 2006 through 2015



Note: Principal categories as assigned by CAST.

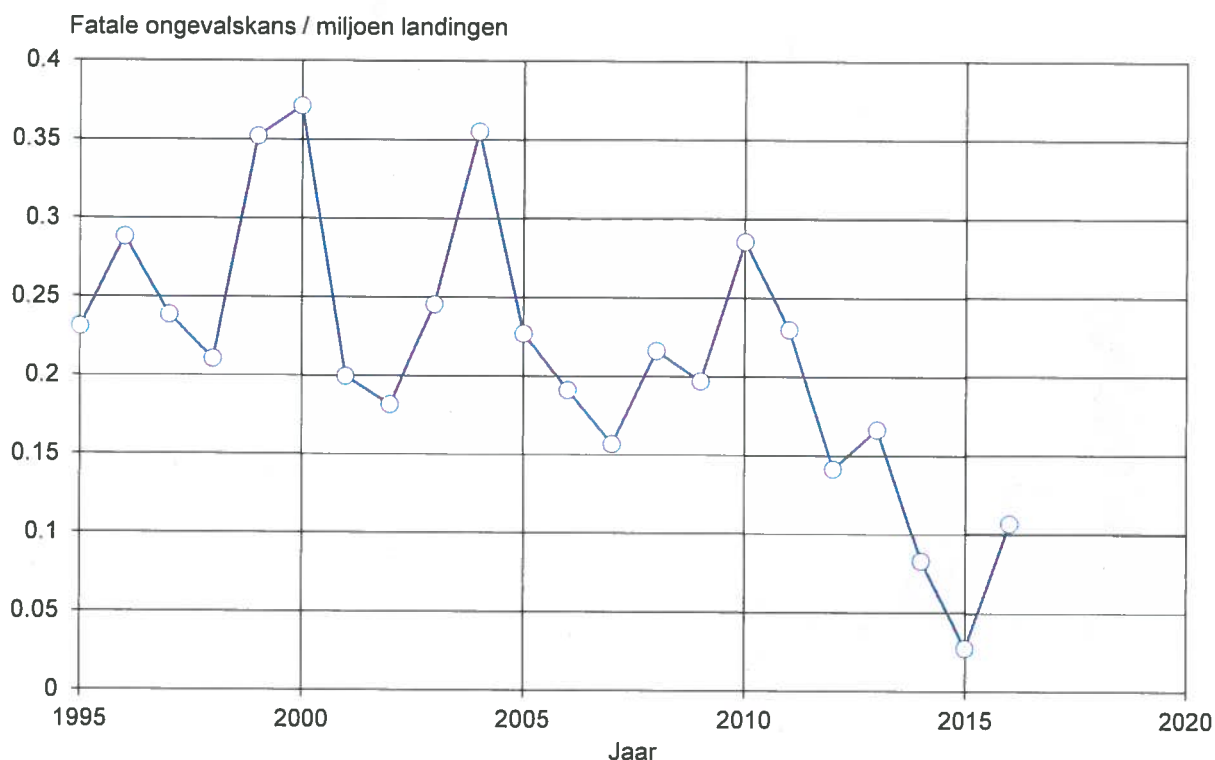
Figuur 13: Dodelijke vliegtuigongevallen over de periode 2006-2015, per ongevals categorie. Bron: [Boeing, (2015)].

Hieruit komt naar voren dat LOC-I over de laatste 10 jaar met afstand de belangrijkste oorzaak is voor dodelijke ongevallen. Om deze reden is deze categorie ongevallen dan ook onderwerp van diverse wereldwijde initiatieven om het aantal naar beneden te brengen. Een belangrijk initiatief in dit verband betreft het Civil Aviation Safety Team (CAST), dat aan het eind van de vorige eeuw een grootschalige actie heeft ondernomen om door middel van teams van wereldwijde experts de oorzaken van LOC-I ongevallen nader te analyseren (de zogenaamde Joint Safety Analysis Teams¹²) en maatregelen voor te stellen om deze ongevallen te voorkomen. Dit heeft geleid tot diverse interventie-strategieën, die erop gericht zijn om de kans op een LOC-I ongeval naar beneden te brengen.

Sinds circa 2005 wordt het effect van deze initiatieven geleidelijk zichtbaar. Dit wordt geïllustreerd door Figuur 14.

Hier staat de fatale LOC-I ongevalskans weergegeven voor de periode 1995 t/m 2016. De data zijn afkomstig uit de NLR Air Safety Database en beslaan wereldwijde commerciële vluchten.

¹² NLR heeft als expert in de Loss Of Control JSAT deelgenomen.



Figuur 14: Ontwikkeling fatale LOC-I ongevalsrisico tussen 1995 en 2016 (bron: NLR).

Ondanks deze geleidelijke verbetering blijft LOC-I nog steeds de dominante categorie voor fatale ongevallen.

Er zijn diverse oorzaken die bijgedragen aan LOC-I ongevallen. Veel van deze factoren zijn terug te leiden naar de vliegers [Jacobsen, (2010) en Belcastro, (2010)], zoals onvoldoende training, onvoldoende vliegvaardigheid, situational awareness, niet-stabiele naderingen, onjuiste handelingen naar aanleiding van systeemfouten, etc. Ook de weersomstandigheden kunnen een belangrijke rol spelen bij LOC-I ongevallen, zoals turbulentie, windscherping en ijsvorming. Tenslotte kunnen LOC-I ongevallen veroorzaakt worden door het falen van een systeem, zoals verkeerde aanwijzingen van sensoren, motorstoringen, schade aan stuurvlakken, etc.

Er is niet één bepaalde factor die een dominante rol speelt bij LOC-I ongevallen. Daarom is een veelheid van initiatieven nodig om LOC-I gevallen te kunnen verminderen. Desondanks, speelt menselijk handelen bij LOC-I een zeer belangrijke rol: in circa 70% van de gevallen is (onjuist) handelen van de bemanning de voornaamste factor bij het tot stand komen van het ongeval.

Veel initiatieven zijn er daarom op gericht de vliegertraining te verbeteren, zoals bij voorbeeld door Upset Recovery Training en door vliegers opmerkzaam te maken op manieren om een LOC-I situatie te herstellen. Hiertoe is in 2008 door de Flight Safety Foundation de "Airplane Upset Recovery Training Aid" gepubliceerd.

Ondanks deze initiatieven en de geleidelijke afname in de LOC-I ongevalsrisico, zoals geïllustreerd in Figuur 14, blijft LOC-I een belangrijke ongevalscategorie, en daarmee ook zeer relevant voor de veiligheid op en rond Schiphol. Dit wordt nog eens onderstreept door het feit dat het laatste fatale ongeval op Schiphol (te weten het ongeval met Turkish Airlines, op 25 februari 2009) een LOC-I ongeval was.

3.9.2 Invloed verkeersgroei op LOC-I ongevalsrisico

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans van een LOC-I ongeval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een LOC-I voorval.

Data laten zien dat belangrijke oorzakelijke factoren liggen bij de vlieger en het systeemontwerp. Het wordt echter verwacht dat bij een beperkt groeiscenario de vlootsamenstelling (en het systeemontwerp daarvan) niet significant zal wijzigen. Ook de mate waarin vliegers getraind zijn om LOC-I ongevallen te voorkomen, zal naar verwachting niet significant wijzigen ten opzichte van de uitgangssituatie. Daarmee wordt de dominante factor in LOC-I ongevallen niet significant beïnvloed door een beperkte groei.

De veronderstelling dat de vlootsamenstelling ongewijzigd blijft is belangrijk, omdat uit de literatuur [IATA (2014)] bekend is dat bijvoorbeeld vrachtvliegtuigen een aanzienlijk hogere kans op een LOC-I ongeval hebben (meer dan een factor twee) dan passagiersvliegtuigen. Ook blijken turbo-prop vliegtuigen gevoeliger voor loss-of-control dan straalvliegtuigen (ook ongeveer een factor twee). Daarom is het van belang vast te stellen of het aandeel vrachtvliegtuigen of turbo-props niet disproportioneel zal toenemen. In het geval dat dit aandeel zou afnemen, kan dit dus een gunstig effect hebben.

Specifieke karakteristieken van een luchthaven en verkeersleiding kunnen naast genoemde factoren een rol spelen bij het tot stand komen van een LOC-I ongeval, wanneer deze zouden kunnen bijdragen aan het ontstaan van een hoge werkbelasting en verminderde situational awareness bij de vlieger. Ook onstabiele naderingen hebben in een aantal gevallen bijgedragen aan het ontstaan van LOC-I ongevallen. Wanneer het groeiscenario hogere werkbelasting, verminderde situational awareness en onstabiele naderingen in de hand zou werken, dan zou dit een effect kunnen hebben op de LOC-I ongevals-kans per vlucht.

Nader zal onderzocht moeten worden of de groeiscenario's daadwerkelijk deze effecten met zich mee zouden kunnen brengen. Er kan mogelijk gedacht worden aan vaker verkort indraaien, op basis van ATC vectors, naar de Final Approach Fix om de baancapaciteit te verhogen. Het is bekend, dat dit tot een verhoging van de werklust en onstabiele naderingen kan leiden, en daarmee tot een verhoging van het risico. Ook het mogelijk verkleinen van de separatie intervallen tussen vliegtuigen kan de capaciteit verhogen, maar kan tegelijkertijd leiden tot een grotere kans op uitwijkmanoeuvres, go-arounds of onstabiele naderingen. Ook dit zou kunnen leiden tot een verhoging van de LOC-I kans. Het is daarom van belang om vast te stellen op welke wijze de luchthaven en de verkeersleiding de groei willen accommoderen, en te beoordelen of dit kan bijdragen tot een toename in de factoren die kunnen leiden tot een LOC-I ongeval.

3.9.3 Conclusie

Gezien het grote belang van het voorkomen van LOC-I ongevallen ten behoeve van het waarborgen van de veiligheid wordt geconcludeerd dat een effect van groei op de LOC-I ongevals-kans niet op voorhand kan worden uitgesloten. Nadere studie van mogelijke effecten in samenhang met de capaciteitsverhoging is daarvoor vereist. Belangrijke aspecten zijn hierbij de verkeersafhandeling door de luchtverkeersleiding, en de verkeerssamenstelling van de groeicomponent.



3.10 Navigation errors (NAV)

3.10.1 Achtergronden

Deze categorie van navigatiefouten betreft de voorvallen, incidenten en ongevallen waarin het incorrect navigeren van het vliegtuig, in de lucht of op de grond, een rol speelt. Dit betreft de volgende subcategorieën:

- Laterale navigatiefouten veroorzaakt door ongeschikte navigatiemiddelen op de grond of onjuist programmering van vliegtuigsystemen;
- Luchtruimschendingen als het resultaat van onjuiste navigatie, fouten in de planning en dergelijke;
- Hoogteafwijkingen ("level busts");
- Taxibaan excursions (niet als gevolg van gebrek aan controle of opzet);
- Geen nauwkeurig geleiding door navigatiesignalen ("*failure to accurately track navigation signals*"), zowel lateraal als verticaal;
- Afwijking van klaringen en instructies van de luchtverkeersleiding of van gepubliceerde procedures;
- Geen naleving van de klaringen, instructies of beperkingen tijdens operaties op de grond.

Navigatiefouten zijn in sommige scenario's een causale factor in een ongeval in een andere categorie:

- Als een navigatiefout leidt tot een botsing met een ander vliegtuig in de lucht, is er zowel sprake van een NAV als een MAC;
- Als het vertrekken of landen of het kruisen van een baan zonder klaring plaats vindt, is er zowel sprake van een NAV als een RI;
- Als een standard-instrument-vertrek of een instrument-nadering door navigatiefouten leidt tot een botsing met een obstakel, is er zowel sprake van een NAV als een CTOL.
- Als een vliegtuig niet op het glijpad van de ILS blijft, is er zowel sprake van een NAV als een CTOL.

Om dubbeltellingen te voorkomen zal in een verdere analyse van de invloed van verkeersgroei op ongevallen een unieke allocatie van dergelijke voorvallen in categorieën plaats vinden. Hier wordt de analyse beperkt tot de invloed van verkeersgroei op de kans van een NAV-ongeval per vlucht. Daarbij speelt het onderscheid tussen de volgende oorzaken een rol:

- Fouten of omissies in de navigatiemiddelen of -diensten, buiten het domein van het vliegtuig;
- Fouten in het domein van het vliegtuig;
- Fouten in het domein van de vlieger.

3.10.2 Invloed verkeersgroei op NAV

De vraag wat de invloed is van verkeersgroei op de kans op een NAV-ongeval per vlucht wordt beantwoord door de mogelijke oorzaken van navigatiefouten te beschouwen. De mogelijke oorzaken daarvan liggen in het domein van navigatiemiddelen, het vliegtuig of de vlieger. Hierbij is het van belang dat het laatste domein ook het volgende omvat: fouten en misverstanden in het grensvlak tussen enerzijds de vlieger en anderzijds de klaringen en instructies van de luchtverkeersleiding, de gepubliceerde procedures of de beperkingen van de luchthaven op de grond¹³.

¹³ Voorvallen die hier worden ingedeeld als "fout in het domein van de vlieger" kunnen dus een oorzaak hebben in een fout buiten de vlieger.

De kans op fouten of omissies in de navigatiemiddelen of -diensten zijn onafhankelijk van het overige verkeer: de processen in die keten spelen zich grotendeel buiten de luchthaven af en voor zover ze zich op een grote luchthaven als Schiphol afspelen, voldoen ze aan de hoogste kwaliteitsstandaarden, onafhankelijk van de verkeersdrukte. De kans op een NAV-voorval als gevolg van de eerste soort oorzaken is daarmee niet gerelateerd aan het verkeer. Dit geldt ook voor fouten in het domein van het vliegtuig.

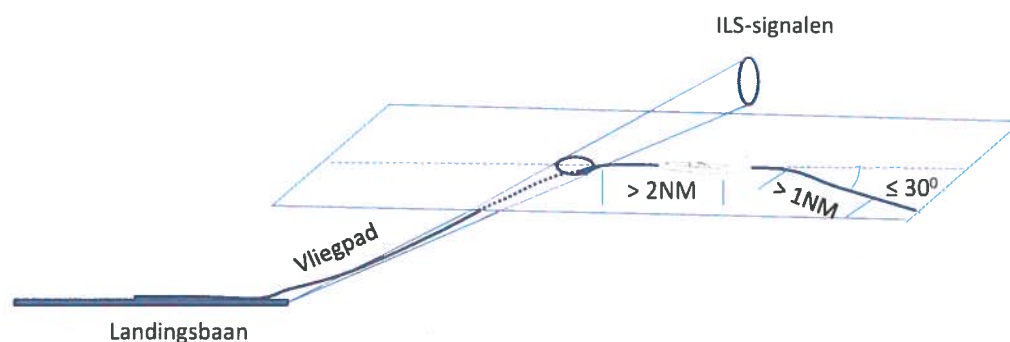
Voor de fouten in het domein van de vlieger geldt dit niet zonder meer. In het bijzonder zijn er twee aspecten waarin het verkeersvolume een rol kan spelen: ILS-navigatie en klaringen en instructies van de luchtverkeersleiding. Deze twee aspecten worden hieronder in meer detail behandeld.

3.10.3 Invloed verkeersgroei op ILS-navigatie

Het kan zijn dat de drukte leidt tot minder tijd voor goede navigatiegeleiding. Dit is niet goed voorstelbaar voor de veruit meest gebruikte vertrekoperatie, namelijk die middels een Standard Instrument Departure (SID), waarbij het vliegtuig doorgaans zelfstandig navigeert. Het is wel voorstelbaar voor de veruit meest gebruikte eindnadering, namelijk middels een ILS¹⁴.

Voor goede geleiding van het vliegtuig naar de landingsbaan met behulp van het ILS-systeem is het namelijk nodig dat het vliegtuig de signalen tijdig en juist oppakt en vervolgens daarmee stabiel navigeert. Typische richtlijnen daarvoor zijn¹⁵:

- De hoek tussen de gevectorde koers naar het localisersignaal en het verlengde van de baan is 30° of minder;
- Het pad van de laatste gevectorde koers bevat minimaal 1 NM stabiele vlucht zonder verticale beweging tot aan de interceptie van het localisersignaal;
- Het pad na interceptie van het localisersignaal bevat minimaal 2 NM stabiele vlucht zonder verticale beweging tot aan de interceptie van het glijpadsignaal;
- Het glijpadsignaal wordt van onderen geïntercept.



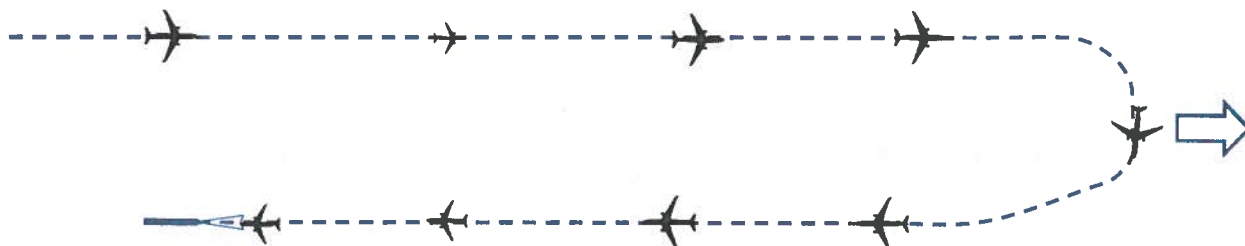
¹⁴ ILS staat voor Instrument Landing System. Dit systeem kent twee onderdelen: het localiser-signaal voor laterale navigatie naar de baan en het glijpadsignaal voor verticale navigatie naar de baan. Het is ook mogelijk alleen het localiser-signaal te gebruiken, maar omdat dit relatief weinig gebeurt gaat de hoofdttekst in op de nadering met het gebruik van beide signalen.

¹⁵ De richtlijnen komen uit de PANS-ATM en gelden voor het instrueren van manoeuvres door de verkeersleiding aan de vlieger. Deze laatste heeft de verantwoordelijkheid om te bepalen of de nadering stabiel is of moet worden afgebroken.

Figuur Richtlijnen voor de stabiele navigatie tijdens een ILS-nadering

Het afwijken van deze richtlijnen verhoogt de kans op een navigatiefout. Daarmee komt de vraag op of grotere verkeersdruk vaker leidt tot het afwijken van deze richtlijnen. Het antwoord hierop is niet eenduidig omdat er twee tegengestelde effecten kunnen optreden:

- Als het druk is zal een ARR-verkeersleider op Schiphol de afhandeltijd per nadering verder minimaliseren. Daarbij kan het vectoren zo krap worden dat het resulterende vliegp pad niet meer overeen komt met de boven gegeven richtlijnen. Dit leidt, zoals eerder aangegeven, niet onmiddellijk tot een navigatiefout, en nog voordat die plaatsvindt, en zeker daarna, kan de vlieger besluiten om de nadering niet door te zetten om zo een incident of een ongeval te vermijden. Er blijft echter wel een mede door de drukte verhoogde kans op een navigatiefout over.
- Als het aanbod voor een landingsbaan de capaciteit ervan voor langere tijd overschrijdt, kan de ARR-verkeersleider de vliegtuigen een langere downwind-leg laten vliegen, om daarmee de onderlinge separatie te waarborgen. Dit leidt tot wat verkeersleiders een "trombone" noemen, zoals geïllustreerd in het figuur hieronder. Het gevolg hiervan is dat het pad recht voor de baan langer wordt en de ILS-navigatie minder aan fouten onderhevig wordt. Er blijft dus een mede door de drukte verlaagde kans op een navigatiefout over.



Figuur 15: Bij veel aanbod voor een landingsbaan kiest de verkeersleiding op Schiphol typisch voor de langer wordende "trombone", zoals de pijl naar links aangeeft. Als het aanbod afneemt, schuift de trombone als het ware weer naar links.

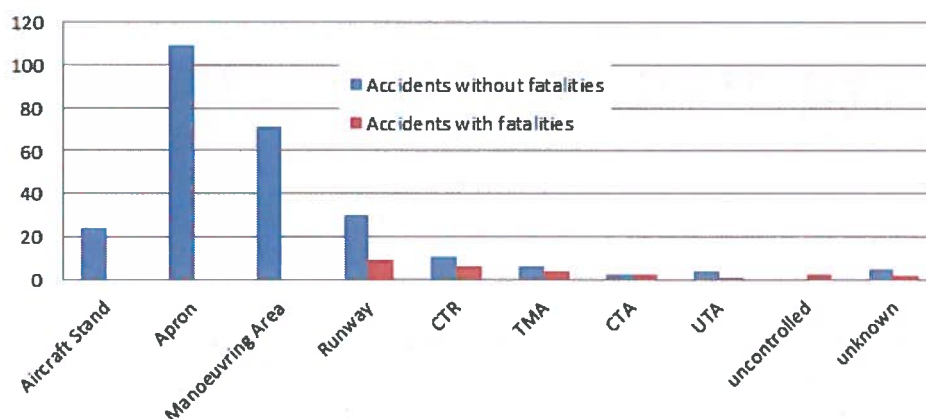
3.10.4 Invloed verkeersgroei op beperkte naleving van klaringen en instructies

Onder navigatiefouten vallen ook afwijkingen van klaringen en instructies, zoals die van de luchtverkeersleiding. Deze nemen toe bij toenemende verkeersdruk onder twee aannames:

- De kans op een afwijking per klaring of instructie is constant;
- Het aantal klaringen en instructies per vlucht nemen toe als de verkeersdruk toeneemt.

De eerste aanname is niet in detail onderzocht maar er is ook geen reden om iets anders aan te nemen. De tweede aanname lijkt voor de hand te liggen maar blijkt maar gedeeltelijk juist omdat maar een klein deel van de instructies gerelateerd zijn aan verkeer. De meeste klaringen ("cleared for Take-off / Approach / Landing/...") zijn namelijk min of meer eenmalig. Dat geldt ook voor een groot deel van de van de instructies voor manoeuvres omdat die gerelateerd zijn aan de vluchtuitvoering ("Line up", "Descend to ..." (hoogte aanvang eindnadering), "Intercept localiser", ...) en niet aan ander verkeer. Er blijft maar een klein deel van de instructies over met het doel conflicten met ander verkeer te vermijden, zowel op de grond als in de lucht. Dergelijke instructies zullen toenemen als het verkeersvolume toeneemt.

Daarbij wordt opgemerkt dat een significant deel van de aan luchtverkeersleiding gerelateerde ongevallen bij de aprons (opstelplaatsen) of op de manoeuvring area (taxibanen e.d., buiten platform en vertrek- en landingsbanen) plaatsvindt. Zoals uit de grafiek uit [Van Baren. (2014)] hieronder blijkt, zijn die ongevallen doorgaans niet fataal.



Figuur 16: Statistiek van aan luchtverkeersleiding gerelateerde ongevallen, met en zonder dodelijke slachtoffers, over de locatie, op basis van gerapporteerde ongevallen tussen 1980 en 2011 op met Schiphol vergelijkbare vliegvelden.

3.10.5 Conclusie

Deze categorie van navigatiefouten betreft de voorvallen, incidenten en ongevallen waarin het incorrect navigeren van het vliegtuig, in de lucht of op de grond, een rol speelt. Een verdere analyse van de invloed van verkeersgroei op deze ongevallen vraagt om een unieke allocatie van dergelijke voorvallen, daar er nu een overlap dreigt met MAC, RI, CTOL en USOS. De invloed van verkeersgroei op ILS-navigatie vergt ook nog nadere analyse omdat niet zonder meer bekend is of het effect van verkort indraaien sterker is dan het trombone-effect. Wel kan gesteld worden dat bij meer

verkeer het aantal luchtverkeersleidinginstructies per vlucht zal toenemen, en daarmee de kans op fouten daarin, en daarmee de kans op een NAV-ongeval per vlucht. Daarbij wordt dan weer opgemerkt dat deze ongevallen doorgaans bij de aprons of op de manoeuvring area plaats vinden, en dan vaak niet fataal zijn.

3.11 Turbulence encounter (TURB)

3.11.1 Achtergronden

Deze categorie betreft de voorvallen, incidenten en ongevallen waarin een vlucht door turbulentie wordt verstoord. Er kan bij dit type onderscheid gemaakt worden naar de rol die wolken, onweer, gebouwen, windturbines en dergelijke spelen. In relatie tot verkeersgroei is echter alleen het volgende onderscheid van belang:

- De turbulentie wordt veroorzaakt door een ander vliegtuig: zogturbulentie of wake vortex turbulence;
- De turbulentie wordt niet veroorzaakt door een ander vliegtuig.

Wanneer er separatiediensten worden geleverd, zoals in klasse A en C luchtruim als rondom Schiphol, laten verkeersleiders -in het huidige afhandelconcept- de afstanden tussen vliegtuigen niet kleiner worden dan zekere minima. Deze separatieminima vallen uiteen in radarseparatienormen en wake separatiennormen. De radarseparatienorm is voor alle vliegtuigen in het hetzelfde luchtruim gelijk; in de Schiphol TMAs en CTR is dat 3NM. De wake separatiennorm hangt af van de categorieën waarin de leader en de follower vallen. LVNL gebruikt daarbij de volgende ICAO-normen voor de minimale afstand¹⁶.

Tabel 3: Tabel ICAO wake separatiennormen

Leader \ Follower	Super	Heavy	Medium	Light
Super	-	6 NM	7 NM	8 NM
Heavy	-	4 NM	5 NM	6 NM
Medium	-			5 NM
Light	-	-	-	-

Deze normen gelden voor vliegtuigen die achter elkaar vliegen, zoals bij vertrek op gelijke of gedeeltelijke overlappende SID's of bij een naderingssequentie. Dit verklaart ook de termen Leader en Follower; het verkeer is sequentieel en de separatie is als het ware longitudinaal. De normen gelden ook voor kruisend verkeer, of voor bijzondere gevallen wanneer er bijvoorbeeld op parallelle banen gelijktijdig wordt genaderd, omdat er dan ook een risico is voor zogturbulentie.

De piekcapaciteit van een luchthaven voor commercieel luchtverkeer is doorgaans beperkt door de piekcapaciteit van de start- en landingsbanen. De piekcapaciteit van een start- of landingsbaan is bij goed zicht vaak begrensd¹⁷ door de noodzakelijke toepassingen van de bovengenoemde separatiennormen, waaronder de wake-separatiennormen. De

¹⁶ Deze afstandsnormen worden gebruikt voor de naderingen. Bij vertrek worden minimale tijdsintervallen gehanteerd. In de hoofdttekst wordt steeds uitgegaan van minimale afstanden, maar de conclusies gelden voor de gevallen waarin minimale tijdsintervallen worden gehanteerd, en daarmee dus voor alle gevallen behalve waarin de vliegers visueel separeren. Dit gebeurt weer echter zo weinig op Schiphol dat dit hier buiten beschouwing gelaten mag worden.

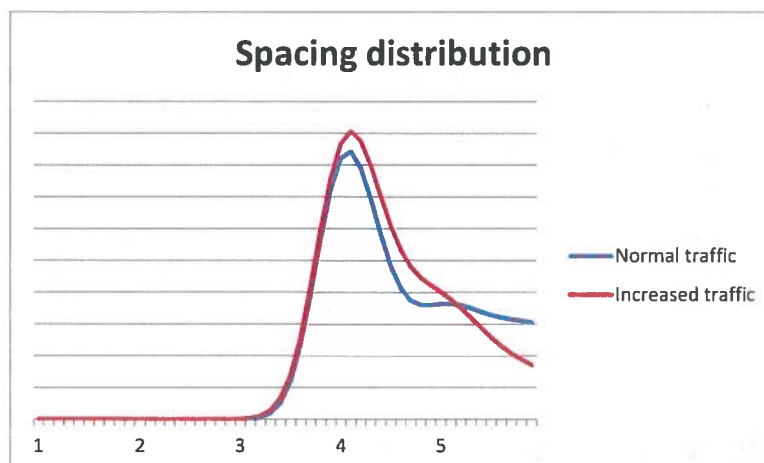
¹⁷ De term "vaak begrensd" is hier wat onzorgvuldig gebruikt; de precieze begrenzing zit soms ook gedeeltelijk in de runway occupancy time en de mogelijkheden om verkeer sequentieel te ordenen (bijvoorbeeld heavies bij elkaar of vertrekken op de zelfde SID's bij elkaar).

algemene vraag naar de mogelijkheden van de groei van Schipholverkeer leidt daarmee al snel tot de vraag hoe hard die begrenzing door die wake-separatienormen is. Het blijkt dat er concepten zijn, als RECAT (herindeling en verfijning van de wake-separatienormen) en tijd gebaseerde of weersafhankelijke separatie, waardoor de piekcapaciteiten van banen kan toenemen zonder significante toename van de risico's per vlucht. In de redeneringen hieronder zijn deze nieuwe concepten niet meegenomen.

3.11.2 Invloed verkeersgroei op TURB

Turbulentie die niet veroorzaakt wordt door een ander vliegtuig neemt niet toe als er meer verkeer is; er is geen directe of significante indirecte afhankelijkheid.

Turbulentie veroorzaakt door een ander vliegtuig kan wel toenemen als er meer verkeer is omdat de gemiddelde afstanden tussen vliegtuigen kleiner worden. Als de verkeersvolumes op Schiphol toenemen, zal de verwachtingswaarde voor de longitudinale separatie tussen twee vliegtuigen afnemen: sequentieel verkeer komt dichter op elkaar. Omdat de verkeersleiders dezelfde separatiennormen blijven hanteren, zal de verdeling over de relatief kleine afstanden niet significant veranderen, zoals geïllustreerd in de figuur hieronder.



Figuur 17: Hypothetische verdelingen van de onderling afstanden tussen twee heavy vliegtuigen naderend op de zelfde baan, gemeten op zeg 1NM van de baandrempel, voor het geval van beperkte verkeersvolumes (Normal traffic, in blauw) en voor het geval van toegenomen verkeersvolumes (Increased traffic, in rood). De gemiddelde waarde van de afstand is voor Increased Traffic kleiner dan voor Normal Traffic, vooral omdat de kans op relatief grotere afstand (meer dan de 3NM minimale separatie) beperkt is.

Zoals ook geïllustreerd in de figuur, zal in het bijzonder de massa van de verdeling voor relatief grote afstanden verplaatst worden naar relatief kleine afstanden, dus meer in de buurt van de separatiennorm. Echter, doordat de verkeersleiders hun werk blijven doen zal de verdeling over afstanden kleiner dan de separatiennorm niet significant veranderen; hoogstens een beetje doordat er meer paren vliegtuigen tegen de separatiennorm aanzitten en soms iets onderschreden wordt.

Als gevolg hiervan neemt de kans op incidenten door zogturbulentie toe: deze incidenten kunnen ontstaan onder zekere omstandigheden (bijvoorbeeld bij een lichte staartwind), wanneer de onderlinge afstand tussen twee vliegtuigen beperkt is, overigens niet noodzakelijkerwijs onder de wake separatiennorm. De kans op ongevallen door zogturbulentie neemt echter niet toe. Dergelijke ongevallen kunnen alleen ontstaan wanneer de onderlinge afstand tussen twee vliegtuigen significant onder de wake separatiennorm ligt, en de kans daarop neemt niet toe bij toenemende verkeersvolumes.



Voor niet-sequentieel verkeer geldt deze redenering niet. Zoals boven aangegeven is er ook voor bijvoorbeeld kruisend verkeer een risico op een voorval in de TURB-categorie, en hanteren verkeersleiders in principe dan ook dezelfde wake-separatienormen. De redenering in de vorige paragraaf blijkt echter niet van toepassing, zoals hieronder uiteen wordt gezet.

De standaard afhandeling van verkeer rondom Schiphol vraagt geen krappe kruisingen, waarbij de verkeersleider vliegtuigen op gelijke hoogte op korte tijd achter elkaar laat kruisen. De gevallen waarin vliegtuigen wel kort achter elkaar onder een zeker hoek over hetzelfde punt vliegen zijn min of meer uitzonderingen: bijvoorbeeld na een missed approach op een baan die kruist met een actieve vertrekbaan of wanneer een vliegtuig het LOC-signaal niet goed intercept tijdens parallel naderen. In deze gevallen is er niet alleen een kleine kans op een MAC, maar is er ook een kans op een near miss, waarna de zogturbulentie van het ene vliegtuig het andere vliegtuig ernstig en mogelijk fataal hindert. In een eerdere studie over de veiligheid van Schiphol-operaties is ooit aangenomen dat de kans op een fataal ongeval in de categorie TURB 15% is van de kans op een fataal ongeval in de categorie MAC. Zoals gesteld in sectie 3.2 neemt de kans op een ongeval in de categorie MAC (airprox, TCAS alert, loss of separation, near mid-air collision, mid-air collision) toe met de hoeveelheid verkeer, en daarmee dus ook de kans op een ongeval in de categorie TURB.

3.11.3 Conclusie

Turbulentie veroorzaakt door sequentieel verkeer (dus op min of meer de zelfde hoogte op min of meer hetzelfde pad) neemt toe doordat de afstanden kleiner worden met toenemend verkeer. De kans op ongevallen neemt echter niet toe omdat wake separatiennormen gehandhaafd blijven. Dit geldt niet voor turbulentie door kruisend verkeer: nadat er meerdere veiligheidsbarrières zijn doorbroken kan het gebeuren dat twee vliegtuigen elkaar in de lucht zo vlak achter elkaar kruisen dat ze elkaar niet raken maar dat er wel een ongeval plaats vindt door turbulentie. In een eerdere studie is aangenomen dat de kans hierop een vaste fractie (15%) is van de kans op een MAC-ongeval.

3.12 Undershoot/overshoot (USOS)

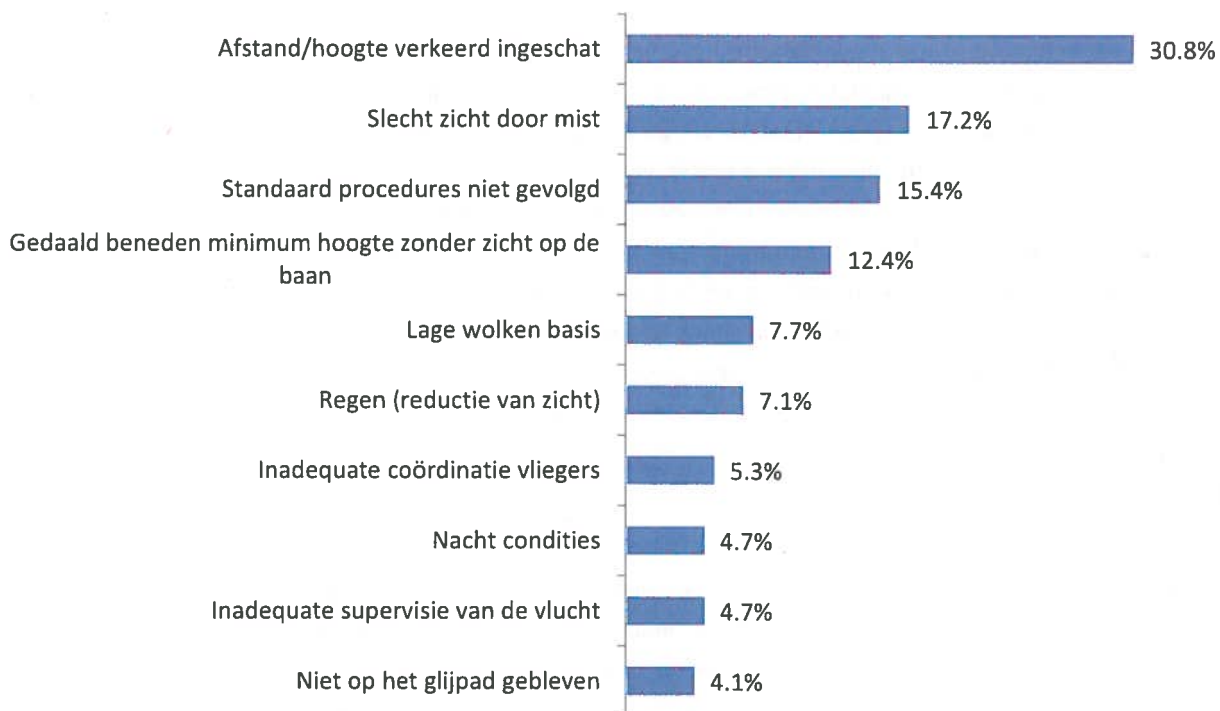
3.12.1 Achtergronden

De categorie USOS omvat voorvallen waarbij een vliegtuig vlakbij de baan landt (maar niet op de baan). Veruit de meeste van deze voorvallen zijn landingen vlak voor de baandrempeel (undershoot). USOS voorvallen komen in het algemeen niet heel vaak voor. Omdat het vliegtuig zich in een landingsconfiguratie bevindt, zijn de snelheden normaal niet heel hoog wanneer een vliegtuig vlak voor de baan landt. Hoewel er wel schade aan het vliegtuig kan optreden zijn er meestal geen doden of gewonden bij USOS voorvallen. USOS komen veel vaker voor op luchthavens waar de zicht condities vaak slecht zijn en of wolken basis vaak laag is en die geen precisienaderingssysteem (ILS) hebben en geen Precision Approach Path Indicator PAPI (visueel landingshulpmiddel) bij de baan hebben geïnstalleerd.

Figuur 18 laat het frequentie diagram zien voor de belangrijkste oorzaken van USOS vallen. De data zijn afkomstig uit de NLR Air Safety Database voor de periode 1995-2016 en hebben betrekking op ongevallen¹⁸ met commerciële

¹⁸ Volgens definitie van ICAO Annex 13.

vliegtuigen. Veel USOS voorvallen hebben meerdere oorzaken. De meest voorkomende oorzaak is het verkeer in schatten van de hoogte waarop het vliegtuig vliegt in combinatie met het verkeerd bepalen van de afstand tot de baan. Dit komt vaak voor in combinatie met slecht zicht door mist, een lage wolken basis of een reductie van het zicht door harde regen. Het niet volgen van de standaard procedures door de vliegers speelt een belangrijke rol in USOS voorvallen. Dit ligt vaak in combinatie met het niet afbreken van de landing wanneer de baan niet in zicht is op de minimale hoogte. Veel van de USOS voorvallen werden uitgevoerd tijdens niet-precisie naderingen en slecht zicht condities en lage bewolking. Een klein deel van de USOS voorvallen is te wijten aan het te laag vliegen (onder voorgeschreven glijpad). Dit zijn per definitie onstabiele naderingen die niet waren opgemerkt of niet werden afgebroken zoals voorgeschreven vaak uitgevoerd in de nacht.



Figuur 18: Belangrijkste oorzaken voor USOS voorvallen (bron: NLR).

3.12.2 Invloed verkeersgroei op USOS

De vraag is wat de invloed is van verkeersgroei op Schiphol op de kans op een USOS ongeval. Deze vraag kan worden beantwoord door te kijken naar de invloed van de groei op de belangrijkste oorzaken van een USOS voorval en de gebruikte mitigerende maatregelen. Data laat zien dat de belangrijkste oorzakelijke factoren liggen bij de beslissingen die de vliegers hebben genomen vaak in combinatie met een aantal weer gerelateerde factoren, waarbij het doorzetten van de nadering terwijl de baan niet in zicht is op de voorgeschreven minimale hoogte het meest voorkomt. Voor het baangebruik op Schiphol werken de verkeersleiders van Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) met voorgeschreven internationale regels die onderscheid maken tussen goed zicht, marginaal zicht en beperkt zicht omstandigheden. Marginaal en beperkt zicht hebben directe consequenties voor de capaciteit. Vanaf marginale condities en minder mag er niet meer gelijktijdig worden geland op twee banen die elkaar in het verlengde kruisen. Bij beperkt zicht condities wordt de separatie tussen landende vliegtuigen verhoogd. Beperkt zicht condities en of zeer lage bewolking komt minder dan 5% van de operationele tijd voor op Schiphol [Hove en Wijngaard, (2008)]. Bij

extreme slechte zichtcondities (dichte mist met zicht minder dan 350 m) kunnen alleen vliegtuigen die instaat zijn om een geheel automatische landing uit te voeren dan nog landen (autoland, ILS CAT III nadering). Deze condities zijn er maar ongeveer 0.3% van de operationele tijd per jaar op Schiphol [Hove en Wijngaard, (2008)]. In de USOS voorvallen zijn geen gevallen bekend tijdens een autoland onder zulke slechte zicht condities. Bij een verder groei van het verkeer op Schiphol zal het verkeer als geheel wat vaker last kunnen hebben van de capaciteitsbeperkingen wanneer er slecht zicht condities en of zeer lage bewolking op Schiphol zijn. Op de kans op een USOS voorval per beweging zal dit geen invloed hebben. Hoewel er meer landingen in slecht zicht condities of lage bewolking zullen worden uitgevoerd zullen de mitigerende factoren die aanwezig zijn op Schiphol de kans op een USOS niet laten toenemen. Alle banen op Schiphol beschikken immers over een PAPI en naderingen onder slecht zicht condities en of lage bewolking worden alleen uitgevoerd m.b.v. een ILS CAT II of III systeem. Deze systemen verminderen de kans op een USOS aanzienlijk.

Verder komen de operators die Schiphol nu aandoen grotendeels (>99%) uit landen waar toezicht door de overheid op deze maatschappijen op een hoog niveau staat (meer dan de helft van de operators komt uit Nederland). Dit zijn dan ook operators met een zeer goede reputatie wat betreft vliegveiligheid en het trainen van vliegers. Ook hebben al deze operators een veiligheidsmanagementsysteem wat de risico's in kaart brengt en beheersbaar maakt. Zo'n systeem maakt o.a. gebruik maakt van incidentrapporten van de vliegers en analyseert vluchtdata (Flight Data Monitoring) op afwijkingen van procedures en overschrijdingen van limieten. Dit alles wil niet zeggen dat de vliegers van deze operators geen fouten kunnen maken tijdens de nadering onder slecht zicht, maar de kans hierop is een stuk kleiner dan voor andere operators, en zal niet zo snel groter worden.

3.12.3 Conclusie

De belangrijkste factor bij een USOS ongeval betreft condities met slecht zicht, en een gebrek aan hulpmiddelen om onder deze omstandigheden te kunnen landen. Op Schiphol speelt dit nauwelijks een rol, vanwege de goede landingshulpmiddelen. Bij de kans op een USOS speelt de interactie met ander verkeer nauwelijks een rol. Er wordt dan ook geconcludeerd dat een beperkte groei van het verkeer op Schiphol geen invloed zal hebben op de kans op een USOS ongeval.

4 Conclusies

Een brede analyse is uitgevoerd naar de mogelijke effecten van de groei van het luchtverkeer op Schiphol op de ongevalskans per beweging. Deze analyse is gestructureerd op basis van de lijst van goed gedefinieerde vliegtuigongevalscategorieën, die door CAST/ICAO Common Taxonomy Team is opgesteld, en die wereldwijd wordt gebruikt voor het classificeren van voorvallen. In totaal bestaat deze lijst uit 36 verschillende voorvalcategorieën. Op basis van de analyse in dit rapport wordt geconcludeerd dat er 11 ICAO-ongevalscategorieën zijn waarvoor met een redelijke waarschijnlijkheid geldt dat de ongevalskans per beweging wordt beïnvloed door de groei van Schiphol. Daarnaast geldt voor 5 categorieën dat er een mogelijk effect is. Een overzicht van de betreffende categorieën wordt gegeven in Tabel 4.

Er is in deze niet gekeken of de groei-effecten significant zijn. Het is dus mogelijk dat categorieën met een groei-effect feitelijk niet relevant zijn omdat deze effecten niet significant zijn. Dit kan komen omdat het aandeel van de categorie in de totale ongevalskans niet significant is, of omdat het groei-effect zelf niet significant is.

Tabel 4: relevante ongevalscategorieën

ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)	Mogelijk effect
ABRUPT MANEUVER (AMAN)	Effect
AERODROME (ADRM)	Mogelijk effect
AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)	Effect
ATM/CNS (ATM)	Effect
CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)	Mogelijk effect
FUEL RELATED (FUEL)	Effect
GROUND COLLISION (GCOL)	Effect
GROUND HANDLING (RAMP)	Effect
LOSS OF CONTROL-GROUND (LOC-G)	Effect
LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)	Mogelijk effect
NAVIGATION ERRORS (NAV)	Effect
RUNWAY EXCURSION (RE)	Effect
RUNWAY INCURSION (RI)	Effect
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)	Mogelijk effect
TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)	Effect

5 Referenties

- ACI. 2011. Position on Requirements for a performing Ground Handling Market, ACI Europe, October 2011.
- ATCFM Operational Manual. 2017. Network Operations Handbook, Network Manager, Edition 21.0, May 2017
- AIP. 2017. Aeronautical Information Publication Amsterdam/Schiphol (EHAM) , LVNL, May 2017
- ATSB. 2011. Take-off performance calculation and entry errors: A global perspective, ATSB, Aviation Research and Analysis Report, AR-2009-052.
- Belcastro, 2010. Aircraft Loss-of-Control Accident Analysis, NASA
- Boeing. 2015. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, Worldwide Operations, 1959-2015, Boeing.
- CANSO. 2017. Avoiding Unstable Approaches - Important Tips for ATCOs, CANSO.
- Carbaugh, D. 2006. Tail Strikes and Strong Gusty Winds—Preventive Measures, Boeing Commercial Airplanes, Flight Operations Symposium.
- Cockshutt, E.P. en Gunn, W.W.H., 1966. Bird Strike Probability: Strike predictions using observed bird density data, National Research Council of Canada Associate Committee on Bird Hazards to Aircraft, Field Note 30 (revised).
- Craig, R. 2004. Tail Strike Briefing, Boeing Commercial Airplanes, Flight Operations Symposium.
- Drees, L. 2017. Risk Analysis of the EASA Minimum Fuel Requirements Considering the ACARE-defined Safety Target;, Manuscript, May 2017
- ECAST, 2010. Aircraft ground handling and human factors - A comparative study of the perceptions by ramp staff and management, NLR-CR-2010-125, A.D. Balk, J.W. Bossenbroek, NLR Amsterdam, april 2010.
- EU Nr. 255. 2010. Verordening van de Commissie Commision tot vaststelling van gemeenschappelijke regels inzake de regeling van luchtverkeersstromen, maart 2010
- FNV. 2015. Duikvlucht – Over de race to the bottom in de afhandeling op Schiphol, FNV, september 2015.
- FSF. 1994. CFIT Checklist, Flight Safety Foundation FSF.
- FSS. 2016. Total Aviation System Risk Picture 2016, A. Balk (NLR), R. Wever (NLR), G. Greene (CAA UK), Future Sky Safety, December 2016
- Hove, R. ten en Wijngaard, J.B. 2008. Improved Low visibility and Ceiling Forecasts at Schiphol Airport, KDC - LVP Project team, Final report, part 1, KNMI publication 222.
- IATA, 2010. STEADES, Foreign Object Damage, IATA, 2010.
- IATA. 2014. Controlled Flight Into Terrain Accident Analysis Report, International Air Transport Association.
- IATA. 2015. Loss of Control In-Flight Accident Analysis Report, IATA.
- IATA. 2016. Unstable approaches: Risk Mitigation Policies, Procedures and Best Practices 2nd Edition, International Air Transport Association IATA.

- ICAO, 2001. Aircraft Accident and Incident Investigation, Annex 13, International Civil Aviation Organisation.
- ICAO, 2011. Aviation Occurrence Categories, Definitions and Usage Notes, ICAO-CAST Common Taxonomy Team.
- Jacobsen, 2010. Aircraft Loss of Control, Causal Factors and Mitigation Challenges, NASA
- Kelly, T. C., M. J. A. O'Callaghan, en R. Bolger. 2001. The avoidance behaviour shown by the rook (*Corvus frugilegus*) to commercial aircraft. Pages 291-299 in *Advances in vertebrate pest management II*. Filander Verlag.
- Maragakis, I. 2009. Bird population trends and their impact on Aviation safety 1999-2008, EASA Research Report.
- Meeking, D.N. 1998. Bird-Aircraft Strike Hazards: An Overview of the Risks, Costs and Management, Transport Canada, TP 13272E.
- NLR, 2007. Safety of ground handling, NLR-CR-2007-961, A.D. Balk, NLR Amsterdam, januari 2008.
- NLR, 2008. Risico-inventarisatie Grondafhandeling Schiphol voor de Expertgroep Ground Safety van het VpS, NLR-CR-2008-169, J.W. Smeltink, A.D. Balk, A.L.C. Roelen, NLR Amsterdam, april 2008.
- NLR, 2010 Risks and regulations in aircraft ground handling, NLR-CR-2009-334, A.D. Balk, A.L.C. Roelen, NLR Amsterdam, juni 2010.
- NLR, 2015. Ontwikkeling van een Common Ground Safety Model - Inzicht in uncontrolled manoeuvres in de Schiphol manoeuvring area, NLR-CR-2015-406, A.D. Balk, B.A. van Doorn, NLR Amsterdam, november 2015.
- NLR, 2017. NLR Air Safety Database.
- OVV, 2017. Veiligheid vliegverkeer Schiphol, Onderzoeksraad voor Veiligheid
- Parisis, M. 2007. Avoiding Hard Landings, Airbus, 15th Performance & Operations conference.
- Rosenthal, L.J. 2005. Bird strikes, BATTELLE.
- Sladen-Pilon, J. 2008. Bird Strikes. IATA Safety Trend Evaluation, Analysis and Data Exchange System.
- Sodhi, N.S. 2002. Competition in the air: birds versus aircraft, Published By: The American Ornithologists' Union.
- Van Baren. G.B. 2014. Verkenning van implicaties van een conceptnorm voor de ATC-operatie Schiphol, NLR-CR-2013-502, maart 2014
- Van Es, GWH. 2005. Running out of runway: Analysis of 35 years of landing overrun accidents. NLR-TP-2005-498.
- Van de Riet, B. Van den Tempel, C en Visbeen, F. 2015. Ganzen in de 20-km zone rondom Schiphol: Aantalsontwikkeling in relatie tot populatiereducerende maatregelen in 2014, Landschap Noord-Holland Rapportnummer: 15-003.

