



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2024-066 | december 2024

# Actualisatie Integrale Veiligheidsanalyse 2024

Analyse van geluidsbeperkende maatregelen

OPDRACHTGEVER: Directoraat-Generaal Luchtvaart en Maritieme Zaken



Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum



# Actualisatie Integrale Veiligheidsanalyse 2024

## Analyse van geluidsbeperkende maatregelen

### Probleemstelling

Op 24 juni 2022 heeft het kabinet het 'Hoofdlijnenbesluit Schiphol' genomen, dat het doel had te komen tot een nieuwe balans tussen het belang van de internationale luchthaven en de kwaliteit van de leefomgeving. In het Actieplan omgevingslawaaai Schiphol (2024-2029) is een doelstelling opgenomen om de aantallen ernstig gehinderden met 20% te verminderen ten opzichte van de referentiesituatie in november 2024. In 2024 is besloten om deze doelstelling gefaseerd in te vullen. In september 2024 is een geamendeerd pakket ter notificatie ingediend bij de Europese Commissie dat moet leiden tot 17% minder ernstig gehinderden ten opzichte van de referentiesituatie. In de Luchtvaartnota (2020) geeft het kabinet aan dat bij belangrijke besluiten die leiden tot significante veranderingen in het luchtverkeer ook een onafhankelijke integrale veiligheidsanalyse (IVA) uitgevoerd zal worden. Dit rapport beschrijft de integrale veiligheidsanalyse van de voorgestelde geluidsbeperkende maatregelen om 17% minder ernstig gehinderden ten opzichte van de referentiesituatie te behalen.

### Beschrijving van de werkzaamheden

Voor elke geluidsbeperkende maatregel is vastgesteld welke van de 36 ICAO ongevals categorieën relevant zijn en of als gevolg van de maatregel de ongevalskans per beweging verandert ten opzichte van het gebruiksjaar 2024. De resultaten zijn samengevoegd tot een totaaleffect op de ongevalskans per beweging en de ongevalskans per jaar. Op basis daarvan zijn ook effecten op externe veiligheid bepaald. Mogelijke interacties tussen de geluidsbeperkende maatregelen en maatregelen uit de Roadmap veiligheidsverbetering Schiphol zijn vastgesteld.

**RAPPORTNUMMER**  
NLR-CR-2024-066

**AUTEUR(S)**  
A.L.C. Roelen  
Y.S. Cheung  
M.H.C. Everdij  
J.W. Smeltink  
I.T. Boshuizen

**RUBRICERING RAPPORT**  
ONGERUBRICEERD

**DATUM**  
December 2024

**KENNISGEBIED(EN)**  
Luchtvaartveiligheid

**TREFWOORD(EN)**  
Veiligheid

## Resultaten en conclusies

De gecombineerde geluidsmaatregelen leiden tot een ongevalskans per beweging die 0.9% kleiner tot 0.2% kleiner is dan de ongevalskans per beweging in het referentiescenario. De ongevalskans per jaar is bij 475.000 bewegingen per jaar en invoering van de geluidsmaatregelen 2.0% kleiner dan in het referentiescenario. De ongevalskans per jaar is bij 485.000 bewegingen en invoering van de geluidsmaatregelen 0.8% groter dan in het referentiescenario. Deze veranderingen ten opzichte van het referentiescenario zijn zo gering, en de marge om te voldoen aan het gelijkwaardigheids criterium is zo ruim, dat geen effecten op de externe veiligheid zijn te verwachten.

Interacties tussen de geluidsbeperkende maatregelen en maatregelen uit de Roadmap veiligheidsverbetering Schiphol zijn minimaal. Het overgrote deel van de roadmap maatregelen die als doel hebben om de (integrale) veiligheid op de luchthaven te verbeteren wordt niet beïnvloed door de geluidsbeperkende maatregelen. Een aantal roadmap maatregelen die zijn gericht op mitigatie van mogelijke risico's van capaciteitsuitbreiding zijn logischerwijs minder effectief als de capaciteit wordt beperkt. Dit heeft geen effect op de ongevalskans per vlucht.

Op basis van de in dit rapport beschreven analyses zijn geen andere veiligheidsrisico's vastgesteld.

NLR

Anthony Fokkerweg 2

1059 CM Amsterdam

p ) +31 88 511 3113

e ) [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl) i ) [www.nlr.nl](http://www.nlr.nl)



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2024-066 | November 2024

# Actualisatie Integrale Veiligheidsanalyse 2024

Analyse van geluidsbeperkende maatregelen

OPDRACHTGEVER: Directoraat-Generaal Luchtvaart en Maritieme Zaken

## AUTEUR(S):

A.L.C. Roelen	NLR
Y.S. Cheung	NLR
M.H.C. Everdij	NLR
J.W. Smeltink	NLR
I.T. Boshuizen	NLR

*Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eigenaar en/of opdrachtgever.*

OPDRACHTGEVER	Directoraat-Generaal Luchtvaart en Maritieme Zaken
CONTRACTNUMMER	---
EIGENAAR	NLR
NLR DIVISIE	Aerospace Operations
VERSPREIDING	Beperkt
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:		
AUTEUR	REVIEWER	BEHERENDE AFDELING
<b>Alfred Roelen</b> Digitally signed by Alfred Roelen Date: 2024.12.05 13:34:55 +01'00'	<b>Bart Klein Obbink</b> Digitally signed by Bart Klein Obbink Date: 2024.12.05 13:42:28 +01'00'	<b>A.D.J. Rutten</b> Digitally signed by A.D.J. Rutten Date: 2024.12.05 15:20:09 +01'00'

# Inhoudsopgave

<b>Afkortingen</b>	<b>5</b>
<b>1 Introductie</b>	<b>6</b>
1.1 Achtergrond	6
1.2 Aanpak	6
1.3 Leeswijzer	7
1.4 Begrippen	7
<b>2 Maatregelen, afbakening, uitgangspunten</b>	<b>9</b>
2.1 Referentiescenario	9
2.2 Geluidsbeperkende maatregelen	11
2.2.1 Inzet van stillere vliegtuigen in de nachtperiode	11
2.2.2 Tariefdifferentiatie	12
2.2.3 Additionele vlootvernieuwing	12
2.2.4 Weren van lawaaiige toestellen	13
2.2.5 Capaciteitsreductie in de nachtperiode tot 27.000 bewegingen per jaar	14
2.2.6 Capaciteitsreductie in totaal tot 475.000-485.000 bewegingen per jaar	14
2.2.7 Uitbreiden aantal handhavingspunten voor geluid	14
2.3 Afbakening	15
2.4 Uitgangspunten	16
2.5 Autonome veiligheidsverbetering	17
2.5.1 Globale ongevalstrend	17
2.5.2 Vlootvernieuwing	18
2.5.3 Veiligheidsontwikkeling van vliegtuigtypes	19
2.5.4 COVID-19 pandemie	21
2.5.5 Effect van autonome ontwikkelingen	22
<b>3 Analyse van maatregelen</b>	<b>23</b>
3.1 Effect van inzet van stillere vliegtuigen in de nachtperiode	23
3.2 Effect van tariefdifferentiatie	23
3.3 Effect van additionele vlootvernieuwing	24
3.4 Effect van weren van lawaaiige vliegtuigen	24
3.5 Effect van het totaal aantal vliegbevingen op de ongevals categorieën	24
3.6 Effect van bewegingen in de nacht op de ongevals categorieën	37
3.7 Effect van uitbreiden van het aantal handhavingspunten voor geluid	39
3.8 Effecten van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van ISMS roadmap maatregelen.	40
3.9 Gecombineerd effect van geluidsmaatregelen op de ongevalskans per beweging	40
<b>4 EV effecten en ongevalskans per jaar</b>	<b>41</b>
4.1 Ongevalskans per jaar	41
4.2 Effect op externe veiligheid	41
<b>5 Conclusies</b>	<b>44</b>

<b>Appendix A</b>	<b>Gehanteerde ongevals categorieën</b>	<b>45</b>
<b>Appendix B</b>	<b>Relatie tussen werklast en prestaties</b>	<b>49</b>
<b>Appendix C</b>	<b>Het aantal bewegingen op een luchthaven en onstabiele naderingen</b>	<b>50</b>
<b>Appendix D</b>	<b>Maatregelen uit de ISMS roadmap</b>	<b>51</b>
Appendix D.1	Effecten per maatregel	51
Appendix D.2	Samenvatting van de mogelijke effecten van de geluidsbeperkende maatregelen op de effectiviteit van de roadmap maatregelen	82
<b>Appendix E</b>	<b>Externe review</b>	<b>84</b>
Appendix E.1	Review door prof. dr. ir. Jacco Hoekstra	84
Appendix E.2	Review door prof. dr. Patrick Hudson	87

## Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
AAS	Amsterdam Airport Schiphol
ACC	Area Control
AIP	Aeronautical Information Publication
APOC	Airport Operational Center
APP	Approach Control
AOBT	Actual Off Block Time
ARC	Abnormal Runway Contact
ATM	Air Traffic Management
BA	Balanced Approach
CFIT	Controlled Flight Into Terrain
GCOL	Ground Collision
GMST	Ground Movement Safety Team
GROUND	Ground handling
ICAO	International Civil Aviation Organization
ISMS	Integral Safety Management System
IVA	Integrale Veiligheidsanalyse (Schiphol)
LVNL	Luchtverkeersleiding Nederland
LOC-I	Loss of Control Inflight
MAC	Midair Collision
NLR	Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum
NNHS	Nieuw Normen- en Handhavingstelsel
OVV	Onderzoeksraad voor de Veiligheid
RC	Runway Control
RE	Runway Excursion
RI	Runway Incursion
SESAR	Single European Sky ATM Research
SID	Standard Instrument Departure
STAR	Standard Arrival Route
TCAS	Traffic Collision Avoidance System
TMA	Terminal Manoeuvring Area
TOBT	Target Off Block Time
TOPSAG	Top Safety Action Group (onderdeel ISMS)
USOS	Undershoot / Overshoot
VEMEI	Veiligheid, Efficiency en Milieu Effect Indicatie
VEMER	Veiligheid, Efficiency en Milieu Effect Rapportage

# 1 Introductie

## 1.1 Achtergrond

Op 24 juni 2022 heeft het kabinet het ‘Hoofdlijnenbesluit Schiphol’ genomen, dat het doel had te komen tot een nieuwe balans tussen het belang van de internationale luchthaven en de kwaliteit van de leefomgeving. Het vastleggen van het Hoofdlijnenbesluit bleek complex: Er moest een balans gezocht worden tussen verplichtingen vanuit de Europese Commissie, luchtvaartverdragen, (conflicterende) juridische verplichtingen, de proportionaliteit van maatregelen, en de rechtspositie van omwonenden.

Op 1 september 2023 is een pakket van vier geluidsbeperkende maatregelen voorgesteld, om een deel van de totale geluidsdoelstelling uit het Actieplan omgevingslawaaai Schiphol (2024-2029) per 1 november 2024 te realiseren. De invoeringsdatum van 1 november 2024 bleek in januari 2024 gezien de nog lopende gesprekken met de Europese Commissie niet langer haalbaar. Vervolgens is op 24 mei 2024 een nieuw pakket voorgesteld van zeven maatregelen die in twee fases worden uitgerold<sup>1</sup>. Een derde fase met daarin additionele maatregelen is opgenomen onder voorbehoud<sup>2</sup>. Ook na mei 2024 zijn weer veranderingen aangebracht in de voorgestelde geluidsmaatregelen. In september 2024 is in een aanvullende notificatie een geamendeerd pakket maatregelen beschreven<sup>3</sup>. Met dit pakket wordt het aantal ernstig gehinderden met 17% verminderd. De totale geluidsdoelstelling uit het eerdergenoemde Actieplan bedraagt 20%. Deze IVA gaat uit van de geluidsmaatregelen die in de aanvullende notificatie van september 2024 zijn beschreven.

Door onderzoeksbureaus To70 en Decisio is gekeken naar de impact van de maatregelen op de *geluidsbelasting* en naar de *costeneffectiviteit*. In de Luchtvaartnota (2020) geeft het kabinet aan dat bij belangrijke besluiten die leiden tot significante veranderingen in het luchtverkeer ook een onafhankelijke integrale *veiligheidsanalyse* (IVA) uitgevoerd zal worden. Deze analyse brengt de mogelijke gevolgen voor de veiligheid in beeld. NLR heeft eerdere IVAs uitgevoerd met betrekking tot de verwachte groei van het aantal bewegingen op Schiphol en de veiligheidsmaatregelen van de ISMS Roadmap Veiligheidsverbetering Schiphol. Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft daarom opdracht gegeven om te onderzoeken wat de gevolgen zijn van de in september 2024 voorgestelde geluidsmaatregelen op de veiligheid.

## 1.2 Aanpak

De aanpak voor deze integrale veiligheidsanalyse is als volgt samengevat:

- Vastleggen van de scope, inclusief uitgangspunten en tijdspanne, en nadere specificering van de geluidsbeperkende maatregelen.
- Vaststelling, voor elke geluidsbeperkende maatregel, welke ICAO ongevals categorieën relevant zijn, en of de ongevalskans per beweging toeneemt, afneemt of gelijk blijft.
- In kaart brengen van mogelijke interacties tussen de geluidsbeperkende maatregelen en maatregelen uit de ISMS Roadmap Veiligheidsverbetering Schiphol en het bepalen van de effecten daarvan.

<sup>1</sup> <https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j9vvik7m1c3gyxp/vmdimba8skw8>

<sup>2</sup> De derde fase is onder voorbehoud en zou in moeten gaan op 1 november 2026. De fase omvat verdergaande maatregelen in de nacht zoals gedeeltelijke nachtsluiting of andere maatregelen in de nacht, afhankelijk van een impactanalyse.

<sup>3</sup> Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat: Kamerbrief over stand van zaken Schiphol september 2024

- In kaart brengen van autonome veiligheidsontwikkeling.
- Samenvoegen van resultaten per ongevals categorie en vervolgens samenvoegen tot een effect op de overall ongevalskans per vliegbeweging.
- Vertaling van de resultaten naar een effect op de overall ongevalskans per jaar. Bepaling van externe veiligheid effecten door combinatie van de overall ongevalskans per beweging (met differentiatie in start en landing) met routekarakteristieken (routegeometrie en aantallen bewegingen per route).
- Vaststellen van eventuele andere veiligheidsrisico's.

Een conceptversie van het rapport is op feitelijke correctheid beoordeeld door de sectorpartijen. Vertegenwoordigers van het ISMS hebben in een on-line bijeenkomst met de onderzoekers het beoordelingscommentaar toegelicht. Twee onafhankelijke externe deskundigen hebben een conceptversie van het rapport beoordeeld. Het volledige reviewcommentaar van de externe deskundigen is weergegeven in appendix E.

## 1.3 Leeswijzer

Naast dit introductiehoofdstuk bevat dit rapport nog vier hoofdstukken en vijf appendices. In hoofdstuk 2 worden de geluidsbeperkende maatregelen, de afbakening, en de uitgangspunten (aannames) voor deze studie gegeven. Hoofdstuk 3 bevat de analyse van de effecten van de geluidsmaatregelen op de ongevalskans per beweging voor de ongevalscategorieën. Hoofdstuk 4 beschrijft het effect van de geluidsmaatregelen op de ongevalskans per jaar en op de externe veiligheid. Hoofdstuk 5 bevat de conclusies en aanbevelingen. Referenties naar achterliggende documenten zijn opgenomen als voetnoten in de tekst.

Appendix A geeft de lijst van ICAO ongevalscategorieën. Appendix B beschrijft de relatie tussen werklust en prestaties. Deze informatie is relevant omdat de geluidsmaatregelen invloed kunnen hebben op de werklust van functionarissen die veiligheidskritische taken uitvoeren (zoals piloten en luchtverkeersleiders). Appendix C beschrijft hoe het aantal bewegingen op Schiphol kan samenhangen met de kans op een onstabiele nadering. Appendix D geeft een beschrijving van alle maatregelen die op de ISMS roadmap staan (peildatum 1 april 2024) en analyseert de interacties tussen de roadmap maatregelen en de geluidsbeperkende maatregelen. Appendix E bevat de reviewcommentaren van twee onafhankelijke externe luchtvaartexperts.

## 1.4 Begrippen

General Aviation	Al het luchtverkeer anders dan handelsverkeer.
Handelsverkeer	Verkeersvluchten van luchtvaartmaatschappijen die open staan voor individuele boekingen voor passagiers en/of vracht en/of post. Deze vluchten kunnen worden onderverdeeld in geregelde vluchten (lijnvluchten; commerciële vluchten uitgevoerd op een vaste route volgens een gepubliceerde dienstregeling) en niet-geregelde vluchten (chartervluchten in het passagiers- en vrachtvervoer commerciële vluchten met een ongeregeld karakter).
Avond	Periode van 19:00 tot 23:00 uur lokale tijd.
Dag	Periode van 7:00 tot 19:00 uur lokale tijd.
Dagperiode	Periode van 7:00 tot 23:00 uur lokale tijd.
Nacht	Periode van 23:00 tot 06:00 uur lokale tijd.
Nachtperiode	Periode van 23:00 tot 07:00 uur lokale tijd.
Vroege ochtend	Periode van 06:00 tot 07:00 uur lokale tijd.

Ongeval	Een ongeval is gedefinieerd volgens de criteria benoemd in ICAO Annex 13 <sup>4</sup> .
Vliegbeweging	<p>Een vliegbeweging is gedefinieerd als een aankomst of een vertrek. Een vlucht omvat twee bewegingen.</p> <p>Een aankomst is het proces vanaf het binnenkomen in het luchtruim rondom Schiphol, de nadering en landing, het taxiën naar de gate, tot en met het uitladen van passagiers en/of vracht.</p> <p>Een vertrek is het proces vanaf het inladen van passagiers en/of vracht, via het taxiën naar de landingsbaan, tot en met de take-off en het verlaten van het luchtruim rondom Schiphol.</p>
Vlucht	<p>Een vlucht is een combinatie van een aankomst en een vertrek, met daartussen klim-, kruis en daalfasen.</p> <p>Voor luchtvaartmaatschappijen is de term 'vlucht' gangbaarder (vertrekkend van de gate, en aankomend bij de gate op de bestemming) dan de term 'beweging'. Omdat het weinig voorkomt dat een vliegtuig vertrekt van Schiphol en in dezelfde vlucht ook weer landt op Schiphol, is de term vlucht in de context van dit rapport wat ambigu en wordt het zoveel mogelijk vermeden.</p>
Vluchtfase 'start'	Deze vluchtfase begint op het moment dat de bemanning de stuwkracht vergroot om op te stijgen van de startbaan en eindigt wanneer de initiële stijgvlucht is bereikt of wanneer de start wordt afgebroken.
Vluchtfase 'initiële stijgvlucht'	Deze vluchtfase begint op 35 ft boven de startbaan en eindigt op het moment dat het vliegtuig de snelheid en vliegtuigconfiguratie heeft die nodig zijn voor de stijging naar kruishoogte.
Vluchtfase 'nadering'	Deze vluchtfase begint op het moment dat de bemanning de vliegtuigconfiguratie en/of snelheid verandert om het vliegtuig te kunnen manoeuvreren voor de landing.
Vluchtfase 'landing'	Deze vluchtfase begint als het vliegtuig in de juiste configuratie voor de landing is gebracht en de bemanning gecommitteerd is om op een bepaalde landingsbaan te landen. De fase eindigt op het moment dat de snelheid bij het uitrollen op de baan zodanig laag is dat het vliegtuig van de baan kan taxiën.

<sup>4</sup> Samengevat is een ongeval een gebeurtenis waarbij een persoon fataal of ernstig letsel oploopt of waarbij het vliegtuig significante schade oploopt.

## 2 Maatregelen, afbakening, uitgangspunten

### 2.1 Referentiescenario

De veiligheidsanalyse in dit rapport is een relatieve analyse van het effect van een aantal geluidsbeperkende maatregelen. Dat betekent dat een inschatting wordt gemaakt van het effect op de veiligheid voor een scenario met die maatregelen, relatief ten opzichte van een referentiescenario zonder die geluidsbeperkende maatregelen. Deze paragraaf beschrijft dat referentiescenario<sup>5</sup>.

#### Tijdspanne

Het referentiescenario is de Schipholoperatie in gebruiksjaar 2024, en dat omvat de periode 1 november 2023 tot en met 31 oktober 2024.

#### Aantal bewegingen

Tijdens de nacht is een aantal specifieke regels voor baan- en routegebruik van toepassing. De nachtelijke geluidbelasting en de hierop gebaseerde criteria zoals aantallen geluidbelaste woningen hebben betrekking op de *nachtperiode*, die bestaat uit de nacht (23:00-06:00 uur) plus de vroege ochtend (06:00-07:00 uur).

Het totaal aantal vliegbewegingen (vertrek plus aankomst van handelsverkeer) in het gebruiksjaar 2024 is 480.400 waarvan 30.300 in de nachtperiode.<sup>6</sup>

De verhouding landingen : starts in de nacht is 3 : 1.

De verhouding landingen : starts in de nachtperiode is 1.74 : 1 ofwel 7 : 4.

De verhouding landingen : starts in de dagperiode is 1 : 1.

NB: In werkelijkheid zijn er in de dagperiode ongeveer 3% meer starts dan landingen, maar dit verschil wordt in deze analyse verwaarloosd.

Periode	Landingen	Starts	Totaal	Totaal
Dag (07:00-19:00)	36.1%	37.3%	73.5%	Dagperiode: 93.7%
Avond (19:00-23:00)	9.9%	10.4%	20.2%	
Nacht (23:00-06:00)	3.0%	0.9%	3.9%	Nachtperiode: 6.3%
Vroege ochtend (06:00-07:00)	1.0%	1.4%	2.4%	
Totaal	50%	50%	100%	

#### Vlootsamenstelling – startgewicht

De vloot in het gebruiksjaar 2024, opgedeeld naar startgewicht (*maximum take-off weight*, MTOW) in ton (1000 kg), is als volgt samengesteld:

<sup>5</sup> Bron: Gebruiksprognose 2024, <https://open.overheid.nl/documenten/dpc-52c84111eec01353d5fc9897529c34d62ada9c55/pdf>.

<sup>6</sup> Schattingen van augustus 2024.

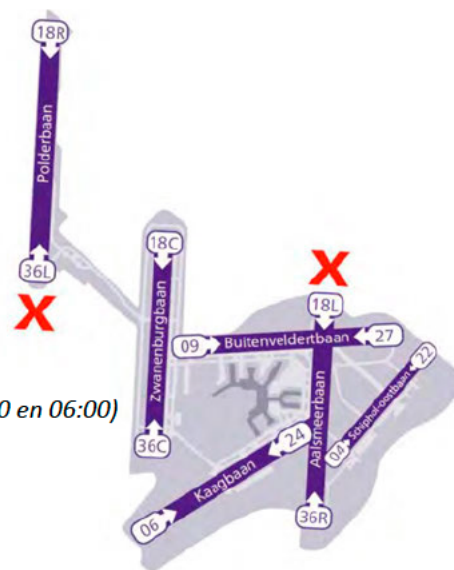
MTOW (ton)	Percentage bewegingen	Voorbeelden van categorieën
<6	0	Kleine zakenjets
6-40	1	Embraer 145/135/170, Bombardier CRJ900
40-60	26	Embraer 190/175 <sup>7</sup>
60-100	55	Airbus A220, A318-A321 A320/A321neo, Boeing 737-700, -900, MAX, Embraer E195-E2 <sup>7</sup>
160-230	3	Airbus A330, Boeing 787-800
230-300	10	Boeing 777-200, 787-900, -10, Airbus A350-900
>300	5	Airbus A380, Boeing 747-400, -800, 777-300

### Baanbebruik

Er wordt één baan gebruikt voor starts en één voor landingen. Tijdens de startpiek wordt er een extra startbaan ingezet, tijdens de landingspiek wordt er een extra landingsbaan ingezet. Als de start- en landingspieken elkaar binnen korte tijd afwisselen worden gelijktijdig twee startbanen en twee landingsbanen gebruikt. De banen worden ingezet volgens een voorkeursvolgorde van in te zetten baancombinaties. Als de eerste voorkeur vanwege weersomstandigheden of onderhoud niet gebruikt kan worden wordt de eerstvolgende baancombinatie ingezet die wel bruikbaar is. De voorkeursvolgorde is weergegeven in Tabel 2.1 voor overdag (vroeg ochtend + dag + avond), en in Tabel 2.2 voor de nacht. Voorkeurscombinaties 5 en 6 worden gebruikt bij lagere wolkenbasis, verminderde zichtcondities en schemering<sup>8</sup>.

Tabel 2.1: Voorkeursvolgorde van baancombinaties overdag (vroeg ochtend + dag + avond, tussen 06:00 en 23:00)

Voorkeur	Landen		Starten	
	L1	L2	S1	S2
1	06	36R	36L	36C
2	18R	18C	24	18L
3	06	09	09	36L
4	27	18R	24	18L
5a	36R	36C	36L	36C
5b	18R	18C	18L	18C
6a	36R	36C	36L	09
6b	18R	18C	18L	24



Tabel 2.2: Voorkeursvolgorde van baancombinaties in de nacht (tussen 23:00 en 06:00)

Voorkeur	Landen	Starten
1	06	36L
2	18R	24
3	36C	36L
4	18R	18C

Omdat de wind vaak uit het zuidwesten waait wordt de tweede voorkeur vaker ingezet dan de eerste voorkeur. Tabel 2.3 geeft de in de referentiesituatie aangenomen procentuele inzet van de baancombinatievoorkeuren weer.

<sup>7</sup> KLM hanteert voor dit type een lager maximum startgewicht.

<sup>8</sup> Combinaties 1-4: Zicht tenminste 5000 m, wolkenbasis tenminste 1000 voet, bij convergerend baangebbruik wolkenbasis tenminste 2000 voet, in daglichtperiode. Combinatie 5: Zicht tenminste 5000 m, wolkenbasis tenminste 1000 voet. Combinatie 6: Zicht tenminste 1500 m, wolkenbasis tenminste 300 voet.

Tabel 2.3: Aangenomen relatieve inzet van baancombinatievoorkeuren

Overdag 06:00-23:00		Nacht 23:00-06:00	
Voorkeur	Percentage	Voorkeur	Percentage
1	22.7	1	34.6
2	36.1	2	43.5
3	3.1	3	5.4
4	6.2	4	4.7
5	14.5	Anders	11.7
6	0.4		
Anders	17.0		

### Autonome ontwikkelingen

In de referentiesituatie wordt rekening gehouden met autonome ontwikkelingen. Dit zijn ontwikkelingen die jaarlijks plaatsvinden ongeacht overheidsinterventie, zoals bijvoorbeeld het doorlopende vernieuwen van de vloot. Autonome ontwikkelingen zijn beschreven in sectie 2.5.

## 2.2 Geluidsbeperkende maatregelen

Deze paragraaf geeft een nadere beschrijving van de geluidsbeperkende maatregelen zoals die in september 2024 zijn voorgesteld<sup>9,10</sup>.

### 2.2.1 Inzet van stillere vliegtuigen in de nachtperiode

Deze maatregel betreft het optimaliseren van het vlootgebruik van KLM door de inzet van stillere toestellen in de nacht. Hierbij wordt de vloot van de luchtvaartmaatschappij zodanig ingezet, dat de stilste toestellen 's nachts worden gebruikt.

Concreet betekent dit dat een aantal lawaaiige toestellen uit de nacht wordt gehaald en worden omgewisseld met toestellen die stiller zijn. De maatregel bevat twee elementen:

- Het verplaatsen van onder andere wide-body toestellen uit de nacht naar de dag en het opvullen van dat slot met een narrow-body toestel;
- Het vervangen van een meer lawaaiig wide-body toestel door een stiller wide-body toestel.

Volgens gegevens van de sector leidt deze maatregel tot jaarlijks 2.236 veranderde vliegbewegingen:

Van dagperiode naar nachtperiode		Van nachtperiode naar dagperiode	
1.404	Embraer 195-E2	468	Airbus A330-200
364	Boeing 787-9	260	Airbus A330-300
468	Boeing 787-10	832	Boeing 777-200
		676	Boeing 777-300

<sup>9</sup> Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Aanvullende raadpleging, Balanced Approach Schiphol, mei 2024.

<sup>10</sup> Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat: Kamerbrief over stand van zaken Schiphol september 2024.

## 2.2.2 Tariefdifferentiatie

Deze maatregel is erop gericht de geluidsbelasting te verminderen door luchtvaartmaatschappijen te stimuleren lawaaierige vliegtuigtypen te vervangen door stillere typen. Dit wordt gedaan door een sterkere differentiatie van luchthavengelden op basis van de geluidsproductie van het vliegtuig. Het inzetten van lawaaige toestellen wordt hierdoor voor luchtvaartmaatschappijen duurder. De luchthavengelden op Schiphol zijn al gedifferentieerd op basis van de geluidsproductie van het vliegtuig. Schiphol onderscheidt 7 categorieën lawaaige vliegtuigen, variërend van S1 (meest lawaaierig in hun klasse) tot S7 (minst lawaaierig).

De maatregel gaat uit van een scherpe verhoging van het tarief van de twee meest lawaaige categorieën en een daling van het tarief van de twee minst lawaaige categorieën.

Volgens gegevens van de sector zullen door deze maatregel jaarlijks ongeveer 15.000 vliegbewegingen van narrow-body vliegtuigen uitgevoerd worden door stillere types dan voorheen. Ongeveer 8.500 vliegbewegingen per jaar van wide-body vliegtuigen zullen uitgevoerd worden door stillere vliegtuigtypes. Zie onderstaande specificatie.

### Narrow-body

2.682	Airbus A319	vervangen door	10.058	Airbus A320neo
7.133	Airbus A320		1.361	Airbus A321neo
1.957	Airbus A321		3.258	Boeing 737 MAX
3.522	Boeing 737-800			

### Wide-body

835	Airbus A330-200	vervangen door	4.030	Airbus A330-900
4.962	Airbus A330-300		2.876	Airbus A350-900
1.249	Boeing 767-300		1.914	Boeing 787-8
296	Boeing 767-400		224	Boeing 747-8
369	Boeing 777-200			
846	Boeing 777-300			
224	Boeing 747-400			

Ongeveer 1% van de bewegingen met narrow-body vliegtuigen die door deze maatregel wordt beïnvloed vindt plaats in de nachtperiode. Voor de wide-body vliegtuigen is dat ongeveer 10%.

## 2.2.3 Additionele vlootvernieuwing

In het referentiescenario is rekening gehouden met autonome ontwikkelingen. Dit zijn ontwikkelingen, waaronder vlootvernieuwing, die jaarlijks plaatsvinden, ongeacht het invoeren van maatregelen door de overheid. De derde geluidsbeperkende maatregel houdt in dat specifieke luchtvaartmaatschappijen tussen november 2024 en november 2025 meer aan vlootvernieuwing doen dan is verondersteld binnen de autonome ontwikkeling.

In deze IVA worden de vlootvernieuwingsprognoses voor West Europa gebruikt als kengetallen voor de 'autonome vlootvernieuwing'. De gemiddelde jaarlijkse vlootvernieuwing in West-Europa is in de komende 10 jaar naar verwachting gemiddeld 6.0% per jaar (1.0% aanvulling plus 5.0% vervanging), zie sectie 2.5.2.

In rapport 'Balanced Approach Second addendum' van To70 (nr 23.171.37, mei 2024) is aangenomen dat de vlootvernieuwing die plaatsvindt bij KLM en Transavia de belangrijkste factor is van de additionele vlootvernieuwing.

De vloot van Transavia bestond op 31 december 2023 uit 45 vliegtuigen, waarvan 4 van het type B737-700, 40 van het type B737-800 en 1 Airbus A321neo<sup>11</sup>. Op termijn gaat Transavia alle Boeing toestellen in de vloot vervangen door A321neo vliegtuigen. Dit duurt naar verwachting 7 jaar, waarbij er naar verwachting vóór 1 november 2025 al 17 Airbus A321neo's worden geleverd ter vervanging van de 4 Boeing 737-700 en 13 B737-800 toestellen. De gemiddelde vlootvernieuwing in de periode 1 november 2023 tot 1 november 2025 is 20.2% per jaar. Dit is 14.2% hoger dan het West-Europese gemiddelde. De additionele vlootvernieuwing van Transavia is dus 14.2 % per jaar. Deze additionele vlootvernieuwing leidt er toe dat 19.989 vliegbewegingen per jaar, waarvan 3.637 in de nachtperiode, worden uitgevoerd met een moderner type dan voorheen.

De vloot van KLM bestond in 2023 uit 172 passagiersvliegtuigen. Dit is een combinatie van vliegtuigen van Boeing, Airbus en Embraer. Naar verwachting zal 14.5% van de vloot worden vervangen in de periode tussen 1 september 2024 en 1 november 2025. Dit zal voornamelijk gebeuren met de Airbus A321neo, die de Boeing 737-700 en de Embraer E190 vervangt. De gemiddelde vlootvernieuwing tot 1 november 2025 is dus 13.6% per jaar. In vergelijking met de gemiddelde vlootvernieuwing in West-Europa van 6.0% per jaar is *additionele* vlootvernieuwing van KLM in het komende jaar 7.6%. Deze additionele vlootvernieuwing leidt er toe dat 50.881 vliegbewegingen per jaar, waarvan 3.525 in de nachtperiode, worden uitgevoerd met een moderner type dan voorheen.

De leveringen van nieuwe toestellen zijn onderhevig aan externe factoren, zoals vertragingen bij (toe)leveranciers, waar luchtvaartmaatschappijen vaak geen directe invloed op hebben. Hierdoor zijn de percentages en aantallen vliegbewegingen onzeker.

## 2.2.4 Weren van lawaaige toestellen

Voorgesteld wordt om toestellen met een cumulatieve marge gelijk aan of kleiner dan 13 EPNdB (effectief waargenomen geluid gemeten in decibel<sup>12</sup>), uit zowel hoofdstuk 3 als hoofdstuk 4 (cf. verdrag van Chicago<sup>13</sup>), te weren in de nachtperiode. Zij mogen tussen 23:00 en 07:00 uur niet meer landen en starten op Schiphol.

Volgens gegevens uit de sector leidt deze maatregel er toe dat een aantal vliegbewegingen in de nachtperiode worden uitgevoerd met stillere types. Ook zijn er meerdere vliegbewegingen die uitgevoerd blijven worden met hetzelfde type, maar verplaatsen van de nachtperiode naar de dagperiode. De opengevallen slots in de nachtperiode worden opgevuld met bewegingen door andere types, die worden verplaatst vanuit de dagperiode. In onderstaande tabel zijn de veranderingen gespecificeerd. Het totaal aantal bewegingen in de dagperiode en in de nachtperiode verandert niet door deze maatregel.

<sup>11</sup> KLM Annual Report 2023 [https://www.klmanualreport.com/wp-content/uploads/2024/04/KLM-Annual-Report\\_2023.pdf](https://www.klmanualreport.com/wp-content/uploads/2024/04/KLM-Annual-Report_2023.pdf), geraadpleegd op 27-08-2024.

<sup>12</sup> EPNdB staat voor Effective perceived noise in decibels. Cumulatieve marge is de som van de individuele marges (verschil tussen het gecertificeerde geluidsniveau en de geluidsgrenswaarde) op drie geluidsmeeptpunten vastgelegd in regelgeving (bijlage 16 van het Verdrag van Chicago). Een vlucht met een cumulatieve marge van minder dan 13 EPNdB, bijvoorbeeld 10 EPNdB, geeft dus meer geluidsoverlast (ligt dichterbij de maximale grenswaarde) dan een vlucht met een marge van 13 EPNdB en kan met deze maatregel worden verbannen.

<sup>13</sup> Dit verwijst naar volume I van bijlage 16 van het Verdrag van Chicago. Hoofdstuk 3 heeft betrekking op subsonische straalvliegtuigen en propellervliegtuigen met een maximum gecertificeerde startmassa van meer dan 8618 kg; Hoofdstuk 4 heeft betrekking op subsonische straalvliegtuigen en propellervliegtuigen met een maximum gecertificeerde startmassa van 55000 kg of meer, op subsonische straalvliegtuigen met een maximum gecertificeerde startmassa van minder dan 55000 kg, en op propellervliegtuigen met een maximum gecertificeerde startmassa van meer dan 8618 kg maar minder dan 50000 kg.

Type	Bewegingen dagperiode	Bewegingen nachtperiode
Airbus A300-600		-73
Airbus A330-200		73
Boeing 737-400		-52
Boeing 737-800	-344	423
Boeing 737-900	140	-166
Boeing 747-400	204	-229
Boeing 747-8		25

## 2.2.5 Capaciteitsreductie in de nachtperiode tot 27.000 bewegingen per jaar

Het maximale aantal vliegbewegingen in de nachtperiode wordt vanaf november 2025 beperkt tot maximaal 27.000. Aangenomen is dat een verandering van het aantal bewegingen in de nachtperiode op zichzelf niet leidt tot een andere verdeling van het aantal bewegingen per vliegtuigtype in de nachtperiode.

## 2.2.6 Capaciteitsreductie in totaal tot 475.000-485.000 bewegingen per jaar

Het totaal aantal bewegingen van handelsverkeer wordt beperkt tot 475.000 – 485.000 bewegingen per jaar. Naast deze capaciteitsbeperking wordt mogelijk ook het kleine luchtvaartverkeer (General Aviation) op Schiphol beperkt. Aangenomen is dat een verandering van het totaal aantal bewegingen per jaar op zichzelf niet leidt tot een andere verdeling van het aantal bewegingen per vliegtuigtype indien de totale verandering van het aantal vliegbewegingen per jaar beperkt blijft tot minder dan 10%.

## 2.2.7 Uitbreiden aantal handhavingspunten voor geluid

Er komen meer handhavingspunten voor geluid met daarbij nieuwe grenswaarden. Het beschermingsgebied wordt ook uitgebreid door toevoeging van handhavingspunten tot de 45Lden-contour<sup>14</sup>, waar thans de 48Lden-contour wordt gebruikt. De grenswaarden in de handhavingspunten begrenzen de lokale geluidsbelasting. Als onderdeel van de maatregel wordt het anticiperend handhaven beëindigd zodat praktische en effectieve handhaving kan plaatsvinden.<sup>15</sup> De grenswaarden in de handhavingspunten worden vastgesteld op basis van de regels voor preferentieel baangebruik. Het doel daarvan is om zoveel als mogelijk preferentieel baangebruik te kunnen toepassen. De grenswaarden in de handhavingspunten zijn echter leidend. Afwijkingen van preferentieel baangebruik zijn mogelijk om overschrijding van één of meer grenswaarden in de handhavingspunten te voorkomen.

De precieze locatie van de nieuwe handhavingspunten en de te hanteren grenswaarden zijn nog niet definitief vastgesteld.

<sup>14</sup> Lden is een Europese maat om de geluidsbelasting door omgevingslawaai over een heel etmaal uit te drukken.

<sup>15</sup> To70. Notitie 23.271.07. MER Schiphol – vaststellen grenswaarden t.b.v. LVB Schiphol. 1 oktober 2024.

## 2.3 Afbakening

De integrale veiligheidsanalyse geeft inzicht in de invloed van de introductie van een aantal geluidsbeperkende maatregelen op de integrale veiligheid van Schiphol. Integraal betekent dat het een totaalbeeld geeft van het resultaat van de activiteiten van alle actoren die actief zijn op Schiphol. Dit is van belang omdat inspanningen van alle actoren die actief zijn op Schiphol de veiligheid op Schiphol bepalen en omdat risico's kunnen ontstaan op de raakvlakken tussen actoren.

De studie omvat de volledige operatie vanaf binnenvliegen van de Schiphol terminal manoeuvring area (TMA) tot aan parkeren bij een vliegtuigopstelplaats en vanaf vertrek van de opstelplaats tot en met het uitvliegen van de TMA.

In de IVA wordt de complete set van mogelijke ongevals categorieën en de factoren die kunnen bijdragen aan ongevallen beschouwd. De meest complete set van ongevals categorieën is gedefinieerd door het zogenaamde CAST-ICAO Common Taxonomy Team (CICCT). Deze set wordt internationaal gebruikt voor het categoriseren en rapporteren van incidenten en ongevallen. Het voordeel van deze set is dat de verschillende categorieën goed gedefinieerd zijn en wereldwijd als standaard worden gebruikt. Dat betekent dat rapportages over incidenten en ongevallen teruggeleid kunnen worden tot de betreffende categorieën. Daarom wordt in de veiligheidsanalyse deze set als basis gebruikt voor het identificeren van mogelijke veiligheidseffecten van geluidsmaatregelen.

Er zijn in totaal 36 categorieën. De volledige lijst is opgenomen in Appendix A. Omdat de set van ICAO ongevals categorieën allesomvattend is, zijn er categorieën gedefinieerd die evident niet van toepassing zijn op de Schiphol-operatie (zoals bijv. 'Glider Towing Related Events'). Deze categorieën worden verder niet meegenomen in de analyse; in Appendix A zijn ze aangemerkt als 'Niet van toepassing'. Ook zijn er categorieën die gezien worden als gevolg van een andere categorie (zoals bijv. 'Evacuation'); in Appendix A zijn zij aangemerkt als 'Gevolgcategorie'. De overgebleven 29 categorieën zijn onderdeel van de integrale veiligheidsanalyse.

De integrale veiligheidsanalyse richt zich op vliegveiligheid. Dat wil zeggen dat er gekeken wordt naar de kans op incidenten en ongevallen die betrekking hebben op 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. Een ongeval is een gebeurtenis waarbij een persoon fataal of ernstig letsel oploopt of waarbij het vliegtuig significante schade oploopt, conform de ICAO-definitie van een ongeval<sup>16</sup>.

Arbo-gerelateerde ongevallen gedurende onderhoud of afhandeling en milieuaspecten vallen buiten de scope van de analyse. Er wordt ook niet gekeken naar ongevallen veroorzaakt door bewust onwettelijk handelen.

In navolging van de eerdere IVAs is geen onderscheid gemaakt in de ernst van een ongeval of de locatie van een ongeval. Een ongeval met één slachtoffer weegt in deze studie even zwaar als een ongeval met meerdere slachtoffers. Hierdoor wordt geen onderscheid gemaakt in ernst tussen de verschillende ongevals categorieën. Hierbij wordt een uitzondering gemaakt voor turbulentieongevallen. Dit type ongeval komt relatief vaak voor, waarbij de gevolgen meestal beperkt zijn. In de totale wegging worden turbulentieongevallen daarom apart behandeld, zie sectie 3.3.

Deze IVA analyseert alleen de impact van de geluidsbeperkende maatregelen ten opzichte van de situatie vlak voor de invoering daarvan (begin 2024).

<sup>16</sup> ICAO. (2016) Annex 13, Aircraft Accident and Incident Investigation, eleventh edition. International Civil Aviation Organization, Montreal.

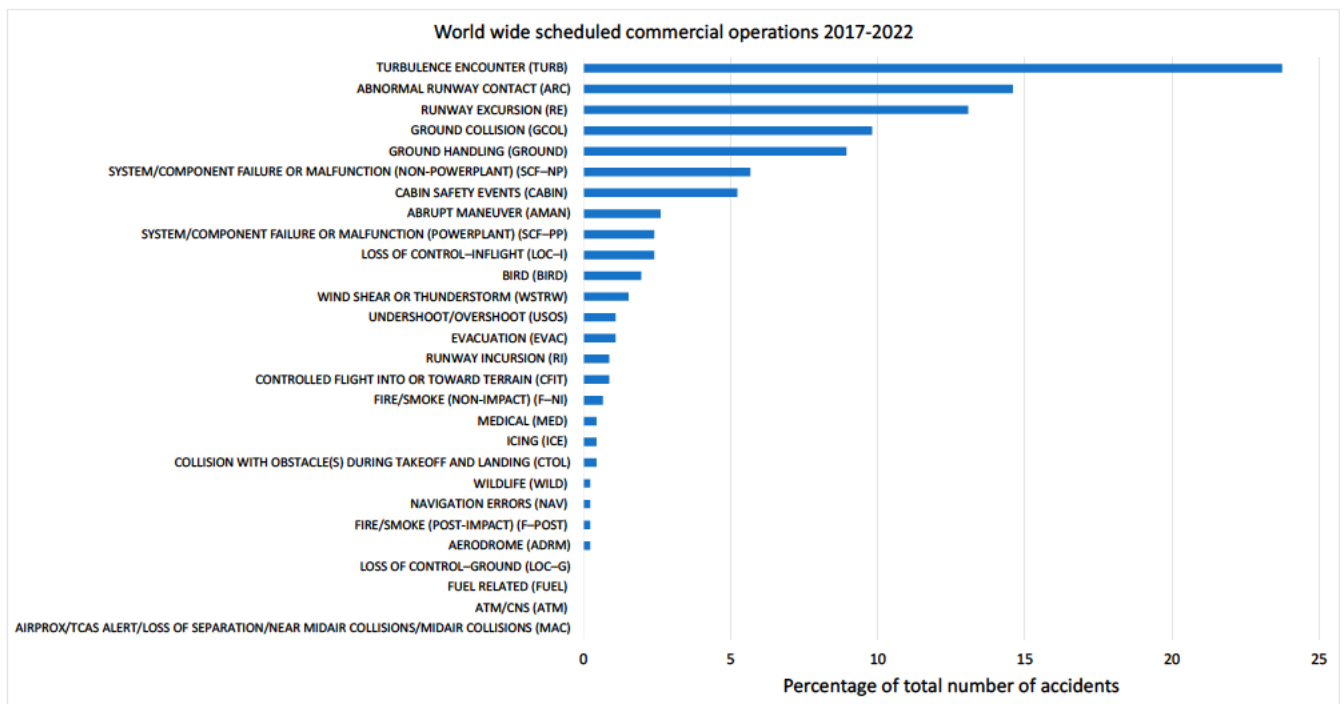
## 2.4 Uitgangspunten

De analyse en de resultaten in dit rapport zijn gebouwd op de volgende aannames en uitgangspunten:

Gedurende de looptijd van het onderzoek zijn er voortdurend aanpassingen geweest van de voorgestelde geluidsmaatregelen. Het is wenselijk dat de resultaten van dit rapport bruikbaar blijven, ook als na oplevering van het rapport nog wijzigingen worden aangebracht in de voorgestelde geluidsmaatregelen. Daarom zijn de mechanismen die kunnen leiden tot veranderingen van de veiligheid uitvoerig beschreven. Deze mechanismen zijn, binnen de overige aannames van de studie, onafhankelijk van de geluidsmaatregelen.

De ongevalscategorieën zijn zo gedefinieerd dat het mogelijk is dat één enkel ongeval meerdere categorieën omvat. Zo moet volgens de gebruiksregels van CICTT een voorval waarbij ijs op de vleugels leidt tot verlies van controle in de vlucht worden geclassificeerd als ICE en LOC-I. Voor het berekenen van ongevalskansen is dat problematisch omdat het kan leiden tot dubbeltellingen. Daarom wordt voor deze IVA elk mogelijk ongeval aan slechts één categorie gekoppeld, namelijk die categorie die de meeste schade toebrengt. Een voorval waarbij ijs op de vleugels leidt tot verlies van controle in de vlucht wordt in deze IVA dus geclassificeerd als LOC-I.

Ongevallen van de verschillende categorieën zijn niet allemaal even waarschijnlijk. Zo is de kans op een ongeval door problemen met de brandstof minder waarschijnlijk dan een ongeval door turbulentie. Figuur 2.1 geeft de percentuele verdeling van de ongevalscategorieën weer. Deze figuur is gebaseerd op door ICAO gepubliceerde wereldwijde gegevens van geregeld commercieel vliegverkeer in de jaren 2017 tot en met 2022<sup>17</sup>. In totaal gaat het om 459 ongevallen. Omdat ongevallen zo weinig voorkomen is een opdeling per geografische regio (bijvoorbeeld Europa of Nederland) niet betekenisvol. Aangenomen wordt dat de percentuele verdeling van figuur 2.1 van toepassing is op Schiphol.



Figuur 2.1: Percentuele verdeling van ongevalscategorieën voor wereldwijd geregeld commercieel vliegverkeer in de periode 2017 t/m 2022

<sup>17</sup> Bron: ICAO Safety Report, Editions 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023.

In het geval dat één botsing ertoe leidt dat twee vliegtuigen verongelukken - dit gebeurt doorgaans maar niet altijd - wordt dit geteld als twee ongevallen, anders zou de statistiek van de ongevalsrisico's per beweging niet meer juist zijn. Bij ongevalscategorieën waar mogelijk meerdere vliegtuigen zijn betrokken, zoals mid-air collisions (MAC), ground collision (GCOL), runway incursion (RI) en luchtverkeersleiding (ATM/CNS) moet daarbij extra aandacht worden geschonken aan de notie dat de kans op een botsing per vliegbeweging afhankelijk kan zijn van het aantal vliegbewegingen, en de kans op een botsing per jaar daarom een kwadratische afhankelijkheid kan hebben in het aantal vliegbewegingen. Er moet worden opgemerkt dat in sommige gevallen (zoals kop-staart botsingen tussen verkeer op één route) een kwadratisch model minder passend is, en ook dat er complexiteiten zijn die het zuiver kwadratisch model verstoren zoals de werkdruk, de belasting van communicatiekanalen, de mogelijkheid van doorstarts omdat de landingsbaan nog bezet is (die doorstartende vliegtuigen moeten vervolgens weer opnieuw een landingspoging doen), de aanname dat de piekcapaciteit per landingsbaan niet toeneemt, de inzet van extra verkeersleiders om grotere drukte op te vangen, enzovoorts.

Vanuit het perspectief van Schiphol en omwonenden is het werken met een waarschijnlijkheid van een ongeval in termen van aantallen per jaar het meest logisch. De eindresultaten van de studie zijn daarom ook in die termen weergegeven.

## 2.5 Autonome veiligheidsverbetering

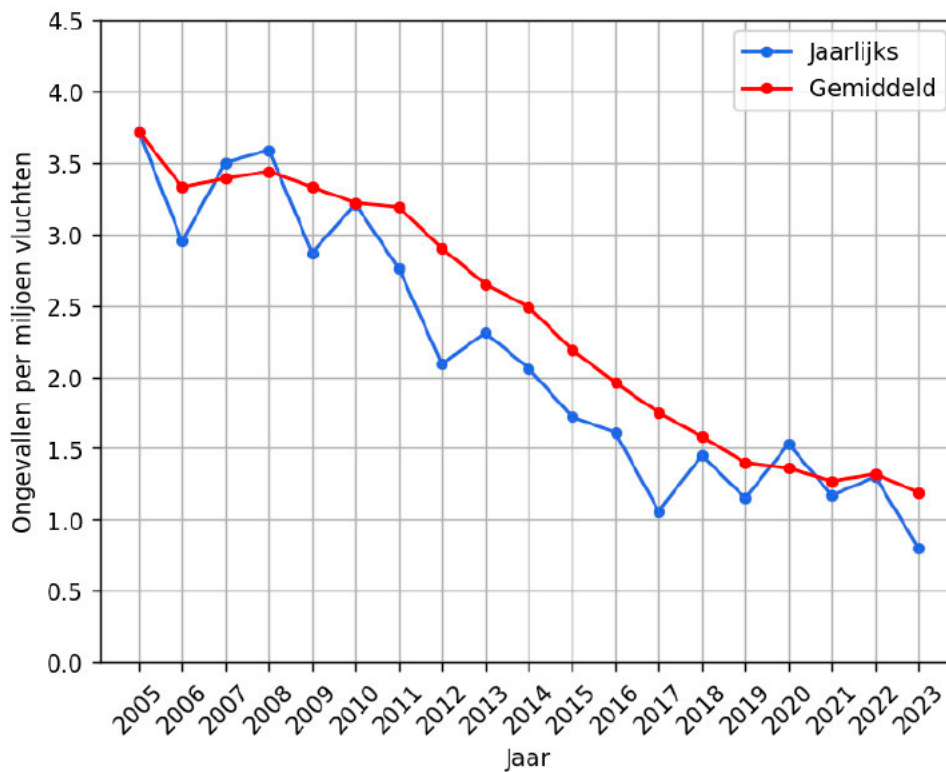
### 2.5.1 Globale ongevalstrend

De veiligheid op Schiphol wordt niet alleen bepaald door de direct bij Schiphol betrokken organisaties. Door internationale ontwikkelingen in vliegtuigtechniek, regelgeving, procedures en trainingen wordt de veiligheid jaarlijks wereldwijd verbeterd. Dit proces van autonome veiligheidsverbetering is beschreven in de Integrale Veiligheidsanalyse Schiphol van 2018. Destijds is voor Schiphol geschat dat de ongevalsrisico's per vlucht jaarlijks 3% vermindert door autonome veiligheidsontwikkeling.

De wereldwijde autonome veiligheidsverbetering is voorheen geschat op basis van de jaarlijkse ontwikkeling van het aantal ongevallen in combinatie met de groei van het aantal vluchten. In hoeverre deze trend van toepassing is op Schiphol is niet direct op basis van ongevalsstatistieken vast te stellen door het geringe aantal ongevallen op de luchthaven.

Figuur 2.2 laat het jaarlijkse, wereldwijde aantal ongevallen per miljoen vluchten zien voor de periode 2005-2023. De figuur heeft betrekking op wereldwijde commerciële luchtvaart<sup>18</sup>. In de figuur zijn de jaarlijkse cijfers en het vijfjarig voortschrijdend gemiddelde weergegeven. De figuur laat een dalende trend zien in het jaarlijkse aantal ongevallen per miljoen vluchten. Deze trend lijkt de afgelopen vijf jaar wat te zijn afgevlakt. Gemiddeld daalde het aantal ongevallen per miljoen vluchten tussen 2005 en 2023 met 6.1% per jaar. In de periode 2019-2023 was dat 3.2% per jaar.

<sup>18</sup> Commerciële vluchten voor vervoer van passagiers en/of vracht met turbopropeller en straalvliegtuigen een maximum startgewicht groter dan 5700 kg.



Figuur 2.2: Jaarlijkse, wereldwijde aantal ongevallen per miljoen vluchten en het vijfjarig voortschrijdend gemiddelde<sup>19</sup>

Zoals beschreven in de Integrale Veiligheidsanalyse Schiphol van 2018 hebben veel factoren invloed op de autonome veiligheidsontwikkeling. Deze IVA actualisatie gaat in op factoren die relevant zijn in aanvulling op wat in de IVA 2018 is beschreven:

- Vlootvernieuwing en de veiligheidsontwikkeling van vliegtuigtypes
- COVID-19 en de beschikbaarheid van (ervaren) personeel.

## 2.5.2 Vlootvernieuwing

Door voortdurende innovatie bij fabrikanten van vliegtuigen en vliegtuigsystemen heeft vlootvernieuwing invloed op de mondiale luchtvaartveiligheid. Recente problemen met de Boeing 737-MAX laten echter zien dat er niet onvoorwaardelijk aangenomen kan worden dat nieuwe vliegtuigtypen veiliger zijn dan de vliegtuigen die ze vervangen.

De jaarlijkse wereldwijde vlootvernieuwing kan opgesplitst worden in twee delen:

- Aanvulling* op de huidige vloot om de groei van het luchtverkeer te accommoderen
- Vervanging* van oudere vliegtuigen door nieuwe vliegtuigen.

De wereldwijde vloot van grote<sup>20</sup> commerciële vliegtuigen bestond begin 2024 uit 28.398 vliegtuigen. Naar verwachting neemt dat aantal de komende jaren gestaag toe tot 36.413 vliegtuigen in 2034, een netto toename van

<sup>19</sup> Bronnen voor deze figuur: IATA. (2024). Interactive Safety Report. Opgehaald van <https://www.iata.org/safetyreport-dashboard> en Airbus. (2024). Fatal Accidents. Opgehaald van <https://accidentstats.airbus.com/fatal-accidents/>

<sup>20</sup> Met plaats voor meer dan 19 passagiers.

8.015 vliegtuigen<sup>21</sup>. Gemiddeld is dit een jaarlijkse toename van de wereldwijde vloot met nieuwe vliegtuigen van 2.5%. Volgens schattingen produceren de vliegtuigfabrikanten de komende tien jaar 20.600 nieuwe vliegtuigen<sup>22, 23</sup>. Dat betekent dat er in de komende tien jaar 12.585 vliegtuigen van de huidige wereldwijde vloot vervangen zullen worden. Dit is gemiddeld 4.4% per jaar. In totaal is de gemiddelde jaarlijkse vlootvernieuwing in de komende tien jaar 6.9% per jaar (2.5% aanvulling plus 4.4% vervanging).

In West-Europa is de mate van vlootvernieuwing lager dan wereldwijd. De West-Europese vloot neemt naar verwachting toe van 5.316 vliegtuigen in 2024 tot 5.873 vliegtuigen in 2034, wat overeenkomt met een jaarlijkse toename van 1.0%. Naar schatting worden er in Europa (Oost- en West-Europa) in de komende 20 jaar 8.300 vliegtuigen geleverd<sup>24</sup>. In deze analyse wordt aangenomen dat het aantal geleverde vliegtuigen per jaar constant is en dat deze naar verhouding van de grootte van de huidige vloot over Oost- en West-Europa worden verdeeld. Van 2024 tot 2034 zullen er naar schatting dus 4.150 nieuwe vliegtuigen geleverd worden in West-Europa. De West-Europese vloot groeit in deze periode met 1.158 vliegtuigen, wat impliceert dat er 2.992 vliegtuigen vervangen worden. Dit is gemiddeld 5.0% per jaar. In totaal is de gemiddelde jaarlijkse vlootvernieuwing in West-Europa naar verwachting 6.0% (1.0% aanvulling plus 5.0% vervanging).

Ondanks de voortdurende vlootvernieuwing is de gemiddelde leeftijd van vliegtuigen in Europa gestegen van 9.6 jaar in 2005 naar 11.6 jaar in 2021<sup>25</sup>.

## 2.5.3 Veiligheidsontwikkeling van vliegtuigtypes

Verkeersvliegtuigen zijn in de afgelopen decennia steeds veiliger geworden. Door technologische ontwikkelingen zijn nieuwe veiligheidssystemen ontwikkeld en zijn bestaande systemen verbeterd. Belangrijke veiligheidssystemen zijn het 'Terrain Avoidance and Warning System' (TAWS) dat waarschuwt als een botsing met de grond dreigt en het 'Airborne Collision Avoidance System (ACAS) dat waarschuwt tegen dreigende botsingen in de lucht. Vliegtuignavigatie is sinds de introductie van satellietnavigatiesystemen (Global Navigation Satellite system, GNSS) nauwkeuriger geworden en met behulp van weerradar en waarschuwingssystemen tegen windshear is het beter mogelijk om gebieden met slecht weer te detecteren en ontwijken. Computersystemen aan boord van het vliegtuig worden gebruikt voor prestatieberekeningen en zorgen er via 'Flight Envelope Protection' voor dat vliegtuigen niet in een onveilige stand terecht kunnen komen. Informatie die voorheen door de piloten in handboeken moest worden opgezocht (zoals gegevens van vliegvelden) is in moderne vliegtuigen eenvoudiger en gebruikersvriendelijker te raadplegen met een 'Electronic Flight Bag' (EFB). Deze voortdurende ontwikkeling zorgt ook voor potentiële nieuwe kwetsbaarheden die, als ze niet tijdig worden herkend en aangepakt, kunnen leiden tot onveilige situaties. Automatische vliegtuigsystemen kunnen veel taken van de piloten overnemen en zo bijdragen aan een lagere werklust, maar als de piloten niet begrijpen wat het systeem doet ('mode confusion') kan dat juist ongevallen veroorzaken. Cyber attacks zijn ook een mogelijke nieuwe risicobron voor vliegtuigen die afhankelijk zijn van digitale systemen. GPS spoofing and jamming is een vorm van cyberaanvallen die steeds frequenter voorkomt.

<sup>21</sup> OliverWyman. (2023). Global Fleet and MRO Market Forecast 2024-2034. OliverWyman. Opgehaald van <https://www.oliverwyman.es/content/dam/oliverwyman/v2/publications/2024/feb/OliverWyman-Global-Fleet-and-MRO-Market-Forecast-2024-2034.pdf>.

<sup>22</sup> Airbus. (2023). Global Market Forecast. Opgehaald van <https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2023-06/Airbus%20Global%20Market%20Forecast%202023-2042%20Presentation.pdf>.

<sup>23</sup> Boeing. (2023). Commercial Market Outlook. Opgehaald van [https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/market/assets/downloads/2023-CMO\\_Hulst-Presentation.pdf](https://www.boeing.com/content/dam/boeing/boeingdotcom/market/assets/downloads/2023-CMO_Hulst-Presentation.pdf).

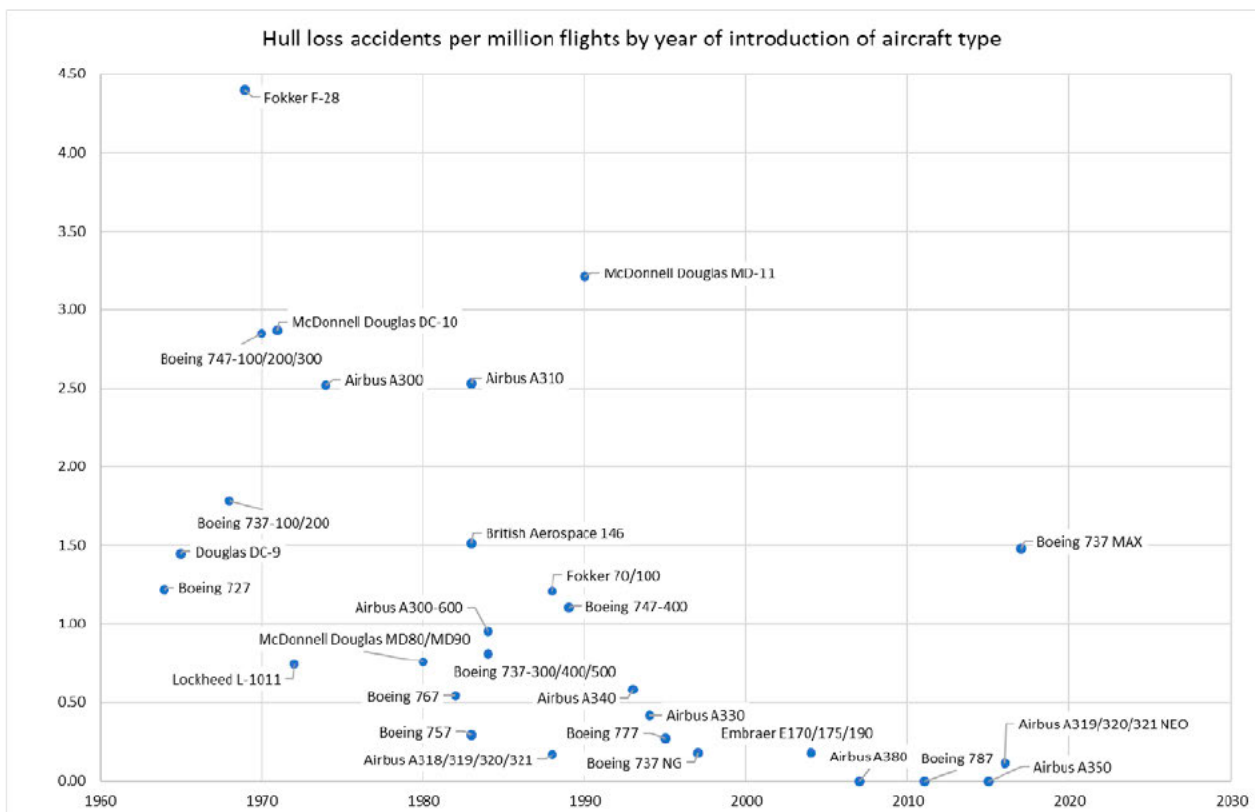
<sup>24</sup> Cirium. (2024). Cirium Fleet Forecast. Cirium Ascend Consultancy. Opgehaald van <https://www.cirium.com/thoughtcloud/ciriums-2023-fleet-forecast-predicts-annual-passenger-aircraft-deliveries-to-exceed-100-billion-in-2024/>.

<sup>25</sup> EASA (2022) European Aviation Environmental Report 2022. European Union Aviation Safety Agency.

Regelgeving voor typegoedkeuring en vluchtuitvoering speelt een belangrijke rol bij de veiligheidsverbetering van vliegtuigen. De eisen worden aangepast naar aanleiding van ongevallen en te verwachten gevaren. Zo is de aanwezigheid van waarschuwingssystemen als TAWS en ACAS verplicht en moeten vliegtuigsystemen en netwerken vanaf 2020 aantoonbaar beveiligd zijn tegen moedwillige ongeautoriseerde interacties.

Figuur 2.3 illustreert deze ontwikkelingen<sup>26</sup>. Dit figuur geeft voor verschillende typen straalverkeersvliegtuigen de aantallen hull losses<sup>27</sup> per miljoen vluchten weer als functie van het jaar waarin het vliegtuigtype voor het eerst operationeel werd ingezet. In de figuur zijn alleen straalverkeersvliegtuigen van 'Westerse'<sup>28</sup> fabrikanten weergegeven die de afgelopen vijf jaar nog in bedrijf waren. In de figuur zijn ongevalsgegevens tot en met 2022 verwerkt.

Figuur 2.3 laat een geleidelijke afname zien van het aantal hull losses per miljoen vluchten voor nieuwere vliegtuigen, waarbij drie vliegtuigtypen opvallen vanwege een hoge hull loss rate in vergelijking met andere vliegtuigen uit dezelfde periode: Fokker F-28, McDonnell Douglas MD-11 en Boeing 737 MAX. De hoge hull loss rate van de Fokker F-28 is waarschijnlijk een gevolg van het feit dat dit toestel relatief veel is gebruikt in economisch zwakke landen (Visser, 1997). Het relatief grote aantal ongevallen met een McDonnell Douglas MD-11 lijkt mede een gevolg van de stureigenschappen, met name de besturing van de standhoek, waardoor overrotatie tijdens de start en harde landingen relatief vaker optreden dan bij andere types. De hoge ongevalsstatistiek van de Boeing 737 MAX wordt veroorzaakt door het ontwerp van een specifiek systeem (het MCAS systeem) dat binnen twee jaar nadat het toestel in gebruik was genomen leidde tot twee fatale ongevallen. Als gevolg van deze ongevallen zijn alle Boeing 737 MAX toestellen aan de grond gehouden tot de problemen met het MCAS naar tevredenheid van de luchtwaardigheidsautoriteiten waren verholpen.



Figuur 2.3: Aantallen hull loss ongevallen per miljoen vluchten als functie van het jaar waarin het vliegtuigtype voor het eerst operationeel werd ingezet

<sup>26</sup> Bron voor de figuur: Boeing Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents, 1959-2013 & 1959-2022.

<sup>27</sup> Er is sprake van een hull loss als het toestel zodanig is beschadigd is dat reparatie niet economisch rendabel is.

<sup>28</sup> Westerse fabrikanten zijn fabrikanten uit Europa, de Verenigde Staten en Brazilië.

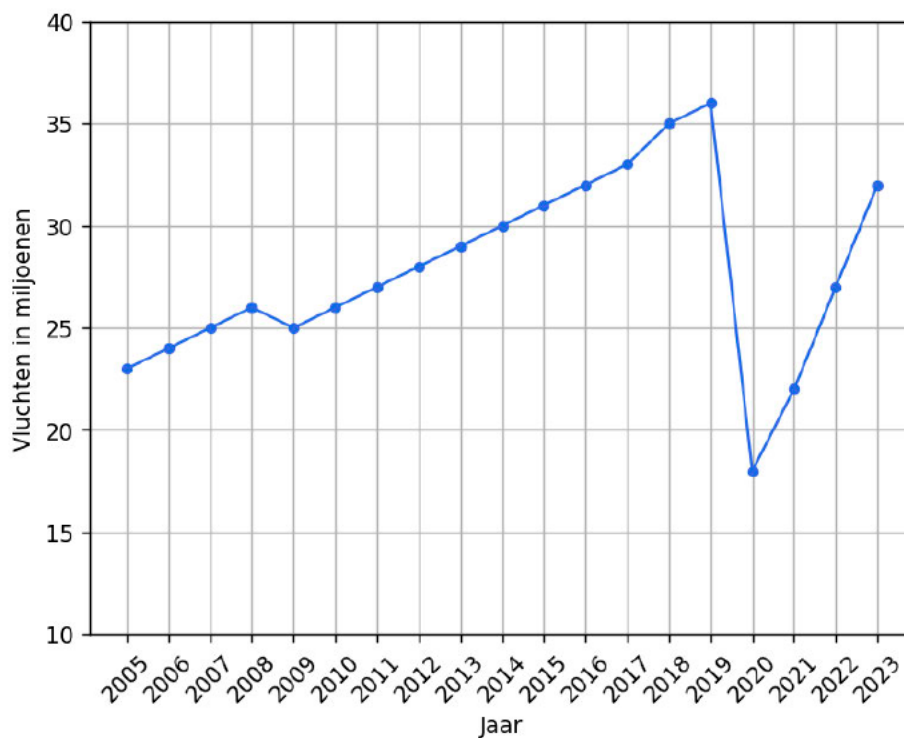
Bij de interpretatie van de figuur moet er rekening mee worden gehouden dat de meest recente vliegtuigen nog relatief weinig vluchten hebben uitgevoerd. Als de gerealiseerde aantallen worden gebruikt als schattingen van toekomstige ongevalskansen is de statistische onzekerheid groter naarmate een type minder vluchten heeft uitgevoerd.

De gemiddeld betere veiligheidscijfers van recentere vliegtuigtypes zijn overigens niet alleen het gevolg van betere vliegtuigtechniek. Ook de andere elementen van het hele luchtvaartstelsel (bijvoorbeeld luchtverkeersleiding, opleiding van piloten, luchthavens) ontwikkelen zich waardoor de context waarbinnen het vliegtuig opereert steeds veiliger wordt.

Differentiatie van de veiligheidsontwikkeling per type voor de afzonderlijke ongevals categorieën is niet zinvol omdat het aantal ongevallen zo gering is. Daarom wordt aangenomen dat veiligheidsontwikkelingen van vliegtuigtypes voor elke ongevalscategorie op dezelfde wijze van toepassing is.

## 2.5.4 COVID-19 pandemie

De COVID-19 pandemie heeft een zeer grote invloed gehad op de commerciële luchtvaart. Dit is evident in het jaarlijkse aantal commerciële vluchten zoals weergegeven in Figuur 2.4.



Figuur 2.4: Mondiaal aantal commerciële vluchten (in miljoenen) per jaar in de periode 2005-2023<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Airbus. (2024). Fatal Accidents. Opgehaald van <https://accidentstats.airbus.com/fatal-accidents/>.

De pandemie heeft op vele manieren invloed gehad op de luchtvaart. Door de plotselinge afname van het aantal vluchten in 2020 zijn veel werknemers in luchtvaart-gerelateerde bedrijven genoodzaakt over te stappen naar een baan buiten de luchtvaart. Met het herstel van het aantal vluchten naar eenzelfde niveau als vóór de pandemie is er een tekort aan personeel ontstaan dat naar verwachting niet snel kan worden opgelost. Er is wereldwijd een tekort aan piloten, onderhoudspersoneel, luchtverkeersleiders, grondafhandelingspersoneel en beveiligers<sup>30, 31, 32</sup>. Met het vertrek van vakbekwaam en gekwalificeerd personeel tijdens de pandemie is ook kennis en ervaring weggevloeid. In de VS en Europa draagt de pensionering van de babyboom-generatie er toe bij dat het moeilijk is om het personeelstekort op te lossen en de weggevloeide kennis en ervaring terug te winnen. Het op sterkte brengen van het personeelsbestand en het weer opbouwen van kennis en ervaring die tijdens de pandemie verloren is gegaan kost tijd, terwijl van het operationele proces gevraagd wordt dat op hetzelfde niveau wordt gepresteerd als voor de COVID-periode<sup>33</sup>.

Het personeelstekort in de luchtvaartsector heeft volgens figuur 2.2 niet direct zichtbaar gevolgen gehad voor het aantal ongevallen per miljoen vluchten. Er is weliswaar een afvlakking van de curve te zien, maar die was al ingezet vóór het begin van de COVID-periode. Op langere termijn kan niet worden uitgesloten dat het wegvallen van kennis en ervaring wel gevolgen zal hebben voor de veiligheid. De luchtvaart staat voor grote uitdagingen op het gebied van duurzaamheid en voor het kiezen van een veilig pad naar een meer duurzame luchtvaart is kennis van de manier waarop in het verleden de luchtvaart veiliger is geworden onontbeerlijk. Anders bestaat de kans dat in het proces van verduurzaming bestaande veiligheidssystemen onbedoeld en onopgemerkt verloren gaan.

## 2.5.5 Effect van autonome ontwikkelingen

Autonome ontwikkelingen zijn zowel in het referentiescenario als in het scenario met geluidsmaatregelen aan de orde. Omdat deze veiligheidsanalyse een relatieve analyse is – de veiligheid van het scenario met beheersmaatregelen wordt bepaald ten opzichte van het scenario zonder beheersmaatregelen – moet worden vastgesteld:

- of de autonome ontwikkeling door de beheersmaatregelen anders verlopen,
- of autonome ontwikkelingen effect hebben op de effectiviteit van de geluidsmaatregelen.

Interactie tussen autonome ontwikkelingen en geluidsmaatregelen is alleen aan de orde bij de maatregel ‘additionele vlootvernieuwing’. Door de manier waarop deze beheersmaatregel is geformuleerd, namelijk vlootvernieuwing in aanvulling op de autonome vlootvernieuwing, is deze interactie weggelaten. Daarom leveren autonome ontwikkelingen in beide scenario’s een even grote bijdrage aan een verandering van de ongevalskans per beweging.

<sup>30</sup> Massy-Beresford, H. (2022). Shoring Up The Global Post-COVID-19 Pilot Workforce. Aviation Week Network. Opgehaald van <https://aviationweek.com/air-transport/maintenance-training/shoring-global-post-covid-19-pilot-workforce>.

<sup>31</sup> Murray, G. (2022). After COVID-19, aviation faces a pilot shortage. OliverWyman. Opgehaald van <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2021/mar/after-covid-19-aviation-faces-a-pilot-shortage.html>.

<sup>32</sup> OliverWyman. (2023). Global Fleet and MRO Market Forecast 2024-2034. OliverWyman. Opgehaald van <https://www.oliverwyman.es/content/dam/oliverwyman/v2/publications/2024/feb/OliverWyman-Global-Fleet-and-MRO-Market-Forecast-2024-2034.pdf>.

<sup>33</sup> PwC. (2023). Evaluatie herstart Schiphol. PwC Advisory N.V. Opgehaald van [https://www.parlementairemonitor.nl/9353000/1/j4nvgs5kjg27kof\\_j9vtgajcor7dxyk\\_j9vwij5epmj1ey0/vm4cdvm7gjzr/f=/blg1097813.pdf](https://www.parlementairemonitor.nl/9353000/1/j4nvgs5kjg27kof_j9vtgajcor7dxyk_j9vwij5epmj1ey0/vm4cdvm7gjzr/f=/blg1097813.pdf).

## 3 Analyse van maatregelen

### 3.1 Effect van inzet van stillere vliegtuigen in de nachtperiode

Volgens gegevens van de sector, zie sectie 2.2.1, leidt deze maatregel niet tot een verandering van het aantal vluchten in de nachtperiode en in de dagperiode. Wel leidt deze maatregel voor een beperkt aantal vliegbewegingen tot de inzet van andere vliegtuigtypes in de nachtperiode en in de dagperiode. Het gaat om 2.236 bewegingen per jaar, 0.5% van het totaal aantal jaarlijkse bewegingen op Schiphol. Omdat het aantal bewegingen in de dagperiode en in de nachtperiode niet verandert, en omdat het aantal bewegingen per vliegtuigtype niet verandert, heeft deze maatregel voor geen van de ongevals categorieën invloed op de kans per beweging op een ongeval.

### 3.2 Effect van tariefdifferentiatie

Volgens gegevens van de sector, zie sectie 2.2.2, leidt deze maatregel er toe dat jaarlijks ongeveer 15.000 vliegbewegingen van narrow-body vliegtuigen uitgevoerd worden door stillere types dan voorheen. Ongeveer 8.500 vliegbewegingen per jaar van wide-body vliegtuigen zullen uitgevoerd worden door stillere vliegtuigtypes. Deze maatregel heeft invloed op ongeveer 5% van het totaal aantal jaarlijkse bewegingen op Schiphol. De verdelingen van het aantal vliegbewegingen tussen de dagperiode en de nachtperiode verandert niet door deze maatregel.

De stillere vliegtuigen die worden ingezet zijn moderner dan types waarmee de bewegingen nu worden uitgevoerd. Voor de narrow-body vliegtuigen gaat het om vervanging van bewegingen met Airbus A319/20/21 en Boeing 737-800 toestellen door bewegingen met Airbus A320/21neo en Boeing 737 MAX toestellen. Volgens de gegevens van figuur 2.3 is er geen verschil in de ongevalsfrequentie per vlucht tussen A319/20/21 vliegtuigen en de A320/21neo. Statistieken voor de Boeing 737 MAX suggereren dat vervanging van een Boeing 737-800 door een Boeing 737 MAX leidt tot een grotere ongevalskans. Hoewel de specifieke problemen die direct hebben geleid tot de B737 MAX ongevallen in 2018 en 2019 lijken te zijn opgelost, is er daarna opnieuw een ernstig incident geweest met een 737 MAX. Op basis van de huidige statistieken wordt aangenomen dat de ongevalskans per beweging voor een Boeing 737 MAX ongeveer twee keer zo groot is als voor een Boeing 737-800<sup>34</sup>. Bij een totaal aantal vliegbewegingen van 480.000 per jaar is het gemiddelde effect een verslechtering van ongeveer 0.7% van de ongevalskans per beweging.

Voor de wide-body vliegtuigen gaat het om vervanging van bewegingen met Airbus A330, Boeing 767, Boeing 777 en Boeing 747 toestellen door bewegingen met Airbus A330neo, Airbus A350, Boeing 787 en Boeing 747-800 vliegtuigen. Volgens gegevens van figuur 2.3 leidt dat voor die 8.500 bewegingen tot ongeveer een halvering van de ongevalskans per beweging. Bij een totaal aantal vliegbewegingen van 480.000 per jaar is het gemiddelde effect een verbetering van ongeveer 1% van de ongevalskans per beweging.

Het totale netto effect van deze maatregel wordt geschat op een verbetering van de ongevalskans per beweging van ongeveer 0.3%. Differentiatie naar ongevalscategorieën is door de beperkte data niet mogelijk.

<sup>34</sup> Het is te verwachten dat de statistieken van de Boeing 737 MAX in de komende jaren zullen verbeteren. In deze IVA wordt echter uitgegaan van de huidige statistieken.

### 3.3 Effect van additionele vlootvernieuwing

De geluidsmaatregel 'additionele vlootvernieuwing' gaat over het vervangen van vliegtuigen uit de vloot van Transavia en KLM. Transavia vervangt toestellen van het type Boeing 737-700 en -800 door Airbus A321neo vliegtuigen. Volgens gegevens van figuur 2.3 is er geen significant verschil in de ongevalskans per vlucht tussen de B737-700/800 en de A321neo. De vlootvernieuwing van bij KLM bestaat het komende jaar voornamelijk uit vervanging van Boeing 737-700 en Embraer E190 vliegtuigen door Airbus A321neo toestellen. Volgens gegevens van figuur 2.3 is er geen significant verschil in de ongevalskans per vlucht tussen de B737-700/800, Embraer E190 en de A321neo.

De additionele vlootvernieuwing heeft daarom naar verwachting voor geen van de ongevals categorieën een significant effect op de ongevalskans per vlucht.

### 3.4 Effect van weren van lawaaige vliegtuigen

Volgens gegevens van de sector heeft deze maatregel geen invloed op het jaarlijkse aantal bewegingen in de nachtperiode en in de dagperiode. Voor 150 vliegbewegingen per jaar geldt dat deze zullen worden uitgevoerd door een modernere type dan voorheen. Vanwege dit geringe aantal in vergelijking met het totaal aantal bewegingen per jaar is een eventueel effect op de ongevalskans per vlucht verwaarloosbaar.

### 3.5 Effect van het totaal aantal vliegbewegingen op de ongevalscategorieën

Bij het bepalen van het effect van het totaal aantal vliegbewegingen is er van uit gegaan dat een verandering van de capaciteit niet leidt tot een verandering van de regels voor baangebruik zoals beschreven in 2.1 of een verandering in de piekcapaciteit.

### Abnormal runway contact – ARC

Factoren die bijdragen aan ARC zijn (zie figuur 3.1):

- Incorrecte vliegtuigbesturing (overrotatie in de start of incorrect afvangen in de landing)
- Onjuiste startberekeningen
- Atmosferische condities (wind en zicht)
- Onstabiele naderingen (hoge vliegsnelheid en hoge daalsnelheid).



Figuur 3.1: Meest voorkomende oorzaken van ARC ongevallen<sup>35</sup>. Bron: NLR-CR-217-313]

Bij gelijkblijvende regels voor baangebruik wordt de kans per vlucht op bepaalde atmosferische condities (wind en zicht) niet beïnvloed door het aantal vliegbewegingen op Schiphol. Werklast van de piloten kan invloed hebben op de kans dat piloten fouten maken zoals incorrecte startberekeningen. Appendix B beschrijft de relatie tussen werklast en menselijke prestaties. De werklast kan enigszins beïnvloed worden door de drukte op en rond het vliegveld. Meer vliegverkeer leidt bijvoorbeeld tot grotere drukte op de radiofrequentie wat bijdraagt aan de werkdruk. De meeste taken van de piloot zijn echter onafhankelijk van het aantal vliegbewegingen. Appendix C beschrijft de relatie tussen het aantal vliegbewegingen en de kans per beweging op een onstabiele nadering.

Bij relatief weinig verkeer ontstaat ruimte voor LVNL om verkeer flexibel af te handelen<sup>36</sup>. De kans per beweging op een onstabiele nadering kan toenemen bij flexibele afhandeling van het vliegverkeer door LVNL.

Aangenomen wordt dat de tegengestelde effecten van het totaal aantal bewegingen op de ongevalskans per beweging (effect op werklast en effect op onstabiele naderingen) elkaar opheffen waardoor de kans per beweging op een ARC-ongeval niet verandert bij een toe- of afname van het totaal aantal vliegbewegingen.

### Abrupt manoeuvre - AMAN

Het is denkbaar dat een piloot doelbewust een abrupte manoeuvre uitvoert om een ander vliegtuig, voertuig of dier te ontwijken. Dat kan in de lucht of op de grond. De kans per beweging dat een piloot een abrupte manoeuvre uitvoert om een ander vliegtuig of voertuig te ontwijken is op dezelfde wijze afhankelijk van het aantal

<sup>35</sup> Gebaseerd op ongevallen in de periode 2006-2016 in de Verenigde Staten, Canada en de Europese Unie met vliegtuigen met een maximum startgewicht groter dan 5670 kg.

<sup>36</sup> Bijvoorbeeld visuele naderingen of verkort indraaien.

vliegbewegingen als de kans per beweging op een MAC of RI voorval. De kans per beweging dat een piloot een abrupte manoeuvre uitvoert om een dier te ontwijken is niet gerelateerd aan het aantal vliegbewegingen. Het netto effect is als volgt: Als het aantal bewegingen toeneemt (afneemt) met een factor N neemt de kans per beweging op een AMAN ongeval toe (af) met een factor kleiner dan N.

### **Aerodrome - ADRM**

De categorie ADRM omvat ongevallen die te maken hebben met het ontwerp, dienstverlening of functionaliteit van de luchthaven. Ook ongevallen door zwerfvuil (foreign object debris, FOD) vallen hieronder. Zwerfvuil kan afkomstig zijn van andere vliegtuigen, denk aan inspectieluiken die losraken, bandresten na een klapband, en voertuigen die worden gebruikt voor de afhandeling van de vliegtuigen. De hoeveelheid zwerfvuil is daarom deels afhankelijk van het aantal vliegbewegingen op een luchthaven. Daardoor is er een beperkte invloed van het aantal vliegbewegingen op de kans per beweging op een ADRM-ongeval. Bijdragen van overige aspecten van ontwerp, dienstverlening en functionaliteit van de luchthaven aan eventuele ADRM ongevallen zijn niet afhankelijk het aantal vliegbewegingen. Het netto effect is als volgt: Als het aantal bewegingen toeneemt (afneemt) met een factor N neemt de kans per beweging op een ADRM-ongeval toe (af) met een factor kleiner dan N.

### **Airprox/TCAS alert/loss of separation/near midair collisions/midair collisions - MAC**

In verband met de kans op botsingen in de lucht worden drie soorten verkeersconflicten onderscheiden<sup>37</sup>: Ongecontroleerde conflicten, Longitudinale conflicten, en Transversale conflicten.

In een *Ongecontroleerd conflict* komen twee vliegtuigen waarvan er minstens één niet gecontroleerd is met elkaar in conflict. De kans op ongecontroleerde conflicten wordt vooral bepaald door de hoeveelheid ongecontroleerd verkeer in de buurt van Schiphol en met name door het aantal luchtruimschendingen door de kleine en onbemande luchtvaart. Bij een gelijke hoeveelheid luchtruimschendingen is de kans op MAC *per vliegbeweging* dus onafhankelijk van het aantal vliegbewegingen van gecontroleerd verkeer. De kans op MAC *per jaar* gaat gelijk op met het aantal vliegbewegingen.

In een *Longitudinaal conflict* komen twee achter elkaar vliegende vliegtuigen, beide onder controle van de luchtverkeersleiding, met elkaar in conflict. De kans op een longitudinaal conflict per vliegbeweging is niet afhankelijk van het aantal vliegbewegingen, zolang dat aantal niet buitenproportioneel stijgt. Dit komt doordat de grootste taaklast van de verkeersleider bij longitudinale conflicten ligt, en voortdurend een marge wordt aangehouden tussen twee vliegtuigen achter elkaar op een route. Bij piekcapaciteit zitten vliegtuigen op minimale separatieafstand, en als het aantal vliegbewegingen per jaar verandert, dan heeft dat invloed op de lengte van de piekperiode en op hoe vaak in piekcapaciteit wordt geopereerd, maar niet op de marges. Buiten de piekuren wordt vaak wel met grotere marges gevlogen, waardoor buiten de piekuren de kans op MAC iets lager is dan binnen de piekuren. De kans op een longitudinaal conflict per jaar is dus afhankelijk van het aantal piekuren in verhouding tot het aantal daluren, en die verhouding is weer afhankelijk van het aantal vliegbewegingen per jaar.

In een *Transversaal conflict* komen twee vliegtuigen op lateraal kruisende vliegpaden, beide onder controle van de luchtverkeersleiding, met elkaar in conflict. Voor transversale conflicten geldt dat de kans op MAC per vliegbeweging wel afhankelijk is van het aantal vliegbewegingen. Ieder vliegtuig dat een kruisende verkeersstroom nadert zal dan namelijk een grotere (of kleinere) kans hebben een ander vliegtuig tegen te komen. Lateraal kruisende vliegpaden worden in belangrijke mate voorkomen door de ruimtelijke horizontale of verticale scheiding van verkeersstromen, maar zijn in specifieke gevallen niet uit te sluiten. Voor Schiphol zijn dat dubbele doorstarts op convergerende

<sup>37</sup> Paragraaf 4.2.2.1 in IVA 2018: Integrale veiligheidsanalyse Schiphol, NLR-CR-2017-313.

landingsbanen, een doorstart gecombineerd met een start op convergerende banen, afwijkingen bij starts en landingen op parallelle banen en traag uitklimmen op een vertrekroute die over een aankomstroute ligt. Omdat niet ieder vliegtuig een kruisende verkeersstroom zal tegenkomen, gaat de kans per vliegbeweging niet gelijk op met het totaal aantal vliegbewegingen.

Samenvattend, stel dat het aantal vliegbewegingen per jaar verandert met een factor  $N$ , dan geldt (bij benadering) het volgende:

- De kans op MAC *per vliegbeweging* op een *ongecontroleerd conflict* blijft gelijk, maar de kans *per jaar* op een ongecontroleerd conflict verandert met een factor  $N$ .
- De kans op MAC *per vliegbeweging* op een *longitudinaal conflict* blijft gelijk; de kans *per jaar* verandert met het aantal vliegbewegingen, maar een factor is niet goed te bepalen. De kans per jaar is afhankelijk van het aantal piekuren ten opzichte van het aantal daluren. De bijdrage van longitudinale conflicten aan de totale kans op MAC is verwaarloosbaar ten opzichte van de bijdrage van de twee andere types conflicten.
- De kans op MAC *per vliegbeweging* op een *transversaal conflict* verandert, maar met minder dan de factor  $N$ . Daarom geldt ook dat de kans *per jaar* op een transversaal conflict verandert, maar met minder dan een factor  $N \times N$ .

Netto zal een toename (afname) van het aantal bewegingen met een factor  $N$  er toe leiden dat de kans per beweging op een MAC ongeval toe (af) neemt met een factor kleiner dan  $N$ .

#### **ATM/CNS - ATM**

Een ongeval dat alleen in de categorie ATM/CNS wordt ingedeeld en niet ook in een andere categorie is moeilijk voorstelbaar. In de periode 2017-2022 is er voor het wereldwijde geplande commerciële luchtvervoer geen enkel ongeval door ICAO als ATM geclassificeerd (Bron: ICAO Safety Report editions 2018 t/m 2023). Een ATM/CNS-falen wordt daarom hier opgevat als een causale factor in een ongeval van een andere categorie, zoals in onderstaande typische scenario's:

- Als een defect van het surveillancesysteem leidt tot een botsing met een ander vliegtuig in de lucht, is er zowel sprake van een ATM/CNS als van een MAC;
- Als een radiocommunicatiestoring of een onjuiste klaring van een verkeersleider leidt tot een runway incursion is er zowel sprake van een ATM/CNS als een RI.

Om dubbeltelling te vermijden worden deze aspecten niet uitgewerkt voor de categorie ATM/CNS maar verdisconteerd in MAC, RI en GCOL.

#### **Bird - BIRD**

De kans per beweging op een vogelaanvaring is afhankelijk van het frontale oppervlak van het vliegtuig. Een groter oppervlak leidt tot een grotere kans om een vogel te raken. Zo worden narrow-body vliegtuigen minder vaak geraakt dan wide-body vliegtuigen. Bij eenzelfde relatieve aandeel van vliegtuigtypen in het aantal vliegbewegingen op een luchthaven heeft een verandering van het aantal vliegbewegingen geen invloed op de kans per beweging dat een vogel tegen een vliegtuig botst. Als een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met een andere verdeling van vliegtuigtypen (ander frontaal oppervlak) is er wel mogelijk een andere kans per beweging op een vogelaanvaring. De kans per beweging op een vogelaanvaring is echter ook sterk afhankelijk van externe factoren zoals het weer en de inrichting van het gebied in de omgeving van de luchthaven.

### Cabin safety events - CABIN

Bij eenzelfde relatieve aandeel van vliegtuigtypen in het aantal vliegbewegingen op een luchthaven heeft een verandering van het aantal vliegbewegingen geen invloed op de kans per beweging dat er een incident in de passagierscabine optreedt. Als een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met een andere verdeling van vliegtuigtypes, bijvoorbeeld relatief meer wide-body vliegtuigen, is er wel mogelijk een andere kans per beweging op een incident in de cabine. De kans op een gebeurtenis in de passagierscabine is groter naarmate er meer passagiers aan boord zijn.

### Collision with obstacle(s) during take-off and landing - CTOL

Een verandering van het aantal vliegbewegingen op Schiphol heeft geen invloed op het aantal of de locatie van obstakels in de buurt van de luchthaven. Als een verandering van het aantal vliegbewegingen niet leidt tot andere vliegroutes of een verandering van de verdeling van het verkeer over de vliegroutes, blijft de kans per beweging op een CTOL ongeval gelijk.

### Controlled flight into terrain - CFIT

De kans per vlucht op een CFIT ongeval wordt in belangrijke mate beïnvloed door de beschikbaarheid van systemen op de grond en aan boord van het vliegtuig voor navigatie en precisienaderingen<sup>38</sup>. Het aantal vliegbewegingen heeft daar geen directe invloed op. Als een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met een andere verdeling van vliegtuigtypes, bijvoorbeeld relatief meer nieuwe vliegtuigen, is er wel mogelijk een andere kans per beweging op een CFIT ongeval. De aanwezigheid van heuvels en bergen in de omgeving van de luchthaven is ook een relevante factor in wereldwijde CFIT ongevallen, maar dat is voor Schiphol niet aan de orde. Onstabiele naderingen kunnen bijdragen aan CFIT ongevallen<sup>39</sup>. Appendix C beschrijft de mogelijke invloed van het aantal bewegingen op een luchthaven en de kans per vlucht op een onstabiele nadering. De kans per beweging op een onstabiele nadering kan toenemen als het aantal vliegbewegingen afneemt als dat leidt tot vaker flexibel afhandelen van vliegverkeer door LVNL.

Als het aantal bewegingen afneemt (toeneemt) met een factor N neemt de kans per beweging op een CFIT ongeval toe (af) met een factor kleiner dan N.

### Fire/smoke (non-impact) -F-NI

Europese certificatie-eisen voor bescherming tegen brand aan boord van vliegtuigen zijn gespecificeerd in CS 25 Subpart D, sectie *Fire Protection*. Ook in de eisen voor onderhoud van vliegtuigen is aandacht voor brandpreventie. Deze eisen worden voortdurend aangepast aan recente inzichten. Zo heeft een ongeval met een MD-11 van Swissair in 1998 geleid<sup>40</sup> tot veranderingen van eisen voor onderhoud aan elektrische bedrading. Vliegtuigen die gecertificeerd zijn volgens de meest moderne eisen zijn daardoor steeds beter beschermd tegen brand. Als een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met een andere verdeling van vliegtuigtypes, bijvoorbeeld relatief meer vliegtuigen die zijn gecertificeerd volgens recente eisen, is er mogelijk een andere kans per beweging op F-NI ongeval.

### Fuel related - FUEL

Deze categorie omvat de volgende factoren:

- Toevoerdefect: er is brandstof in het vliegtuig maar het is niet beschikbaar voor de motoren;
- Vervuiling: er zijn vervuilende substanties in de brandstof aanwezig, bijvoorbeeld water;
- Verkeerde brandstof: de brandstof in het vliegtuig is niet geschikt voor het type motoren;
- Tekort: er is geen bruikbare brandstof meer aanwezig in het vliegtuig.

<sup>38</sup> Bron: Khatwa, R, Roelen, A.L.C. (1999) An analysis of controlled flight into terrain accidents of commercial operator, 1988 through 1994. Flight Safety Digest, Vol 17/18, p 163-212.

<sup>39</sup> Bron: IATA. (2022). Examining Unstable Approaches - Risk Mitigating Efforts, Unstable Approach - Safety Analysis Project Team. International Air Transport Association.

<sup>40</sup> Bron: TSB (2003). Aviation Investigation Report, In-Flight Fire Leading to Collision with Water, Swissair Transport Limited, McDonnell Douglas MD-11 HB-IWF, Peggy's Cove, Nova Scotia 5 nm SW, 2 September 1998. Report Number A98H0003. Transportation Safety Board of Canada.

De kans per beweging op een toevoerdefect, brandstofvervuiling of verkeerde brandstof wordt niet beïnvloed door het aantal vliegbewegingen op de luchthaven. De kans op een brandstoftekort is mogelijk gerelateerd aan de hoeveelheid bewegingen op een luchthaven. Bij meer bewegingen is het denkbaar dat een vliegtuig vaker lang moet wachten voor er kan worden geland. Als de piloten dan niet op tijd besluiten uit te wijken naar een alternatieve luchthaven zou dat kunnen leiden tot een brandstoftekort, zie bijvoorbeeld het Avianca ongeval<sup>41</sup> bij New York in 1990. Hierbij is de verhouding tussen aanbod van landende vliegtuigen en de beschikbare capaciteit belangrijk. Wanneer de capaciteit van de luchthaven wordt aangepast aan de hoeveelheid verkeer, bijvoorbeeld door de hoeveelheid banen die beschikbaar wordt gesteld, is de relatie tussen hoeveelheid verkeer en de kans dat een vliegtuig moet wachten niet rechtlijnig. Bij gelijkblijvende landingscapaciteit zal een afname van het aantal vliegbewegingen leiden tot een reductie van de kans per beweging op een FUEL ongeval ten gevolge van brandstoftekort. Als het aantal bewegingen toeneemt (afneemt) met een factor N neemt de kans per beweging op een FUEL ongeval toe (af) met een factor kleiner dan N. De kans op een ongeval door brandstoftekort is zeer klein. Volgens gegevens van IATA zijn er in de periode 2005-2023 in Europa geen ongevallen geweest door brandstoftekort van vliegtuigen van commerciële luchtvaartmaatschappijen<sup>42</sup>.

### Ground collision - GCOL

De hoeveelheid vliegbewegingen heeft invloed op het aantal vliegtuigverplaatsingen over en tussen de taxibanen, platforms en vliegtuigopstelplaatsen. Grotere drukte leidt tot een grotere kans per beweging op een conflict. Als het aantal bewegingen toeneemt (afneemt) met een factor N neemt de kans per beweging op een GCOL ongeval toe (af) met een factor N.

### Ground handling - GROUND (NB in CICTT wordt dit RAMP genoemd)

De hoeveelheid bewegingen heeft invloed op het aantal vliegtuigen op de platforms en vliegtuigopstelplaatsen. Bij een gelijkblijvend personeelsbestand van de grondafhandelaars heeft de hoeveelheid bewegingen invloed op de werklast van het grondpersoneel; meer bewegingen leidt tot hogere werklast. Omdat de grondafhandelaars anticiperen op het aantal vliegbewegingen door het aantrekken of afstoten van personeel zal er in de praktijk alleen een effect op de werklast optreden bij abrupte en onverwachte veranderingen van het aantal vliegbewegingen. Een verandering van het aantal vliegbewegingen per jaar heeft naar verwachting geen invloed op de kans per bewegingen op een GROUND ongeval.

### Icing - ICE

De kans per vlucht op een ongeval door ijsafzetting wordt bepaald door de kans per vlucht dat een vliegtuig terecht komt in atmosferische condities waarbij ijsafzetting mogelijk is, en de mate waarin het vliegtuig beschermd is tegen de gevolgen van ijsafzetting. De belangrijkste Europese vliegtuigcertificatie-eisen voor bescherming tegen de gevolgen van ijsafzetting zijn CS.25.193 *Air intake system de-icing and anti-icing provisions*, CS.25.1324 *Flight instrument external probes* en CS.25.1419 *Ice protection*<sup>43</sup>. Deze eisen worden voortdurend aangepast aan recente inzichten. Zo heeft een ongeval met een Amerikaanse ATR-72 in 1994 geleid<sup>44</sup> tot aanpassingen van de certificatie-eisen waarbij rekening wordt gehouden met het fenomeen supergekoelde waterdruppels. Vliegtuigen die gecertificeerd zijn volgens de meest moderne eisen zijn daardoor steeds beter beschermd tegen het vliegen in atmosferische condities waarin ijsafzetting mogelijk is. De verbeteringen zijn vooral van toepassing in extreme of bijzondere atmosferische omstandigheden die in de buurt van Schiphol niet optreden. Ook als een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met een andere verdeling van vliegtuigtypes (bijvoorbeeld meer of minder van de meest moderne vliegtuigen) is er daarom niet te verwachten dat de kans per beweging op een ICE-ongeval verandert.

<sup>41</sup> Bron: NTSB. 1991. Avianca, the airline of Colombia, Boeing 707-321B, HK 2016, Fuel Exhaustion, Cove Neck, New York, January 25, 1990. AAR-91/04, National Transportation Safety Board.

<sup>42</sup> Bron: IATA. (2024). IATA Annual Safety Report 2023. International Air Transport Association.

<sup>43</sup> Bron: EASA. Easy Access Rules for Large Aeroplanes (CS-25), Amendment 27. European Union Aviation Safety Agency.

<sup>44</sup> Bron: NTSB. (1996). In-flight Icing Encounter and Loss of Control Simmons Airlines, American Eagle Flight 4184, Avions de Transport Regional (ATR) Model 72-122, N401AM, Roselawn, Indiana October 31, 1994. AAR-96-01. National Transportation Safety Board.

Als er op de grond voor vertrek een kans bestaat op afzetting of sneeuw op ijs op de vleugels wordt vliegtuigen voor vertrekt schoongemaakt en voorzien van anti-icing vloeistof. Dit gebeurt op aangewezen locaties op de luchthaven. Een verandering van het aantal vliegbewegingen zou gevolgen kunnen hebben voor de drukte rond deze de-icing locatie, wat zou kunnen leiden tot vertragingen. De grondigheid van het de-icing proces zal hierdoor echter niet worden beïnvloed, waardoor dit geen effect heeft op de ongevalskans per vliegbeweging.

### **Loss of control – ground - LOC-G**

Mogelijke oorzaken van LOC-G ongevallen zijn gladde start- en landingsbanen (door regen, sneeuw of ijs), dwarswind, defecte vliegtuigsystemen (wielen/remmen, neuswielbesturing, motoren), handelen van de piloot en combinaties van deze factoren. De kans per vliegbeweging op een gladde baan, dwarswind of een defect vliegtuigstelsel is onafhankelijk van het aantal bewegingen op de luchthaven. De kans per vliegbeweging dat een piloot snel moet uitwijken om een botsing op de grond te voorkomen na een runway incursion is wel afhankelijk van het aantal bewegingen, zie sectie RI. De kans per vliegbeweging op een LOC-G door handelen van de piloot is alleen afhankelijk van het aantal bewegingen als de piloot snel moet uitwijken om een runway incursion te voorkomen. De kans per vliegbeweging op een LOC-G incident of ongeval door een ontwijkmanoeuvre is echter veel kleiner dan de kans per vliegbeweging op een LOC-G incident of ongeval doordat de baan glad is, door dwarswind of door een defect vliegtuigstelsel. Netto kan daarom worden aangenomen dat de kans per beweging op een LOC-G ongeval niet afhankelijk is van het aantal vliegbewegingen per jaar.

### **Loss of control – inflight - LOC-I**

De belangrijkste oorzaken van LOC-I-ongevallen zijn weersomstandigheden, fouten van piloten, falen van vliegtuigsystemen of combinaties daarvan<sup>45</sup>. Van deze factoren is alleen de kans op fouten van piloten mogelijk gerelateerd aan de capaciteit van de luchthaven. De kans dat een piloot een fout maakt is mede afhankelijk van de werklast, zie Appendix B. De werklast kan enigszins beïnvloed worden door de drukte op en rond het vliegveld. Meer vliegverkeer leidt bijvoorbeeld grotere drukte op de radiofrequentie wat bijdraagt aan de werkdruk. De meeste taken van de piloot zijn echter onafhankelijk van het aantal vliegbewegingen. Het netto effect is als volgt: Als het aantal bewegingen toeneemt (afneemt) met een factor N neemt de kans per beweging op een LOC-I ongeval toe (af) met een factor die een orde kleiner is dan N.

### **Medical - MED**

Bij hetzelfde relatieve aandeel van vliegtuigtypen in het aantal vliegbewegingen op een luchthaven heeft een verandering van het aantal vliegbewegingen geen invloed op de kans per beweging dat er iemand aan boord van het vliegtuig ziek wordt. Als een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met een andere verdeling van vliegtuigtypen, bijvoorbeeld relatief meer wide-body vliegtuigen, is er wel mogelijk een andere kans per beweging dat iemand aan boord medische klachten heeft of krijgt. De kans per vliegbeweging dat iemand medische klachten krijgt is groter naarmate er meer passagiers aan boord zijn.

### **Navigation errors - NAV**

De categorie 'navigation errors' betreft voorvallen van incorrect navigeren van het vliegtuig in de lucht of op de grond. Onder deze categorie vallen landingen op -of starts van- hoofdbanen die niet in gebruik zijn of taxibanen. Een navigatiefout kan ook een oorzaak zijn van een ongeval van een van de overige categorieën, met name MAC, RI, USOS en CFIT. Om dubbeltellingen te voorkomen wordt voor deze categorie alleen landingen op -of starts van- hoofdbanen die niet in gebruik zijn of taxibanen expliciet uitgewerkt. Navigatiefouten die bijdragen aan andere ongevalstypen zijn verdisconteerd in MAC, RI, USOS en CFIT. Een start of landing die wordt uitgevoerd op een niet in gebruik zijnde baan of een taxibaan is vrijwel altijd gerelateerd aan een fout van een piloot. De kans dat een piloot een fout maakt is mede

<sup>45</sup> Bron: CAST (2000). JSAT Loss of Control, CAST Approved Final Report, Results and Analysis. Commercial Aviation Safety Team.

afhankelijk van de werklast, zie Appendix B. De werklast kan enigszins beïnvloed worden door de drukte op en rond het vliegveld. Meer vliegverkeer leidt bijvoorbeeld tot grotere drukte op de radiofrequentie wat bijdraagt aan de werkdruk. Als het aantal bewegingen toeneemt (afneemt) met een factor N neemt de kans per beweging op een NAV ongeval toe (af) met een factor die een orde kleiner is dan N.

### **Other - OTHR**

De lijst ongevals categorieën is zo volledig dat slechts bij uitzondering de categorie 'Other' wordt gebruikt. Van de 459 ongevallen die volgens ICAO in de jaren 2017 tot en met 2022 hebben plaatsgevonden in geregeld commercieel vliegverkeer zijn er twee door ICAO geclassificeerd als 'Other' en in beide gevallen is die classificatie onjuist. Bij het eerste ongeval (Airbus A321 in Rusland op 28 september 2017) zijn twee passagiers bij het uitstappen van de trap gevallen. Volgens de instructies van het CICTT is dit een 'Ground handling' ongeval. Bij het tweede ongeval (Airbus A321 in Brazilië op 6 augustus 2018) is een lid van de cabinebemanning gewond geraakt nadat de piloten tijdens de daalvlucht het vliegtuig een manoeuvre lieten uitvoeren om snelheid te minderen. Volgens de instructies van het CICTT is dit een 'Abrupt manoeuvre' ongeval.

Het totaal aantal bewegingen per jaar heeft geen invloed op de kans per beweging dat een ongeval als 'other' moet worden geclassificeerd.

### **Runway excursion - RE**

Factoren die kunnen bijdragen aan runway excursions (veer off en overrun) zijn de baancondities, wind, technische defecten van rem- of besturingssystemen, motorstoringen, onstabiele naderingen en handelen van de piloten<sup>46,47,48</sup>. Ongeveer driekwart van alle runway excursions vinden plaats tijdens de landing<sup>48</sup>. Onstabiele naderingen spelen een rol bij ongeveer 18% van alle runway excursions<sup>48</sup>. Het aantal vliegbewegingen kan invloed hebben op de kans per vlucht dat een nadering onstabiel wordt (Zie Appendix C). Als een reductie van het aantal vliegbewegingen leidt tot het vaker flexibel afhandelen van het verkeer, kan dat leiden tot een relatieve toename van het aantal onstabiele naderingen en daardoor een vergroting van de kans per vlucht van een RE-ongeval.

Als het aantal bewegingen afneemt (toeneemt) met een factor N neemt de kans per beweging op een runway excursion ongeval toe (af) met een factor die een orde kleiner is dan N.

### **Runway incursion - RI**

De kans per beweging op een RI-ongeval is afhankelijk van het aantal vliegbewegingen. Een kleinere verkeersdichtheid leidt tot een lagere kans per beweging op een RI-ongeval. De verdelingen van de verkeersstromen op de luchthaven bepaalt de grootte van het verband. In de oorspronkelijke IVA is beredeneerd dat als het aantal bewegingen toeneemt (afneemt) met een factor N, de kans per beweging op een RI ongeval toe (af) neemt met een factor die kleiner is dan N.

### **System/component failure or malfunction (non-powerplant) - SCF-NP**

Bij eenzelfde relatieve aandeel van vliegtuigtypen in het aantal vliegbewegingen op een luchthaven heeft een verandering van het aantal vliegbewegingen geen invloed op de kans per beweging dat er een storing van een van de vliegtuigsystemen optreedt. Als een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met een andere verdeling van vliegtuigtypen is er wel mogelijk een andere kans per beweging op een storing van een van de vliegtuigsystemen.

<sup>46</sup> Bron: FAA. (2023). Aircraft landing performance and runway excursion mitigation. Advisory Circular AC 91-79B. Federal Aviation Administration.

<sup>47</sup> Bron: Van Es, G.W.H., Tritschler, K., Tauss, M. (2009). Development of a landing overrun risk index. NLR-TP-2009-280. Netherlands Aerospace Centre.

<sup>48</sup> Bron: Van Es, G.W.H. (2010). A study of runway excursions from a European perspective. NLR-CR-2010-259. Netherlands Aerospace Centre.

### **System/component failure or malfunction (powerplant) - SCF-PP**

Bij eenzelfde relatieve aandeel van vliegtuigtypen in het aantal vliegbewegingen op een luchthaven heeft een verandering van het aantal vliegbewegingen geen invloed op de kans per beweging dat er een motorstoring optreedt. Als een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met een andere verdeling van vliegtuigtypen is er wel mogelijk een andere kans per beweging op een motorstoring. Vergelijkingen tussen vliegtuigtypen van frequenties van motorstoringen zijn ingewikkeld omdat er per vliegtuigtype meestal meerdere motoropties zijn. Zo is er voor de A320 de keuze tussen CFM56 of IAE V2500 motoren. De CFM56 is anderzijds ook een optie voor de Boeing 737 NG. Een Australische studie naar motorstoringen<sup>49</sup> laat zien dat de leeftijd van een vliegtuig geen duidelijke relatie heeft met de kans op een motorstoring, en dat het aantal motorstoringen per vlieguur voor de vliegtuigtypen die van en naar Schiphol vliegen ongeveer gelijk is. Daarom wordt aangenomen dat het aantal vliegbewegingen geen effect heeft op de kans per beweging van een motorstoring.

### **Turbulence encounter - TURB**

De categorie TURB omvat voorvallen waarin een vlucht door turbulentie wordt verstoord. Veel turbulentievoorvallen die het gevolg zijn van weerseffecten vinden plaats buiten de TMA en zijn daarom buiten de scope van deze studie. Verstoringen door zogturbulentie die vaak wel in de TMA plaatsvinden vallen ook in deze categorie. Vliegtuigen worden door de luchtverkeersleiding gesepareerd om zogturbulentie te voorkomen. De minimale separatieafstand is afhankelijk van het gewicht van de vliegtuigen, omdat een zwaarder vliegtuig een krachtiger zog creëert. Een vliegtuig kan te maken krijgen met het zog van een ander vliegtuig als de minimale separatieafstand niet wordt gerespecteerd. Dat kan gebeuren door een fout van de luchtverkeersleiding of doordat de piloten de instructies van de luchtverkeersleiding niet goed opvolgen. Door de relatie tussen werklast en het maken van fouten heeft de hoeveelheid verkeer een indirecte relatie met de kans op zogturbulentie. De hoeveelheid verkeer is van invloed op de werklast van luchtverkeersleiders en piloten en werklast heeft invloed op de kans dat fouten worden gemaakt. Dit effect is indirect en heeft alleen betrekking op een deel van de TURB voorvallen (zogturbulentie). Als het aantal bewegingen toeneemt (afneemt) met een factor N neemt de kans per beweging op een TURB ongeval daarom toe (af) met een factor die een orde kleiner is dan N.

### **Undershoot/overshoot - USOS**

De belangrijkste factoren die bijdragen aan USOS-ongevallen zijn condities met slecht zicht in combinatie met een gebrek aan hulpmiddelen voor het landen onder dergelijke omstandigheden<sup>50</sup>. Een deel van USOS-ongevallen is gerelateerd aan onstabiele naderingen. Het aantal vliegbewegingen heeft geen invloed op de kans op condities met slecht zicht of de beschikbaarheid van landingshulpmiddelen. Als een reductie van het aantal vliegbewegingen leidt tot het vaker flexibel afhandelen van het verkeer kan dat leiden tot een relatieve toename van het aantal onstabiele naderingen en daardoor een vergroting van de kans per vlucht van een USOS-ongeval.

### **Unknown or undetermined - UNK**

Het komt vrijwel niet voor dat er onvoldoende informatie beschikbaar is om een ongeval te classificeren. Van de 459 ongevallen die volgens ICAO in de jaren 2017 tot en met 2022 hebben plaatsgevonden in geregeld commercieel vliegverkeer zijn er twee geclassificeerd als 'unknown'. Van één van die ongevallen (Let 410 in Zuid Sudan op 9 september 2018) is inmiddels een onderzoeksrapport gepubliceerd waaruit blijkt dat het een CFIT ongeval betreft. Van het tweede ongeval (Boeing 737-800 in China op 21 maart 2022) is door de onderzoekscommissie een tussenrapportage gepubliceerd waarin geen technische problemen met het vliegtuig zijn vastgesteld. In verschillende publicaties wordt zelfdoding door een van de piloten als waarschijnlijke oorzaak genoemd.

<sup>49</sup> Bron: ATSB. 2014. Power plant failures in turbo-fan powered aircraft. Australian Transport Safety Bureau.

<sup>50</sup> Bron: Khatwa, R., Helmreich R.L. (1999). Analysis of critical factors during approach and landing in accidents and normal flight. Flight Safety Digest. Vol. 17 No. 11-12 Vol. 18. No. 1-1. Flight Safety Foundation.

De waarschijnlijkheid dat onvoldoende informatie beschikbaar is om een ongeval te classificeren hangt af van de kwaliteit en hoeveelheid vluchtgegevens die na het ongeval beschikbaar zijn en de expertise van de ongevalsonderzoekers. Het totaal aantal bewegingen per jaar heeft geen invloed op de kans per beweging dat er na een ongeval onvoldoende informatie beschikbaar is om het ongeval te classificeren.

#### **Wildlife - WILD**

De kans per vliegbeweging op een botsing tussen een vliegtuig en een dier (anders dan een vogel) wordt niet beïnvloed door het aantal vliegbewegingen op de luchthaven, behalve wanneer een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met andere vliegtuigtypen. De kans op een botsing met een dier is per beweging ongeveer evenredig met de frontale breedte van de banden van het vliegtuig. Een groter vliegtuig heeft daardoor een grotere botsingskans. Als een verandering van het aantal vliegbewegingen gepaard gaat met een andere verdeling van vliegtuigtypes (relatief meer grote vliegtuigen) is er wel mogelijk een andere kans per beweging op een botsing met een dier.

#### **Wind shear or thunderstorm - WSTRW**

De kans per vliegbeweging dat het vliegtuig een gebied van slecht weer binnenvliegt is niet afhankelijk van het aantal vliegbewegingen op de luchthaven.

#### **Gecombineerd effect van capaciteitsverandering**

Tabel 3.1 geeft de samenvatting van de hierboven beschreven effecten van een capaciteitsverandering weer voor elke ongevals categorie.

Tabel 3.1: Effect van capaciteitsverandering op de ongevals categorieën

Ongevalscategorie	Effect van capaciteitsreductie met factor N op ongevalskans per beweging
ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)	Geen effect
ABRUPT MANEUVER (AMAN)	Afname met factor <N
AERODROME (ADRM)	Afname met factor <N
AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)	Afname met factor <N
ATM/CNS (ATM)	Geen 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)	Toename met factor <N
FIRE/SMOKE (NON-IMPACT) (F-NI)	Geen effect
FUEL RELATED (FUEL)	Afname met factor <N
GROUND COLLISION (GCOL)	Afname met factor N
GROUND HANDLING (GROUND)	Geen effect
ICING (ICE)	Geen effect
LOSS OF CONTROL-GROUND (LOC-G)	Geen effect
LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)	Afname met factor <N
MEDICAL (MED)	Geen effect
NAVIGATION ERRORS (NAV)	Afname met factor <N
OTHER (OTHR)	Geen effect
RUNWAY EXCURSION (RE)	Toename met factor <<N
RUNWAY INCURSION (RI)	Afname met factor <N
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT) (SCF-NP)	Geen effect
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)	Geen effect
TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)	Afname met factor <<N
UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)	Toename met factor < N
UNKNOWN OR UNDETERMINED (UNK)	Geen effect
WILDLIFE (WILD)	Geen effect
WIND SHEAR OR THUNDERSTORM (WSTRW)	Geen effect

Het totale gecombineerde effect op de ongevalskans per beweging is uitgerekend door de percentuele verdeling van ongevalstypes van figuur 2.1 aan te nemen als weegfactoren, zie tabel 3.2. Het gecombineerde effect is dus een optelling van de effecten per categorie vermenigvuldigd met de weegfactor per categorie. Daarbij zijn turbulentie-ongevallen buiten beschouwing gelaten. Hoewel deze ongevalscategorie met bijna een kwart van het aantal ongevallen dominant is zijn de gevolgen van dit type ongeval meestal beperkt tot niet dodelijk letsel van één of enkele personen. Er is bij turbulentieongevallen vrijwel nooit sprake van neerstorten van het vliegtuig. Ook vindt een groot deel van de turbulentieongevallen plaats buiten de TMA van de luchthaven. Daardoor is dit type in termen van risico minder ernstig dan de meeste andere typen ongevallen.

Tabel 3.2: Percentuele verdeling van ongevalstypes

Ongevalscategorie	Percentage
ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)	14.60
ABRUPT MANEUVER (AMAN)	2.61
AERODROME (ADRM)	0.22
AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)	0.00
ATM/CNS (ATM)	0.00
BIRD (BIRD)	1.96
CABIN SAFETY EVENTS (CABIN)	5.23
COLLISION WITH OBSTACLE(S) DURING TAKEOFF AND LANDING (CTOL)	0.44
CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)	0.87
EVACUATION (EVAC)	1.09
EXTERNAL LOAD RELATED OCCURRENCES (EXTL)	0.00
FIRE/SMOKE (NON-IMPACT) (F-NI)	0.65
FIRE/SMOKE (POST-IMPACT) (F-POST)	0.22
FUEL RELATED (FUEL)	0.00
GLIDER TOWING RELATED EVENTS (GTOW)	0.00
GROUND COLLISION (GCOL)	9.80
GROUND HANDLING (GROUND)	8.93
ICING (ICE)	0.44
LOSS OF CONTROL-GROUND (LOC-G)	0.00
LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)	2.40
LOSS OF LIFTING CONDITIONS EN ROUTE (LOLI)	0.00
LOW ALTITUDE OPERATIONS (LALT)	0.00
MEDICAL (MED)	0.44
NAVIGATION ERRORS (NAV)	0.22
OTHER (OTHR)	0.44
RUNWAY EXCURSION (RE)	13.07
RUNWAY INCURSION (RI)	0.87
SECURITY RELATED (SEC)	0.44
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT) (SCF-NP)	5.66
SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)	2.40
TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)	23.75
UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)	1.09
UNINTENDED FLIGHT IN IMC (UIMC)	0.00
UNKNOWN OR UNDETERMINED (UNK)	0.44
WILDLIFE (WILD)	0.22
WIND SHEAR OR THUNDERSTORM (WSTRW)	1.53

Als voor  $<N$  een waarde van  $0.5N$  wordt aangenomen, en voor  $<<N$  een waarde van  $0.1N$  en weegfactoren per ongevals categorie worden gebruikt zoals hierboven beschreven kan de verandering van de ongevalskans per beweging ten opzichte van het referentiescenario van 480.400 bewegingen per jaar worden berekend. Bij een totaal aantal bewegingen van 475.000 per jaar is de ongevalskans per beweging 0.44% lager dan in het referentiescenario. Bij een totaal aantal bewegingen van 485.000 per jaar is de ongevalskans per beweging 0.37% hoger dan in het referentiescenario. Bij een toekomstscenario waarin het aantal bewegingen per jaar zou kunnen toenemen tot 500.000 bewegingen (dus zonder beperking) is de ongevalskans per beweging 1.6 % hoger dan in het referentiescenario.

Om de gevoeligheid van de uitkomst voor de gehanteerde waarden van  $< N$  en  $<<N$  te bepalen is eenzelfde berekening is gemaakt met voor  $<N$  een waarde van  $0.1N$  en voor  $<<N$  een waarde van  $0.02N$ . Bij een totaal aantal bewegingen van 475.000 per jaar is de ongevalskans per beweging 0.38% lager dan in het referentiescenario. Bij een totaal aantal bewegingen van 485.000 per jaar is de ongevalskans per beweging 0.32% hoger dan in het referentiescenario. Hieruit blijkt dat het resultaat niet bijzonder gevoelig is voor de aanname van  $N$ .

In deze IVA is uitgegaan van  $0.5N$  en  $0.1N$  als schattingen voor  $<N$  en  $<<N$ .

## 3.6 Effect van bewegingen in de nacht op de ongevalscategorieën

In veel industriële sectoren is de kans op een ongeval in de nacht groter dan overdag. Diverse studies van verschillende industriële activiteiten, variërend van kolenwinning tot de fabricage van verf, komen tot de conclusie dat, gecorrigeerd voor blootstelling, de kans op een ongeval in de nacht tot 1.6 keer hoger is in de nacht dan overdag. In de off-shore industrie is de relatieve kans op een ongeval in de nacht 1.5 keer groter dan overdag<sup>51</sup>. Voor het wegverkeer is de kans op een ongeval per voertuigbeweging in de nacht zelfs tot 10 keer hoger dan overdag<sup>52,53</sup>. De hogere ongevalskans in de nacht is voor een deel te verklaren door het circadiaans ritme dat er voor zorgt dat individuen gedurende de nacht fysiek en cognitief slechter presteren dan overdag<sup>54,55,56</sup>. Verminderde zichtbaarheid in de nacht wordt ook genoemd als een factor in ongevallen van het type RI<sup>57</sup>, CFIT<sup>58</sup>, LOC-I<sup>59</sup> en NAV<sup>60,61</sup>.

Om een eventueel effect van de nacht op het ongevalsrisico vast te stellen, zijn voor deze IVA wereldwijde ongevalsgegevens geanalyseerd en vergeleken met corresponderende aantallen vliegbewegingen. De gebruikte set ongevallen is afkomstig van ICAO jaaroverzichten voor geregeld commercieel vliegverkeer in de jaren 2017, 2018, 2019 en 2022. Voor elk van de ongevallen is met behulp van gegevens gepubliceerd door het aviation safety network (<https://asn.flightsafety.org/>) het tijdstip van het ongeval (lokale tijd) vastgesteld. Het totale aantal vliegbewegingen van geregeld commercieel vliegverkeer in de betreffende jaren is vastgesteld op basis van vluchtschema's van luchtvaartmaatschappijen gepubliceerd door OAG (<https://www.oag.com/flight-data-sets>). Omdat in de jaren 2020 en 2021 als gevolg van de COVID-19 pandemie de werkelijke vluchten significant afweken van de door de luchtvaartmaatschappijen opgestelde vluchtschema's zijn deze jaren in de analyse niet meegenomen.

De resultaten van de analyse staan in Tabel 3.2 (ongevallen), Tabel 3.3 (vliegbewegingen) en Tabel 3.4 (aantal ongevallen per vliegbeweging).

Tabel 3.2: Overzicht aantal ongevallen per tijdperiode per jaar

Jaar	Ongevallen totaal	Ongevallen dagperiode 7:00-23:00 uur	Ongevallen nacht 23:00-6:00 uur	Ongevallen vroege ochtend 6:00-7:00 uur	Tijdstip onbekend
2017	88	67	7	0	14
2018	105	77	18	3	7
2019	122	98	11	3	10
2022	64	50	8	1	5
<b>Totaal</b>	<b>379</b>	<b>292</b>	<b>44</b>	<b>7</b>	<b>36</b>

<sup>51</sup> Bron: Rodrigues, V.F., Fischer, F.M., Brito, M.J. (2001). Shift work at a modern offshore drilling rig. *J. Human Ergol.*, 30:167-172.

<sup>52</sup> Bron: Folkard, S. (2000) Transport: rhythm and blues. The 10th Westminster Lecture: Parliamentary Advisory Council for Transport Safety, London.

<sup>53</sup> Folkard, S., Åkerstedt, T. (2004). Trends in the risk of accidents and injuries and their implications for models of fatigue and performance. *Aviat Space Environ Med*; 75(3, Suppl.):A161-7.

<sup>54</sup> Zie o.a. Monk, T.H., Carrier, J. (1997). Speed of mental processing in the middle of the night. *Sleep: Journal of Sleep Research & Sleep Medicine*, 20(6), 399-401.

<sup>55</sup> Zie o.a. Kline, C.E., Durstine, J.L., Davis, J.M., Moore, T.A., Devlin, T.M., Zielinski, M.R., Yougstedt, S.D. (2007).

Circadian variation in swim performance. *J. Appl. Physiol.* 102:641-649.

<sup>56</sup> Zie o.a. Edwards, B., Waterhouse, J., Reilly, Th. (2007) The effects of circadian rhythmicity and time-awake on a simple motor task. *Chronobiology International*, 24(6): 1109-1124.

<sup>57</sup> Zie bijv. NTSB. (2024). Runway Incursion and Rejected Takeoff, American Airlines Flight 106, Boeing 777-200, N754AN, and Delta Air Lines Flight 1943 Boeing 737-900, N914DU. Aviation Investigation Report AIR-24-01. National Transportation Safety Board, Washington, D.C.

<sup>58</sup> Zie bijv. NTSB. (2004). Collision With Trees on Final Approach, Federal Express Flight 1478, Boeing 727-232, N497FE, Tallahassee, Florida, July 26, 2002. Aircraft Accident Report NTSB/AAR-04/02. National Transportation Safety Board, Washington, D.C.

<sup>59</sup> Bron: Interstate Aviation Committee (2019). Boeing 737-8KN A6-FDN Fatal Accident - Final Report.

<sup>60</sup> Zie bijv. OVV. (2011). Take-off from Taxiway, Amsterdam Airport Schiphol. Onderzoeksraad Voor Veiligheid, Den Haag.

<sup>61</sup> Zie bijv. OVV (2022). Aborted takeoff from taxiway, Boeing 737-800, Amsterdam Airport Schiphol. Onderzoeksraad Voor Veiligheid, Den Haag.

Tabel 3.3: Overzicht aantallen vliegbewegingen per tijdsperiode per jaar

Jaar	Vliegbewegingen totaal	Vliegbewegingen dagperiode 7:00-23:00 uur	Vliegbewegingen nacht 23:00-6:00 uur	Vliegbewegingen vroege ochtend 6:00-7:00 uur	Vliegbewegingen nachtperiode 23:00-7:00 uur
2017	74.056.892	65.151.957	5.769.725	3.135.210	8.904.935
2018	76.977.108	67.425.293	6.292.221	3.259.594	9.551.815
2019	82.113.928	71.742.866	6.855.030	3.516.032	10.371.062
2022	74.075.118	66.487.252	4.871.230	2.716.636	7.587.866
<b>Totaal</b>	<b>307.223.046</b>	<b>270.807.368</b>	<b>23.788.206</b>	<b>12.627.472</b>	<b>36.415.678</b>

Tabel 3.4: Overzicht aantallen ongevallen per beweging gecombineerd voor de jaren 2017, 2018, 2019 en 2022<sup>62</sup>

Ongevallen per vliegbeweging dagperiode 7:00-23:00	Ongevallen per vliegbeweging nacht 23:00-6:00	Ongevallen per vliegbeweging vroege ochtend 6:00-7:00	Ongevallen per vliegbeweging in de nachtperiode 23:00-7:00
1.08x10 <sup>-6</sup>	1.85x10 <sup>-6</sup>	5.54x10 <sup>-7</sup>	1.40x10 <sup>-6</sup>

Door per tijdsperiode het aantal ongevallen te delen door het aantal bewegingen worden ongevallenfrequenties<sup>63</sup> verkregen die onderling kunnen worden vergeleken. Uit deze gegevens blijkt dat de ongevalsfrequentie in de nacht 1.7 keer groter was dan overdag. In de vroege ochtend was de ongevalsfrequentie juist bijna twee keer kleiner dan overdag. In de nachtperiode (nacht en vroege ochtend) is de ongevalskans 1.4 keer hoger dan overdag. Deze gegevens lijken overeen te komen met wat in andere industrieën wordt gevonden, hoewel de lage ongevalsfrequentie in de vroege ochtend opmerkelijk is en doet vermoeden dat er mogelijk andere mechanismen een rol spelen dan het circadiaans ritme. Mogelijk is de verhouding starts en landingen van invloed. In de nacht zijn er meestal meer landingen dan starts, in de vroege ochtend is er vaak sprake van een vertrekpiek. Dit is zichtbaar in de voor deze IVA gebruikte bewegingsgegevens. Gecombineerd over alle jaren waren er in de nacht 1.3 maal meer landingen dan starts, en in de vroege ochtend 3.1 maal meer starts dan landingen.

Tijdens de landing is de kans op een ongeval het grootst. Dat blijkt uit statistieken van IATA voor commercieel vliegverkeer van 2005 tot 2023. ([www.iata.org/safetyreport-dashboard](http://www.iata.org/safetyreport-dashboard)). Van de 1.407 ongevallen in die periode vonden er 746 (53%) plaats in de landing, 118 (8.4%) in de start, 117 (8.3%) in de nadering en 87 (6.1%) in de initiële stijgvlucht<sup>64</sup>. Tussen 2005 en 2023 was de kans op een ongeval tijdens de nadering en landing dus ruim vier keer hoger dan de kans op een ongeval tijdens de start en initiële stijgvlucht. Dit kan verklaren waarom de ongevallenfrequentie in de vroege ochtend, wanneer er meer starts zijn dan landingen, lager is dan overdag, wanneer het aantal starts en landingen ongeveer gelijk is. Het kan ook verklaren waarom de ongevalsfrequentie in de nacht, wanneer er relatief meer landingen zijn, hoger is dan overdag. Een analyse van de Flight Safety Foundation<sup>65</sup> laat echter zien dat ook wanneer alleen ongevallen tijdens de nadering en landing worden beschouwd de kans op een ongeval in de nacht groter is dan overdag. Volgens de schatting van de Flight Safety Foundation is de kans per vlucht op een ongeval in de nadering en landing tijdens de nacht<sup>66</sup> drie keer groter dan overdag<sup>67</sup>.

<sup>62</sup> In deze getallen zijn de ongevallen met onbekend tijdstip niet meegeteld. Daarmee is impliciet aangenomen dat deze ongevallen op dezelfde wijze over de dag zijn verdeeld als de ongevallen waarvan het tijdstip wel bekend is.

<sup>63</sup> Ongevallenfrequentie is het aantal ongevallen per vliegbeweging.

<sup>64</sup> Definities van deze vluchtfase staan in sectie 1.4 Begrippen.

<sup>65</sup> Bron: FSF. (1999). Killers in Aviation: FSF task force presents facts about approach-and-landing and controlled-flight-into-terrain accidents. Flight Safety Digest, Vol. 17 No. 11-12 / Vol. 18 No. 1-2. Flight Safety Foundation.

<sup>66</sup> De FSF-analyse gebruikt de term 'nacht' zonder exact te definiëren wanneer deze begint en eindigt.

<sup>67</sup> Deze schatting is gebaseerd op een analyse van wereldwijde fatale ongevallen tussen 1980 en 1996 van verkeersvliegtuigen met een maximum startgewicht groter dan 5700 kg.

Er zijn studies die concluderen dat de kans per beweging op een vogelaanvaring in de nacht groter is dan overdag<sup>68</sup>, andere studies concluderen juist het omgekeerde<sup>69</sup>. Lokale omstandigheden spelen hierbij waarschijnlijk een grote rol. In deze IVA wordt aangenomen dat de kans per beweging op een vogelaanvaring 's nachts even groot is als overdag.

Concluderend kan worden gesteld dat de kans per vliegbeweging op een ongeval in de nacht (tussen 23:00 en 6:00 uur) ongeveer 1.7 keer hoger is dan in de dagperiode (tussen 7:00 en 23:00 uur). Dit kan een gevolg zijn van verminderd fysiek en cognitief presteren door het circadiaanse ritme, verminderde zichtbaarheid door de duisternis, het relatief grotere aantal landingen dan starts, of een combinatie van dit alles. In de vroege ochtend (tussen 6:00 en 7:00 uur) is de kans per vliegbeweging op een ongeval bijna twee keer kleiner dan in de dagperiode. Dit komt mogelijk doordat er in de vroege ochtend meer starts zijn dan landingen. De ongevalskans per beweging in de nachtperiode (tussen 23:00 en 7:00 uur) is 1.3 keer hoger dan in de dagperiode.

Verplaatsing van 3.300 vliegbewegingen (30.300-27.000) van de nachtperiode naar de dagperiode leidt er toe dat gemiddeld over het etmaal de ongevalskans per beweging 0.2% lager is dan in het referentiescenario.

### 3.7 Effect van uitbreiden van het aantal handhavingspunten voor geluid

Hoewel de precieze ligging van de handhavingspunten en de bijbehorende grenswaarden nog niet definitief zijn vastgesteld, is het de verwachting dat 485.000 bewegingen per jaar conform preferent baangebruik kunnen worden ingepast, rekening houdend met een marge in de grenswaarden. Deze marge is nodig om bijvoorbeeld invloeden van het weer op te kunnen vangen. Als er desondanks op enig moment overschrijdingen van grenswaarden in handhavingspunten dreigen zal waarschijnlijk in eerste instantie het baangebruik worden aangepast om de kritieke handhavingspunten te ontlasten. Omdat de nieuwe handhavingspunten niet alleen in het verlengde van de start- en landingsbanen liggen maar ook onder de vertrek- en naderingsroutes kan sturing op deze routes ook gebruikt worden om overschrijding van grenswaarden te voorkomen.

Op Schiphol worden vliegtuigen tijdens de nadering door de verkeersleiding naar de ILS gestuurd door 'vectoring', dat wil zeggen dat de verkeersleiding steeds aangeeft welke koers ('vector') het vliegtuig moet volgen. De verkeersleider heeft hierdoor meer alternatieven ter beschikking dan bij volledig vooraf vastgelegde naderingsroutes. LVNL zegt deze flexibiliteit nodig te hebben voor het versnellen en handhaven van een ordelijke stroom van het vliegverkeer, wat een van de kerntaken is van de luchtverkeersleidingsorganisatie. Als bepaalde handhavingspunten overschreden dreigen te worden kan dat de mogelijkheid van de verkeersleider om vliegtuigen te vectoren beperken. De taak van de luchtverkeersleider zou lastiger kunnen worden indien bij het vectoren rekening moet worden gehouden met eventuele overschrijding van handhavingspunten. Vertrekkend verkeer, dat het grootste aandeel van de geluidsbelasting genereert, vliegt wel volgens vaste routes.

Of minder flexibiliteit bij het vectoren van inbound verkeer werkelijk aan de orde zal zijn hangt af van de exacte locatie van de nieuwe handhavingspunten en de vast te stellen lokale grenswaarden. Voor het vaststellen van de grenswaarden is een aanpak voorgesteld waarmee grenswaarden worden bepaald die voldoende robuust zijn om

<sup>68</sup> Zie bijv. Metz, I.C., Ellerbroek, J., Mühhausen, T., Kügler, D, Hoekstra, J. (2020). The bird strike challenge. Aerospace 7, 26.

<sup>69</sup> Zie bijv. Walls, R. (2005). Monitoring avian movement using bird detection radar; impacts of nocturnal movement on flight safety at a military aerodrome. IBSC27/WP VIII-4.

afwijkingen in de dienstregeling en effecten van verstoringen in de dienstregeling en de afhandeling van het verkeer te accommoderen binnen de grenswaarden terwijl er anderzijds met betrekking tot de geluidsbelasting een beschermende werking van uit gaat. Indien de grenswaarden inderdaad zodanig robuust zijn dat de taak van de luchtverkeersleider niet complexer wordt is er geen effect op de ongevalskans per vlucht.

### 3.8 Effecten van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van ISMS roadmap maatregelen.

In appendix D is voor elk van de 47 maatregelen die zijn opgenomen in de Roadmap veiligheidsverbetering Schiphol<sup>70</sup> beschreven op welke wijze de geluidsmaatregelen mogelijk invloed hebben op de effectiviteit van de roadmap maatregelen. Uit deze analyse volgt dat het overgrote deel van de roadmap maatregelen niet wordt beïnvloed door de geluidsmaatregelen. Een aantal roadmap maatregelen die zijn gericht op mitigatie van mogelijke risico's van capaciteitsuitbreiding hebben logischerwijs minder effect als de capaciteit afneemt in plaats van toeneemt, maar dat heeft geen gevolgen voor de ongevalskans per vlucht. Eén roadmap maatregel wordt theoretisch effectiever door de geluidsmaatregelen, maar een mogelijk effect op de ongevalskans per beweging zal in de praktijk verwaarloosbaar klein zijn.

### 3.9 Gecombineerd effect van geluidsmaatregelen op de ongevalskans per beweging

In Tabel 3.5 zijn de resultaten samengevoegd en gecombineerd tot een verandering in de ongevalskans per beweging ten opzichte van het referentiescenario. Voor het berekenen van deze effecten zijn verschillende aannames gedaan zoals beschreven in de voorgaande paragrafen. Deze aannames introduceren onzekerheden die niet kwantificeerbaar zijn. Het is daardoor niet mogelijk om betrouwbaarheidsintervallen voor de resultaten aan te geven.

Tabel 3.5: Gecombineerd effect van de geluidsmaatregelen op de ongevalskans per beweging

Inzet van stillere vliegtuigen in de nachtperiode	geen effect
Tariefdifferentiatie	0.3% kleiner
Additionele vlootvernieuwing	geen effect
Weren van lawaaïge vliegtuigen	geen effect
Capaciteitsreductie tot 475.000 bewegingen	0.4% kleiner
Capaciteitsreductie tot 485.000 bewegingen	0.3% groter
Capaciteitsreductie in de nacht	0.2% kleiner
Uitbreiden van het aantal handhavingspunten voor geluid	Geen effect
<b>Gecombineerd effect bij 475.000 bewegingen</b>	<b>0.9% kleiner</b>
<b>Gecombineerd effect bij 485.000 bewegingen</b>	<b>0.2% kleiner</b>

<sup>70</sup> <https://integralsafetyschiphol.com/>

## 4 EV effecten en ongevalskans per jaar

### 4.1 Ongevalskans per jaar

Het effect van de geluidsmaatregelen op de ongevalskans per jaar wordt berekend door de ongevalskans per beweging te vermenigvuldigen met het jaarlijkse aantal bewegingen. De ongevalskans per jaar is bij 475.000 bewegingen per jaar en invoering van de geluidsmaatregelen 2.0% kleiner dan in het referentiescenario<sup>71</sup>. De ongevalskans per jaar is bij 485.000 bewegingen en invoering van de geluidsmaatregelen 0.8% groter dan in het referentiescenario, zie tabel 4.1. Om de ongevalskans per jaar beter te kunnen duiden is in tabel 4.1 ook weergegeven wat de ongevalskans per jaar zou zijn in een toekomstscenario waarbij zonder BA maatregelen het aantal bewegingen per jaar zou toenemen tot 500.000 bewegingen<sup>72</sup>.

Tabel 4.1: Overzicht ongevalskans per jaar voor verschillende scenario's

	Ongevalskans per beweging	Aantal bewegingen per jaar	Ongevalskans per jaar
Referentiescenario	$P_{ref}$	480.400	480.400 $P_{ref}$
BA scenario 475.000 bewegingen	0.991 $P_{ref}$	475.000	470.725 $P_{ref}$
BA scenario 485.000 bewegingen	0.998 $P_{ref}$	485.000	484.030 $P_{ref}$
Toekomstscenario zonder BA maatregelen	1.016 $P_{ref}$	500.000	508.000 $P_{ref}$

Voor het berekenen van deze kansen zijn verschillende aannames gedaan zoals beschreven in de voorgaande paragrafen. Deze aannames introduceren onzekerheden die niet kwantificeerbaar zijn. Het is daardoor niet mogelijk om betrouwbaarheidsintervallen voor de resultaten aan te geven.

### 4.2 Effect op externe veiligheid

Externe veiligheid heeft betrekking op de veiligheid van personen die 'extern' zijn van het vliegproces, dat wil zeggen mensen die in de omgeving van de luchthaven wonen, werken of anderszins verblijven. Externe veiligheid wordt bepaald door de ongevalskans per beweging, het totaal aantal bewegingen, baanpreferenties en routekarakteristieken die bepalend zijn voor de ongevalslocatie en de grootte van het vliegtuig die bepalend is voor de omvang van het crashgebied.

Effecten van de geluidsmaatregelen op de ongevalskans per beweging zijn beschreven in het vorige hoofdstuk<sup>73</sup>. De geluidmaatregelen leiden wel tot verandering van de vliegtuigtypes, maar de verdeling wide-body /narrow-body verandert niet. Daarom wordt aangenomen dat de geluidsmaatregelen geen effect hebben op de omvang van het crashgebied.

<sup>71</sup> Het referentiescenario is beschreven in sectie 2.1

<sup>72</sup> Dit is een realistische toekomstscenario. Eurocontrol verwacht vanaf 2025 een toename van het aantal vliegbewegingen in Europa van 2.0% per jaar (Eurocontrol forecast update 2024-2030).

<sup>73</sup> In het voorschrift en procedure voor de berekening van Externe Veiligheid rond luchthavens (NLR CR 2004-083) is de ongevalskans per beweging niet afhankelijk van het tijdstip (dag, nacht, vroege ochtend) en het jaarlijkse aantal bewegingen op de luchthaven. In deze IVA worden deze mogelijke afhankelijkheden wel meegewogen.

Van de voorgestelde geluidsmaatregelen leiden de inzet van stillere vliegtuigen in de nachtperiode, tariefdifferentiatie, additionele vlootvernieuwing en het weren van lawaaiige vliegtuigen niet tot andere baanpreferenties of routekarakteristieken<sup>74</sup>. Het uitbreiden van het aantal handhavingspunten voor geluid heeft naar verwachting geen effect op de routekarakteristieken. Verwacht wordt 485.000 bewegingen per jaar conform preferent baangebruik kunnen worden ingepast. Mocht er toch een overschrijding dreigen dan kan dit waarschijnlijk met aanpassingen van het baangebruik kunnen worden opgevangen.

Het effect op baangebruik van reductie van het aantal bewegingen in de nacht tot 27.000 kan afgeleid worden uit in het To70 rapport 'Balanced approach study Schiphol Airport' gepubliceerde gegevens, zie tabel 4.2. Hieruit blijkt dat reductie van het aantal vliegbewegingen in de nachtperiode tot 27.000 vrijwel geen effect heeft op de relatieve verdeling van het verkeer over de start en landingsbanen. Er wordt daarom ook geen effect op routekarakteristieken verwacht.

Tabel 4.2: Percentuele verdelingen van bewegingen per runway voor verschillende capaciteit in de nachtperiode

	runway	percentage bewegingen bij 32.000 bewegingen in de nachtperiode	percentage bewegingen bij 27.000 bewegingen in de nachtperiode
landing	04	0.00	0.00
	06	22.51	22.82
	09	0.01	0.01
	18C	2.78	2.82
	18R	32.81	33.26
	22	0.09	0.09
	24	0.04	0.04
	27	4.18	4.27
	36C	3.05	3.05
	36R	0.59	0.63
take-off	04	0.00	0.00
	06	0.01	0.01
	09	0.45	0.43
	18C	0.59	0.59
	18L	2.92	2.76
	22	0.00	0.00
	24	16.29	15.91
	27	0.02	0.02
	36C	0.79	0.76
	36L	12.87	12.53

Ook het effect van een verandering van de jaarcapaciteit op het baangebruik kan worden afgeleid uit in het To70 rapport Balanced approach study Schiphol Airport gepubliceerde gegevens, zie tabel 4.3. In het To-70 rapport wordt een scenario met 440.000 bewegingen per jaar vergeleken met een referentiescenario met 500.000 bewegingen per jaar. De relatieve verdelingen van aantallen bewegingen over de start- en landingsbanen is in beide scenario's vrijwel gelijk. Daarom kan verwacht worden dat ook een verandering naar een jaarcapaciteit van 475.000-485.000 geen effect heeft op het relatieve baangebruik en de routekarakteristieken.

<sup>74</sup> To-70 rapport Balanced approach study Schiphol Airport 22.171.29.

Tabel 4.3: Percentuele verdelingen van bewegingen per runway voor verschillende totaalcapaciteit

	runway	Percentage bewegingen bij totaalcapaciteit van 500.000 bewegingen	Percentage bewegingen bij totaalcapaciteit van 440.000 bewegingen
landing	04	0.00	0.00
	06	9.14	9.53
	09	0.01	0.01
	18C	7.88	7.30
	18R	19.17	19.62
	22	0.66	0.64
	24	0.11	0.11
	27	4.45	4.63
	36C	2.83	2.66
	36R	5.78	5.48
take-off	04	0.00	0.00
	06	0.00	0.00
	09	1.99	1.86
	18C	0.72	0.72
	18L	12.63	11.76
	22	0.00	0.00
	24	16.98	17.97
	27	0.19	0.18
	36C	4.56	4.11
	36L	12.92	13.41

Effecten van de geluidmaatregelen op externe veiligheid komen dus volledig voort uit veranderingen van het totaal aantal bewegingen en de ongevalskans per beweging. Deze veranderingen ten opzichte van het referentiescenario zijn zo gering, en de marge om te voldoen aan het gelijkwaardigheids criterium is zo ruim<sup>75</sup>, dat geen effecten op de externe veiligheid zijn te verwachten.

<sup>75</sup> Volgens de gebruiksprognose van 2024 waren er 1300 woningen met een plaatsgebonden risico van 10-6 of hoger, waar het maximum voor een gelijkwaardige bescherming van de omgeving 3300 woningen bedraagt.

## 5 Conclusies

De gecombineerde geluidsmaatregelen leiden tot een ongevalskans per beweging die 0.9% kleiner tot 0.2% kleiner is dan de ongevalskans per beweging in het referentiescenario. De ongevalskans per jaar is bij 475.000 bewegingen per jaar en invoering van de geluidsmaatregelen 2.0% kleiner dan in het referentiescenario. De ongevalskans per jaar is bij 485.000 bewegingen en invoering van de geluidsmaatregelen 0.8% groter dan in het referentiescenario. Deze veranderingen ten opzichte van het referentiescenario zijn zo gering, en de marge om te voldoen aan het gelijkwaardigheids criterium is zo ruim, dat geen effecten op de externe veiligheid zijn te verwachten. Er is geen verschil in autonome veiligheidsontwikkelingen tussen het referentiescenario en het scenario met geluidsmaatregelen.

Interacties tussen de geluidsbeperkende maatregelen en maatregelen uit de Roadmap veiligheidsverbetering Schiphol zijn minimaal. Het overgrote deel van de roadmap maatregelen wordt niet beïnvloed door de geluidsbeperkende maatregelen. Een aantal roadmap maatregelen die zijn gericht op mitigatie van mogelijke risico's van capaciteitsuitbreiding zijn logischerwijs minder effectief als de capaciteit wordt beperkt. Dit heeft ten opzichte van het referentiescenario geen effect op de ongevalskans per vlucht.

Op basis van de in dit rapport beschreven analyses zijn geen andere veiligheidsrisico's vastgesteld die een mogelijk gevolg zouden kunnen zijn van de geluidsmaatregelen.

## Appendix A Gehanteerde ongevals categorieën

Deze appendix geeft de lijst van ongevalscategorieën zoals die zijn gedefinieerd in ICAO Annex 13. Voor enkele categorieën wordt aangegeven dat ze niet van toepassing zijn voor de situatie van Schiphol en deze IVA.

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

**Analyse:** Deze categorie wordt geanalyseerd.

**Niet van toepassing:** Een ongeval binnen deze categorieën is op Schiphol niet mogelijk.

**Gevolgcategorie:** Gebeurtenissen die direct het gevolg zijn van een ongeval waardoor aanvullend letsel en schade kan ontstaan.

### Abnormal Runway Contact (ARC)

Elke start of landing waarbij abnormaal contact is met de start/landingsbaan. Deze categorie omvat harde landingen, starts en landingen waarbij de staart, motorgondel of vleugeltip de grond raakt, en landingen met ingeklapt landingsgestel.

### Abrupt Maneuver (AMAN)

Een opzettelijk door de piloten uitgevoerde abrupte manoeuvre van het vliegtuig, in de lucht of op de grond. De manoeuvre wordt uitgevoerd om een gevaar zoals een obstakel, een ander vliegtuig of voertuig of een gebied met slecht weer te ontwijken.

### Aerodrome (ADRM)

Voorvallen die te maken hebben met het ontwerp, dienstverlening of functionaliteit van de luchthaven. Ontwerp en onderhoud aan de start- en landingsbanen inclusief de baanmarkering en baanverlichting vallen hieronder.

### Airprox/TCAS Alert/Loss Of Separation/Near Midair Collisions/Midair Collisions (MAC)

Alle voorvallen waarbij de afstand tussen twee vliegtuigen in de lucht kleiner is dan voorgeschreven, inclusief botsingen in de lucht.

### ATM/CNS (ATM)

Voorvallen waarbij dienstverlening van de luchtverkeersleiding of Communication, Navigation en Surveillance (CNS) dienstverlening een rol speelt. Dit kan betrekking hebben op technische defecten en menselijk falen.

### Bird (BIRD)

Botsingen of bijna botsingen tussen een vliegtuig en vogel(s).

### Cabin Safety Events (CABIN)

Voorvallen in de passagierscabine, bijvoorbeeld voorvallen die te maken hebben met carry-on bagage en/of passagiers die gewond raken in de cabine, met uitzondering van verwondingen als gevolg van turbulentie.

### Collision With Obstacle(s) During Takeoff And Landing (CTOL)

Alle botsingen met obstakels zoals antennemasten, bomen, en gebouwen waarbij de locatie van het obstakel wel bekend is bij de piloten.

### Controlled Flight Into or Toward Terrain (CFIT)

Voorvallen waarbij het vliegtuig onder de controle van de piloten (bijna) in botsing komt met (obstakels op) de grond zonder dat de piloten zich bewust zijn van de aanstaande (bijna) botsing.

### Fire/Smoke (Non-Impact) (F-NI)

Voorvallen van rook of brand aan boord van het vliegtuig (op de grond of in de lucht) zonder dat de brand het gevolg van een botsing of inslag.

Fuel Related (FUEL)

Voorvallen waarbij één of meerdere motoren verminderd vermogen leveren of uitvallen door problemen met de brandstof, zoals brandstoftekort, verkeerde type brandstof of vervuilde brandstof en onjuiste configuratie van het brandstofsysteem.

Ground Collision (GCOL)

Botsingen van het vliegtuig met een ander vliegtuig, voertuig, persoon of obstakel terwijl het vliegtuig op eigen kracht naar of van de start- of landingsbaan taxiëert. Botsingen op de start- of landingsbaan vallen onder de categorie runway incursion (RI). Botsingen tijdens de push-back manoeuvre op het platform en botsingen terwijl het vliegtuig wordt gesleept vallen onder de categorie grond handling (GROUND).

Ground Handling (GROUND)

Voorvallen tijdens het grondafhandelingsproces. Onder deze categorie vallen ook voorvallen tijdens de push-back manoeuvre en het slepen van vliegtuigen, voorvallen door jet-blast en voorvallen die gerelateerd zijn aan het sneeuw- en ijsvrij maken van het vliegtuig.

Icing (ICE)

Gebeurtenissen waarbij ijsafzetting op het vliegtuig een negatieve invloed heeft op de prestaties of besturing van het vliegtuig. De ijsafzetting kan op de grond of in de lucht plaatsvinden.

Loss Of Control–Ground (LOC–G)

Verlies van de besturing van het vliegtuig op de grond. Het besturingsverlies kan optreden door een gladde baan of kan het gevolg zijn van een voorval uit een van de andere categorieën, bijvoorbeeld een defect aan het besturingssysteem (SCF-NP).

Loss Of Control–Inflight (LOC–I)

Verlies van de besturing van het vliegtuig in de lucht. Dit kan gebeuren door een opzettelijke manoeuvre, door ijsafzetting op het vliegtuig of door storingen van vliegtuigsystemen en motoren. In de laatste gevallen wordt het ongeval dubbel geclassificeerd (b.v. ICE en LOC-I).

Medical (MED)

Gebeurtenissen waarbij één of meerdere bemanningsleden door ziekte niet in staat is om zijn of haar taken adequaat uit te voeren, of medische noodgevallen van een bemanningslid of passagier. Verwondingen door turbulentie of lichte verwondingen door normale activiteiten in de cabine (verstuikte enkel, brandwond door gemorste hete koffie of thee) vallen niet onder de categorie medical.

Navigation Errors (NAV)

Onjuiste navigatie van het vliegtuig op de grond of in de lucht. Onder deze categorie vallen ook landingen op -of starts van- hoofdbanen die niet in gebruik zijn of taxibanen.

Other (OTHR)

Elke gebeurtenis die niet is beschreven in een van de overige categorieën.

Runway Excursion (RE)

Een veer-off of overrun van de start of landingsbaan.

#### Runway Incursion (RI)

Elk voorval op een luchtvaartterrein waarbij sprake is van de onjuiste aanwezigheid van een vliegtuig, voertuig of persoon op het beschermde gebied van een oppervlak dat is aangewezen voor het landen en opstijgen van vliegtuigen.

#### System/Component Failure Or Malfunction (Non-Powerplant) (SCF-NP)

Uitval of storing van een vliegtuigonderdeel of vliegtuigsysteem, anders dan een motor. Softwarefouten vallen ook in deze categorie.

#### System/Component Failure Or Malfunction (Powerplant) (SCF-PP)

Uitval of storing van een motor of motoronderdeel. Uitval of storing van propellers en versnellingsbakken vallen ook in deze categorie. Uitval van een motor door problemen met de brandstof vallen onder FUEL.

#### Turbulence Encounter (TURB)

Voorvallen waarin een vlucht door turbulentie wordt verstoord. Verstoringen door zogturbulentie vallen ook in deze categorie.

#### Undershoot/Overshoot (USOS)

Voorvallen waarbij het vliegtuig voor, achter of naast de landingsbaan landt. Het betreft alleen landingen in de directe omgeving van de landingsbaan.

#### Unknown or undetermined (UNK)

Onvoldoende informatie is beschikbaar om de gebeurtenis te categoriseren.

#### Wildlife (WILD)

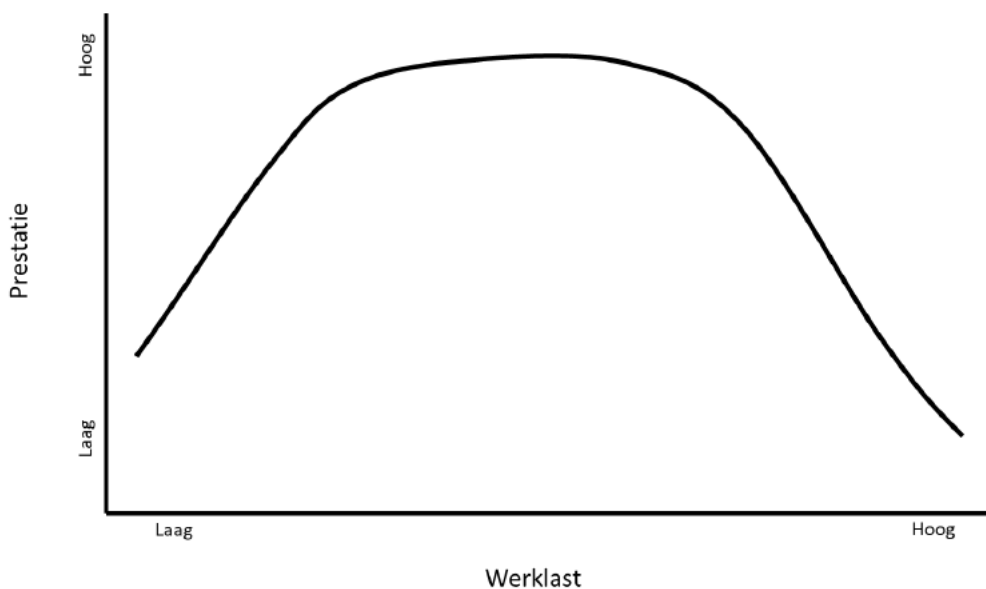
Botsingen van vliegtuigen met dieren, anders dan vogels.

#### Wind Shear Or Thunderstorm (WSTRW)

Voorvallen waarbij een vliegtuig in een windschering of onweersgebied terecht komt. Voorvallen in de vlucht met hagel, bliksem en zware regen vallen ook in deze categorie.

## Appendix B Relatie tussen werklast en prestaties

Werklast is een aanduiding voor de grootte van de mentale capaciteit die van een operator (piloot, luchtverkeersleider, voertuigbestuurder) wordt gevraagd voor aandacht, perceptie, beslissingen en handelingen. De relatie tussen werklast en prestatie heeft de vorm van een omgekeerde U, zie Figuur B-1, waarbij de beste prestaties worden verkregen bij een zekere mate van werklast. Eenzelfde soort relatie is aangetoond voor verschillende combinaties van mentale en fysieke belasting en prestaties<sup>76</sup>. Het omslagpunt is per individu verschillend en kan binnen het individu ook variëren<sup>77</sup>. In het vlakke deel van de curve, waar de prestatie optimaal is, geldt dat een operator bij hogere werklast wel een grotere inspanning moet leveren om dat hoge prestatieniveau te halen. Daarom kan het optimale prestatieniveau bij relatief hoge werklast korter worden volgehouden dan bij lagere werklast. Voorbij het omslagpunt geldt voor iedereen dat de prestaties afnemen bij hogere werklast. Anderzijds leidt ook onderbelasting tot lagere prestaties. Afnemende prestaties uiten zich bijvoorbeeld in een grotere frequentie van gemaakte fouten.



Figuur B-1: Schematische weergave van de relatie tussen werklast en prestaties

<sup>76</sup> Zie bijv.:

Adler, R., Benbunan-Finch, R. (2014). The effects of task difficulty and multitasking on performance. *Interacting with Computers*, Vol. 27, No.4.

Anderson, K.J., Revelle, W. (1983). The interactive effects of caffeine, impulsivity and task demands on a visual search task. *Personality and Individual Differences*, Vol. 4, No. 2, p 127-134.

Hebb, D.O. (1955). Drives and the conceptual nervous system. *The psychological review*. Vol. 62, No. 4.

Reilly, Th., Smith, D. (1986). Effect of work intensity on performance in a psychomotor task during exercise. *Ergonomics*, Vol. 29, No. 4, p 601-609.

Waard, de, D. (1996). The measurement of drivers' mental workload. PhD thesis. University of Groningen.

Yerkes, R.M., Dodson, J.D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, p 459-482.

Young, M., Stanton, N.A. (2002) Attention and automation, new perspectives on mental underload and performance. *Theoretical issues in ergonomics science* 3(2), p 178-194.

<sup>77</sup> Matthews, G., Sparkes, T.J., Bygrave, H. (1996). Attentional overload, stress and simulated driving performance. *Human Performance* 9(1), p 77-101.

## Appendix C Het aantal bewegingen op een luchthaven en onstabiele naderingen

Bij een gestabiliseerde nadering worden verschillende belangrijke vluchtparameters tot aan de landing binnen een gespecificeerd bereik van waarden gehouden. De parameters omvatten stand, vliegbaantraject, snelheid, daalsnelheid, motorstuwkracht en vliegtuigconfiguratie<sup>78</sup>. Als de nadering niet stabiel is doordat één of meer van de parameters buiten het gewenste bereik raken moeten de piloten volgens de procedures de nadering afbreken. Het vliegtuig klimt bij een afgebroken nadering naar een vooraf bepaalde hoogte en vliegt via een voorgeschreven route terug naar het beginpunt van de nadering voor een nieuwe poging of wijkt uit naar een alternatieve luchthaven. Een onstabiele nadering die niet wordt afgebroken kan leiden tot een ongeval van het type ARC, CFIT, LOC-I, RE en USOS<sup>79</sup>. Zo kan een nadering met een te hoge daalsnelheid bijvoorbeeld leiden tot een harde landing, wat valt in de categorie abnormal runway contact (ARC).

De hoeveelheid verkeer van en naar een luchthaven kan invloed hebben op de frequentie van onstabiele naderingen. Dat heeft vooral te maken met de manier waarop de vliegtuigen naar het beginpunt van de nadering worden geleid. Onder bepaalde omstandigheden wordt soms afgeweken van de gepubliceerde naderingsroutes, bijvoorbeeld door verkort in te draaien, omdat daarmee tijd en brandstof wordt bespaard. Afwijken van de gepubliceerde naderingsroutes kan leiden tot onstabiele naderingen<sup>80</sup>. Het ongeval bij Schiphol met een toestel van Turkish Airlines<sup>81</sup> in 2009 is een voorbeeld van een scenario waarbij verkort indraaien bijdraagt aan een onstabiele nadering en uiteindelijk een crash van het type *in flight loss of control* (LOC-I). Ook het van bovenaf onderscheppen van een ILS-glijpad kan bijdragen aan een onstabiele nadering<sup>82</sup>. Uit een analyse van gebruiksgegevens van de luchthaven Schiphol in 2016 bleek dat ILS intercepties van bovenaf vaker voorkomen buiten de piekperiodes<sup>83</sup>.

<sup>78</sup> IATA. (2016). *Unstable Approaches: Risk Mitigation Policies, Procedures and Best Practices*, 2nd Edition. International Air Transport Association.

<sup>79</sup> IATA. (2022). *Examining Unstable Approaches - Risk Mitigating Efforts, Unstable Approach - Safety Analysis Project Team*. International Air Transport Association.

<sup>80</sup> CANSO, 2017. *Avoiding Unstable Approaches - Important Tips for ATCOs*, CANSO.

<sup>81</sup> OVV. (2010). *Crashed during approach, Boeing 737-800, near Amsterdam Schiphol Airport*. Onderzoeksraad voor Veiligheid.

<sup>82</sup> AAIB investigation to Boeing 737-8200, EI-HET, AAIB bulletin 29768.

<sup>83</sup> To70 [2016]. *Analyse gebruik luchthaven Schiphol*. Bijlage bij OVV rapport 'Veiligheid Vliegverkeer Schiphol'.

## Appendix D Maatregelen uit de ISMS roadmap

In deze appendix wordt een beschrijving gegeven van de 47 maatregelen die zijn opgenomen in de Roadmap veiligheidsverbetering Schiphol<sup>84</sup>. Naast de beschrijving wordt ook de (geplande) implementatiedatum gegeven op basis van beschikbare informatie in september 2024. Voor de meest recente informatie wordt verwezen naar de website. Daarnaast wordt per maatregel geanalyseerd of er een interactie te verwachten valt met de geluidsbeperkende maatregelen.

### Appendix D.1 Effecten per maatregel

#### Maatregel 1. Uitbreiding van het Uniform-platform van 5 naar 9 parkeerplekken

##### Beschrijving maatregel

Het Uniform-platform wordt gebruikt voor het bufferen van toestellen om de benodigde opstelplaatsen voor afhandeling op Schiphol centrum te kunnen accommoderen. Uitbreiding van het Uniform-platform zorgt voor een vergroting van de buffercapaciteit, hierdoor zijn op Schiphol centrum meer opstelplaatsen beschikbaar voor aankomende vluchten. De uitbreiding wordt gefaseerd gerealiseerd. Fase 1 is afgerond op 1 november 2018, het aantal buffer-opstelplaatsen is uitgebreid van 5 naar 9. In de evaluatie, afgerond op 15 april 2020, is vastgesteld dat als gevolg van deze uitbereiding het aantal sleepbewegingen van en naar Schiphol-Oost is afgenomen, waardoor minder baankruisingen op de Aalsmeerbaan (18L/36R) en de Schiphol-Oostbaan (04/22) plaatsvinden. In fase 2, gerealiseerd in april 2020, zijn de 9 bufferposities uitgebreid naar 12 posities; zie daarvoor maatregel 34.

##### Implementatiedatum

Deze maatregel is ingevoerd op 1 november 2018.

##### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van roadmap maatregel 1

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

#### Maatregel 2. Coördinatie torenluchtverkeersleider en torenassistent

##### Beschrijving maatregel

In de opleiding van luchtverkeersleiders geeft LVNL expliciet aandacht aan de coördinatie tussen de grondverkeersleider in de toren en de torenassistent ('Toren Assistent 2'). In de syllabus is per 1 januari 2018 als onderwerp en leerdoel voor Toren Assistent 2 opgenomen: "noemen wat de coördinatieafspraken zijn tussen Toren Assistent 2 en de grondverkeersleider bij begeleiding van sleepverkeer". Daarnaast wordt in de herhalingstraining nadruk gelegd op coördinatie tussen de luchtverkeersleider in de toren en de torenassistent. Dit beoogt de kans op runway incursions te verminderen. In de evaluatie, afgerond op 5 maart 2021, is vastgesteld dat deze aanpassingen in de praktijk goed zijn ingevoerd.

<sup>84</sup> Zie <https://integralsafetyschiphol.com/>, update van juli 2024. De maatregelen zijn genummerd 1 t/m 50, maar nummers 14, 36 en 38 zijn weggefallen uit updates op de Roadmap.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is ingevoerd op 1 januari 2018.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van roadmap maatregel 2

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 3. Verbeteren van de benaming van de taxibanen**

#### Beschrijving maatregel

Start- en landingsbanen zijn voorzien van intersecties die vliegtuigen toegang verschaffen tot de startbaan dan wel de gelegenheid bieden om deze te verlaten. Om een start- en landingsbaan te kruisen wordt gebruik gemaakt van aangesloten rijbanen. Het kruisen van banen wordt gedaan door taxiënde vliegtuigen, sleepverkeer, voertuigen en veldbevoegden. Elke baankruising is voorzien van benaming voor navigatie- en communicatiedoelinden. Deze benaming bestaat uit een letter en cijfer combinatie. In een aantal gevallen op Schiphol bevat een baan aan weerszijden een intersectie, in dat geval heeft de intersectie aan weerszijden vaak dezelfde benaming. In R/T verkeer wordt in dat geval de naam van de intersectie aangevuld met een windrichting, ten behoeve van de situational awareness van de piloten, bestuurders en luchtverkeersleiders. Bijvoorbeeld 18L/E5 Oost en 18L/E5 West of 24/S2 Noord en 24/S2 Zuid.

In het verleden heeft zich een incident voorgedaan door een verkeerde interpretatie door een luchtverkeersleider van de locatie van een voertuig, uiteindelijk resulterend in een runway incursion. AAS en haar partners hebben de naamgeving verbeterd van bepaalde taxibanen. Alle baankruisingen en intersecties zijn voorzien van een unieke letter/cijfer combinatie, aan weerszijden van een baan. Met de herziene namen is de consistentie verbeterd in het taxibanensysteem. Hierdoor moet de kans op fouten en misverstanden door gelijke of verwarrende naamgeving kleiner worden.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 31 december 2023.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit roadmap maatregel 3

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 4. Afwijkingen door grondpersoneel**

#### Beschrijving maatregel

Op basis van een analyse naar redenen voor afwijkingen van regels en voorschriften door grondpersoneel, heeft ISMS de 'Groundhandling Roadmap and Campaign' ontwikkeld<sup>85</sup>. Deze bevat onder andere 19 korte termijn oplossingen (realisatie binnen zes maanden) en 16 lange termijn oplossingen (realisatie van zes maanden of langer). Zo is de belijning op enkele plekken aangepast, zijn voetgangersoversteekplaatsen verbeterd en is kapotte verlichting vervangen. Toezicht op de naleving van regels is geïntensiveerd en de doorlooptijd van sanctionering is verkort. Er worden frequent gemeenschappelijke veiligheidscampagnes uitgevoerd en de Schipholregels zijn herzien zodat (veiligheids)regels op de luchthaven toegankelijker en begrijpelijker zijn geworden. De Basistraining Safety & Security

<sup>85</sup> ISMS, Groundhandling Roadmap & Campaign TOP SAG April 20th. 20-6-2019.

is verbeterd met een verplichte jaarlijkse herhaaltraining. Op een aantal kruispunten aan airside zijn zichtlijnen voor verkeer verbeterd. Samen met de grondafhandelaren worden joint walks met service partners en authority officers, een FOD-walk en “kijkje in de keuken” sessies georganiseerd.

Aan alle oplossingen op de Groundhandling Roadmap wordt gewerkt. Korte termijn oplossingen zijn in 2019 geïmplementeerd, lange termijn oplossingen dienen eerst beoordeeld te worden door de TOPSAG door middel van een business case. De TOPSAG bepaalt vervolgens of de oplossing wel of niet geïmplementeerd wordt.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel bestaat uit meerdere onderliggende acties met eigen implementatiedata. Daarom is er geen vermelding van de implementatiedatum en planning datum op de website. Korte termijn oplossingen zijn in 2019 geïmplementeerd.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van roadmap maatregel 4

De effectiviteit van de 19 geïdentificeerde korte termijn oplossingen die in 2019 zijn geïmplementeerd wordt niet beïnvloed door de geluidsmaatregelen. De 16 lange termijn oplossingen vallen binnen de scope van de grondafhandeling. Voorbeelden zijn verbeteringen van voetgangersoversteekplaatsen, en verbeteringen van zichtlijnen op kruispunten. Een interactie met de geluidsbeperkende maatregelen is onwaarschijnlijk.

## **Maatregel 5. Convergent starten en landen**

#### Beschrijving maatregel

Convergerende banen zijn banen die elkaar (in het verlengde) kruisen. Convergerende banen zijn van elkaar afhankelijk als een doorstart<sup>86</sup> wordt uitgevoerd op de ene baan, terwijl een vliegtuig vertrekt op de andere baan of als op een andere baan tegelijkertijd een doorstart wordt uitgevoerd of als een vliegtuig nadert op de ene baan, terwijl op de convergerende baan een doorstart wordt gemaakt. Doordat de banen elkaar in het verlengde kruisen ontstaat het risico op een MAC-ongeval. Door de ligging van het banenstelsel op Schiphol, in combinatie met het operationeel gebruik van de banen, is soms sprake van de inzet van convergerende banen op Schiphol.

Samen met haar partners heeft Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) onderzocht hoe de veiligheid van deze procedure verder kan worden vergroot. Een van de belangrijkste uitkomsten is timing; met voldoende tijd tussen een landend vliegtuig en een vliegtuig dat opstijgt van een convergente baan kan het risico op een conflict verder worden verkleind. Er is gekozen voor:

1. Optimalisatie van het huidige gebruik van convergerende banen door middel van longitudinale scheiding tussen vertrekkende vliegtuigen en vliegtuigen die mogelijk een doorstart maken;
2. Verbetering van de effectiviteit van ATC-instructies door een groter bewustzijn van piloten en training of piloten en luchtverkeersleiders.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 1 augustus 2022.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 5

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

<sup>86</sup> Een doorstart, missed approach of een go-around is het afbreken van de eindnadering door een vliegtuig. In plaats van te landen, klimt het vliegtuig opnieuw naar een beperkte hoogte om vervolgens opnieuw volgens de procedures te naderen voor de landing.

## Maatregel 6. Vaste aansluiting op het brandstofsysteem

### Beschrijving maatregel

De maatregel ‘vaste aansluiting op het brandstofsysteem’ heeft betrekking op de wijze waarop een deel van de vliegtuigen wordt voorzien van brandstof. Met deze maatregel is een vaste aansluiting op het brandstofsysteem op de Delta en Echo buffer gerealiseerd. Het gaat hierbij om zes opstelplaatsen op de Delta buffer en drie opstelplaatsen op de Echo buffer. Het is daardoor niet meer nodig om met tankwagens brandstof aan te leveren. Op deze manier wordt beoogd de kans op veiligheidsincidenten op de grond te verminderen. In de evaluatie, afgerond op 31 december 2020, is vastgesteld dat het systeem in de praktijk goed werkt en altijd in gebruik is. Hierdoor rijden er geen tankwagens meer naar het Delta en Echo buffer.

### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 15 april 2018.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 6

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## Maatregel 7. Trajectory prediction

### Beschrijving maatregel

Arrival Manager (AMAN) systemen zijn ontwikkeld en geïmplementeerd in heel Europa. Het primaire doel is het bieden van geautomatiseerde sequencing support (planningssysteem) voor de naderingsverkeersleider. Het kan planningprocessen verbeteren door inkomende verkeersstromen voorspelbaarder te maken. In november 2018 heeft LVNL het nieuwe systeem voor AMAN 1.0 geïmplementeerd, en in 2020 heeft een upgrade naar AMAN 2.0 plaatsgevonden. Deze nieuwe AMAN zorgt voor een stabielere aankomstplanning, onder andere doordat gebruik wordt gemaakt van betere weersgegevens.

Deze maatregel is ook een submaatregel van Maatregel 27 ‘Last-minute baancombinatiewisselingen en complexiteit door baancombinatiewisselingen’.

### Implementatiedatum

AMAN 1.0 is geïmplementeerd. In 2020 is de update (AMAN 2.0) gereedgekomen. Op de roadmap<sup>87</sup> staat deze maatregel 7 echter nog in de onderzoeksfase (onderzoek 1 januari 2026), wat zou kunnen refereren naar nog een nieuwe update.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 7

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft naar verwachting invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## Maatregel 8. Navigatietechnologie

### Beschrijving maatregel

<sup>87</sup> <https://integralsafetyschiphol.com/>, update van juli 2024.

Onder de naam Single European Sky ATM Research (SESAR) verbetert de Europese Unie het gebruik van het Europese luchtruim. Als onderdeel hiervan zijn naderingen op basis van satelliettechnologie (RNAV) op Schiphol geïmplementeerd. Hiermee kunnen vliegtuigen toch een approach uitvoeren als back-up wanneer de ILS-nadering niet beschikbaar is. Dit is een driedimensionale manier van GPS-navigatie naar een landingsbaan. Sinds 7 november 2019 kan deze RNAV-technologie op vier landingsbanen op Schiphol worden toegepast. Deze navigatietechnologie maakt vliegroutes van naderende vliegtuigen meer voorspelbaar. Hiermee wordt beoogd de kans op veiligheidsincidenten in de lucht te verminderen. Een evaluatie is gepland in 2024.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 12 augustus 2021.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 8

Om RNAV naderingen te kunnen uitvoeren moet het vliegtuig beschikken over satellietnavigatiesystemen waarmee plaatsbepaling met een zekere nauwkeurigheid mogelijk is. Het is denkbaar dat sommige zeer oude vliegtuigen niet over deze apparatuur beschikken. De geluidsmaatregelen 'Tariefdifferentiatie' en 'Weren van lawaaige toestellen' leiden er toe dat mogelijk een groter percentage van de bewegingen wordt uitgevoerd door vliegtuigen die RNAV naderingen kunnen uitvoeren. Dat betreft minder dan 5% van alle vliegbewegingen. De geluidsmaatregelen zullen dus een zeer kleine positieve invloed kunnen hebben op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 9. Verbeterde toegang tot de Schiphol TMA**

#### Beschrijving maatregel

In het kader van de herziening van het Nederlandse luchtruim onderzoeken het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, LVNL en andere partners vanaf 2023 verbeterde mogelijkheden om het luchtruim rond Schiphol in te vliegen. Dit wordt onderdeel van de ontwikkeling van het operationeel concept. Het vergroot de voorspelbaarheid van vliegroutes van naderende vliegtuigen en zorgt voor een gelijkmatigere verdeling van de verkeersbelasting. Welke maatregelen moeten leiden tot een verbeterde toegang tot de Schiphol TMA is momenteel nog niet bekend. De planuitwerkingsfase van de luchtruimherziening start na 2023<sup>88</sup>.

#### Implementatiedatum

Nog niet bekend.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 9

Omdat de luchtruimherziening nog in ontwikkeling is hebben de geluidsmaatregelen op korte termijn geen invloed op de effectiviteit van de maatregel.

## **Maatregel 10. Ophoging van de bovengrens van de TMA**

#### Beschrijving maatregel

Deze maatregel zorgt voor een uniforme overdracht voor vertrekkend verkeer vanaf Schiphol, Rotterdam en Lelystad. Hiertoe verstrekt Area Control vanaf 1 januari 2019 ook voor vertrekkend verkeer vanaf Rotterdam en Lelystad een blok-klaring tot en met FL 130 aan Schiphol Approach. Schiphol Approach mag vertrekkend verkeer vanaf Schiphol

<sup>88</sup> Zie ook Notitie Reikwijdte en Detailniveau voor het plan-MER voor de luchtruimherziening. Bereikbaar via [www.luchtvaartindetoekomst.nl](http://www.luchtvaartindetoekomst.nl).

vanaf 1 januari 2019 zonder mondelinge coördinatie op parallelle tracks aan Area Control overdragen mits de afstand tussen de vluchten 5 NM is en blijft, of als deze afstand groter wordt, en mits de tracks richting een TMA exit point en de ontvangende sector lopen. Hierbij geldt dat Schiphol Approach een vertrekkend vliegtuig vanaf Schiphol ook op een parallelle track met vertrekkend verkeer vanaf Rotterdam of Lelystad zonder mondelinge coördinatie mag overdragen. Schiphol Approach voert de opgedragen heading in het systeem, zodat Area Control de heading bij het label ziet. Vóór januari 2019 was overdracht op parallelle tracks ook toegestaan, maar alleen na mondelinge coördinatie door Schiphol Approach met Area Control. In de evaluatie, afgerond 27 mei 2024, werd geconcludeerd dat de maatregel is geïmplementeerd en de werking heeft vereenvoudigd, gestandaardiseerd en geformaliseerd. De verwachte veiligheidsverbeteringen zijn gerealiseerd.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 31 december 2018 en geëvalueerd in mei 2024.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 10

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 11. Online pushback procedure raadplegen**

#### Beschrijving maatregel

De hoeveelheid sleep- en pushbewegingen op Schiphol is de afgelopen jaren fors gestegen. Een gevolg hiervan is dat ook de hoeveelheid verkeerd uitgevoerde pushbewegingen is gestegen. Deze verkeerd uitgevoerde bewegingen zijn soms een gevolg van de complexiteit van de verschillende pushprocedures, de hoeveelheid verschillende pushprocedures en de hoeveelheid wijzigingen die worden doorgevoerd inzake de pushprocedures (vaak veroorzaakt door werkzaamheden).

Het verkeerd uitvoeren van een pushback wordt soms veroorzaakt doordat de pushbackchauffeur een verkeerde procedure volgt. ISMS heeft laten onderzoeken op wat voor manier de pushbackchauffeurs geholpen kunnen worden bij het uitvoeren van de juiste procedure. Er is uiteindelijk besloten om alle actuele pushbackprocedures per VOP te publiceren op een online website. Met behulp van een Personal Electronic Device kunnen pushback chauffeurs altijd de juiste actuele procedures opzoeken.

Hierdoor is de kans op veiligheidsincidenten tijdens pushbackmanoeuvres verkleind. Uit de eerste evaluatie bleek dat er meer uit deze maatregel gehaald zou kunnen worden door voor iedere pushback-chauffeur een apparaatje aan te bieden waarop zij de actuele pushback-procedure kunnen raadplegen. Deze maatregel is nu volledig geïmplementeerd en is inmiddels twee keer geëvalueerd (de laatste evaluatie is afgerond op 13 december 2023), op basis waarvan verbeteringen zijn voorgesteld en doorgevoerd gaan worden. In de data is een veiligheidsverbetering te zien sinds de implementatie van de website.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 1 juli 2023.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 11

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## Maatregel 12. Follow the Greens

### Beschrijving maatregel

Schiphol en LVNL onderzoeken de toepassing van het concept 'Follow-the-Greens' op AAS. Dit concept geeft vliegers aanwijzingen tijdens het taxiën door automatisch de groene middenlijnverlichting van taxibanen voor het vliegtuig te verlichten en ook automatisch lichten uit te schakelen in gebieden waar ze niet nodig zijn. Daardoor hoeven verkeersvliegers geen kaarten te raadplegen. Bovendien vermindert de werklast voor grondverkeersleiders en ontlast het de intensief gebruikte frequentie waarop de grondverkeersleider contact heeft met de vliegers die taxiën. Dit verbetert de coördinatie op de luchthaven en beoogt de kans op veiligheidsincidenten op de grond en runway incursions te verminderen.

Dit project zit nog in een onderzoeksfase. Er loopt een experiment bij knooppunt W5 waarbij de middenlijnverlichting handmatig geschakeld kan worden zodat taxiënde vliegtuigen vanaf de Polderbaan ter hoogte van W5 aanwijzingen krijgen welke route langs of over de Zwanenburgbaan zij dienen te gebruiken. De luchtverkeersleiders bepalen de route en bedienen de verlichting.

### Implementatiedatum

Afhankelijk van de resultaten zal vanaf 2023 schakelbare verlichting worden aangelegd op de hot spots van Schiphol. Schakelbare verlichting wordt voorzien vanaf 2025 en afhankelijk van besluitvorming is het follow-the-greens concept mogelijk vanaf 2035 volledig geïmplementeerd op Schiphol.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 12

Als gevolg van de reductie van het aantal nachtvluchten kan de werklast voor de verkeersleider stijgen vlak na de overgang van nacht naar dag, en vlak voor de overgang van dag naar nacht: dat kunnen grotere pieken worden. Als de totale capaciteit per jaar afneemt kan dat juist tot minder hoge pieken leiden. Wat het netto effect ook is, de Roadmap maatregel kan helpen de werklast voor de verkeersleider te verminderen tijdens deze piekuren. Omdat de volledige implementatie van het Follow the greens concept pas in 2035 wordt verwacht is er op korte termijn geen interactie met de geluidsbeperkende maatregelen.

## Maatregel 13. Digitale strippen

### Beschrijving maatregel

LVNL heeft digitale vluchtvoortgangsstrippen (Electronic Flight Strips of EFS) voor torenluchtverkeersleiders geïntroduceerd, waardoor het niet langer nodig is om met papieren strippen te werken. Dit digitale systeem beoogt de werkbelasting voor luchtverkeersleiders te verminderen. Daarnaast biedt het digitale strippensysteem mogelijkheden om extra veiligheidsvangnetten te creëren door bijvoorbeeld waarschuwingen te koppelen aan de digitale strippen. Een evaluatie van deze maatregel (afgerond op 13 december 2023) heeft vastgesteld dat de digitale strippen goed zijn geïmplementeerd en gebruikt worden.

### Implementatiedatum

Per 30 april 2019 is het digitale strippensysteem actief in beide verkeerstorens op Schiphol.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 13

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## Maatregel 15. Bouw van een nieuwe pier

### Beschrijving maatregel

Schiphol bouwt een nieuwe pier met opstelplaatsen voor zowel wide-body als narrow-body vliegtuigen. Aan de nieuwe gates is plek voor 3 wide-body en 5 narrow-body vliegtuigen, of voor 11 narrow-body vliegtuigen. De A-pier ligt in het zuidwestelijke deel van de luchthaven, naast de Kaagbaan (06/24). De nieuwe pier vergroot de gatecapaciteit en ontlast de gateplanning. Daardoor neemt de druk op de grondoperatie af, waardoor de kans op veiligheidsincidenten op de grond zou moeten verminderen. De oplevering van de pier is ook belangrijk om voldoende capaciteit te creëren die Schiphol de mogelijkheid biedt andere pieren te renoveren of te verbouwen.

### Implementatiedatum

Na beëindiging van het contract met de vorige aannemer is een nieuwe aannemer geselecteerd om de pier af te bouwen. Dat project bevindt zich momenteel in de werkvoorbereidingsfase. De uitvoering van de definitieve afbouw is eind 2023 gestart. De planning en opleverdatum van de pier is nog niet bekend.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 15

Als de jaarlijkse capaciteit van Schiphol kleiner wordt is de behoefte aan extra gates minder groot. De effectiviteit van maatregel 15 zou daardoor kleiner kunnen zijn ten opzichte van een scenario met meer capaciteit. De overige geluidsbepalende maatregelen hebben geen invloed op de effectiviteit van maatregel 15.

## Maatregel 16. Voltooiing dubbel rijbaanstelsel

### Beschrijving maatregel

Het grootste deel van het taxibanenstelsel rondom Schiphol Centrum (terminal area) bestaat uit twee parallelle taxibanen (taxibaan Alpha en taxibaan Bravo). Alleen taxibaan Quebec, de verbinding tussen punt Pieter en punt Zulu, omvatte een enkele taxibaan (zie Figuur D.1). Taxibaan Quebec wordt verdubbeld naar een tweebaansweg, zodat het taxibanenstelsel rondom Schiphol Centrum volledig bestaat uit twee parallelle taxibanen. De ontwikkeling verloopt in drie fases: 1A, 1B en 2.



*Figuur D.1: Situatie Quebec in 2019 [Bron: ISMS (2019), Safety Assessment Completion Dual Taxiway System]*

In fase 1A is de nieuwe taxibaan (taxibaan Qb) verbonden met het punt Zulu in het noorden (Figuur D.2). Er is een nieuw viaduct gebouwd naast het bestaande viaduct over de snelweg A4. Aangezien vrachstation V nog steeds in gebruik is, kon het dubbele rijbaansysteem in deze fase niet volledig worden voltooid en werd taxibaan Qb halverwege aangesloten op taxibaan Qa. Er zijn geen grote veranderingen voorzien in de dienstwegen. De eerste fase 1A is nu gereed. Hiermee is het nieuwe avioduct over de A4 in gebruik genomen.

In fase 1B wordt taxibaan Qb verbonden met taxibaan Romeo, waarmee het dubbele taxibanenstelsel wordt voltooid (Figuur D.3). Voor fase 2 staat nog een routewijziging/afbuiging van de huidige rijbaan op de planning (figuur D.4).

Voor het operationeel gebruik over de nieuwe taxibanen heeft Schiphol een Concept of Operation (CONOPS) ontwikkeld. De rijrichting over Qa en Qb zal flexibel worden ingevuld, afhankelijk van de Runway Mode of Operation (RMO). Hierdoor worden kruisingen in de grondverkeersstromen op het meest gunstige punt gepland. De rijrichting kan daarom afwijken van de standaard. Fase 1B en fase 2 zullen worden gecombineerd en direct opvolgend worden uitgevoerd; hiermee wordt een efficiëntere projectontwikkeling bereikt.



*Figuur D.2: Minder congestie in zuid-west hoek na het afsplitsen van vertrekkend verkeer voor runways 36L en 36C  
[Bron: <https://integralsafetyschiphol.com/nl/project/voltooiing-dubbel-rijbaanstelsel/>]*



*Figuur D.3: Kleiner gebied voor het tweerichtingsverkeer, wat wachttijden voor tegemoetkomend verkeer reduceert  
[Bron: <https://integralsafetyschiphol.com/nl/project/voltooiing-dubbel-rijbaanstelsel/>]*



*Figuur D.4: Situatie na fase 1B en fase 2 [Bron: <https://integralsafetyschiphol.com/nl/project/voltooiing-dubbelrijbaanstelsel/>]*

#### Implementatiedatum

Fase 1A is opgeleverd. De implementatie van fase 1B plus 2 staat gepland voor 1 november 2025.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 16

Als de jaarlijkse capaciteit van Schiphol significant kleiner wordt is er minder verkeer op de taxibanen. De effectiviteit van maatregel 16 zou daardoor kleiner kunnen zijn. De overige geluidsbeperkende maatregelen hebben geen invloed op de effectiviteit van maatregel 16.

### **Maatregel 17. Grondafhandeling tijdens slecht weer**

#### Beschrijving maatregel

De maatregel betreft de introductie van een procedure over hoe te handelen bij harde wind. Aanleiding was een incident waarbij tijdens een storm in januari 2018 dakplaten van de H-pier afwaaiden en schade aan cargo-gebouwen werd veroorzaakt. De procedure betreft een afhandelverbod boven windkracht 11, tot windkracht 11 zal Schiphol een advies geven<sup>89</sup>. De evaluatie van deze maatregel wordt opgestart in 2024.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is per 1 juli 2019 is ingevoerd.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 17

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

<sup>89</sup> TOPSAG Minutes of Meeting Joint Sector ISMS, Subject Taskforce Ground Handling. 2 juli 2019 en Presentatie Schiphol, Omgaan met wind. 24-05-2018. Simon Prent (Service Owner Aircraft).

## Maatregel 18. “Baan bezet” strip

### Beschrijving maatregel

Deze maatregel betreft het verplicht gebruik van een ‘baan bezet strip’ door luchtverkeersleiding wanneer een start- of landingsbaan bezet wordt door een vogelwacht (Kievit) of een ander voertuig van de Airport Operations Manager (AOM) die een baaninspectie uitvoert. De AOM/Kievit communiceert met de TWR-ASS2 op het baankanaal. Deze werkwijze wordt gebruikt zowel in de verkeerstoren op Schiphol-Centrum als in de verkeerstoren West bij de Polderbaan (18R/36L). In de evaluatie (afgerond op 15 april 2020) is vastgesteld dat de ‘baan bezet’ strip goed functioneert en bijdraagt aan het verminderen van runway incursions.

### Implementatiedatum

Deze maatregel is ingevoerd op 28 november 2017.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 18

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## Maatregel 19. Dubbele belijning naar de Bravo taxibaan Maatregel 20. Dubbele belijning naar de Alpha taxibaan

Maatregel 19 en Maatregel 20 zijn samen beschreven omdat het effectief dezelfde maatregel betreft.

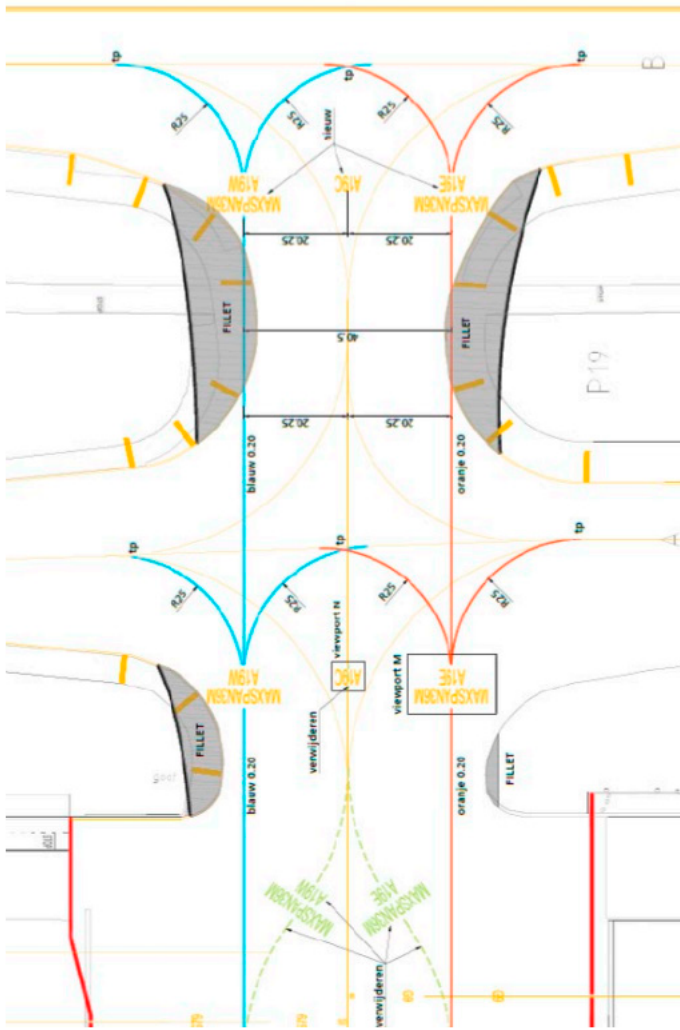
### Beschrijving maatregel

Wegens toegenomen verkeersdruk op en rond de taxibanen A en B van Schiphol kwamen opstoppingen voor de GH baai steeds vaker voor. Dit verhoogt de werkbelasting voor de grondverkeersleiding. Deze opstoppingen werden voornamelijk veroorzaakt door narrow-body vliegtuigen die wegens hun korte omdraaitijd met een hoge frequentie in- en uit de GH-baai taxieden. Al dit taxiënd verkeer maakte ook gebruik van een enkele inrijlijn waardoor er niet gelijktijdig zowel in als uit de GH-baai getaxied kon worden.

Om dit probleem op te lossen heeft Schiphol besloten om extra inrijlijnen aan te leggen vanaf de GH baai naar de A en B taxibanen. Deze maatregel is geïmplementeerd op 1 juni 2018. Als resultaat van deze maatregel zijn er uiteindelijk drie inrijlijnen voor de GH Baai (zoals weergegeven in Figuur D.5), namelijk:

- De oorspronkelijke gele inrijlijn;
- Één nieuwe blauwe inrijlijn links van de oorspronkelijke gele inrijlijn;
- Één nieuwe rood/oranje inrijlijn rechts van de oorspronkelijke gele inrijlijn.

Van deze inrijlijnen kunnen de blauwe en rood/oranje lijn gebruikt worden door narrow-body vliegtuigen om gelijktijdig zowel in als uit de GH baai te taxiën. De oorspronkelijke gele inrijlijn is beschikbaar voor wide-body vliegtuigen.



Figuur D.5: Schematische weergave van het resultaat van maatregel 19 en 20 [Bron: Schiphol (2018), Safety Assessment, Dubbele Inrijdlijn GH fase-II]

De evaluatie (afgerond op 12 juni 2020) heeft uitgewezen dat de dubbele belijning 90% van de tijd wordt gebruikt wanneer dat mogelijk en nuttig is. Dit heeft geleid tot een betere doorstroming op de taxibanen en bij G/H-pier. Hierdoor is de werklast van grondverkeersleiders afgenomen.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 1 juni 2018.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregelen 19 en 20

Als de jaarlijkse capaciteit van Schiphol significant kleiner wordt is er minder verkeer op de taxibanen. De effectiviteit van maatregel 19 en 20 zou daardoor kleiner kunnen zijn. De overige geluidsbeperkende maatregelen hebben geen invloed op de effectiviteit van maatregel 19 en 20.

## Maatregel 21. Drie grondverkeersleiders

### Beschrijving maatregel

Om de werkbelasting van de grondverkeersleiders te verlagen wordt nu al gedurende het grootste deel van de dag gewerkt met drie grondverkeersleiders in plaats van twee. Om dit te kunnen realiseren zijn volgende wijzigingen ingevoerd:

- realisatie van een nieuwe werkpositie voor Schiphol Delivery (DEL) in de 'buitenring' van de Toren;
- realisatie van een nieuwe Ground Control werkpositie op de 'binnenring' van de Toren (voormalige DEL werkpositie);
- realisatie van benodigde afspraken en procedures m.b.t. het gebruik van de nieuwe posities (bv. verantwoordelijkheidsgebied, training, periode(n) voor operationeel gebruik, inroosteren van mensen, coördinatie met APC en benodigde technische wijzigingen).

De maatregel betreft ook het verder uitbreiden van de inzet van de derde grondverkeersleider gedurende de gehele dag. De evaluatie van deze maatregel wordt opgestart in 2024.

### Implementatiedatum

De introductie van derde grondverkeersleider is in 2017-2018 geïntroduceerd. Het uitbreiden van de inzet van de derde grondverkeersleider voor de gehele dag is gereed gekomen op 1 april 2020.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 21

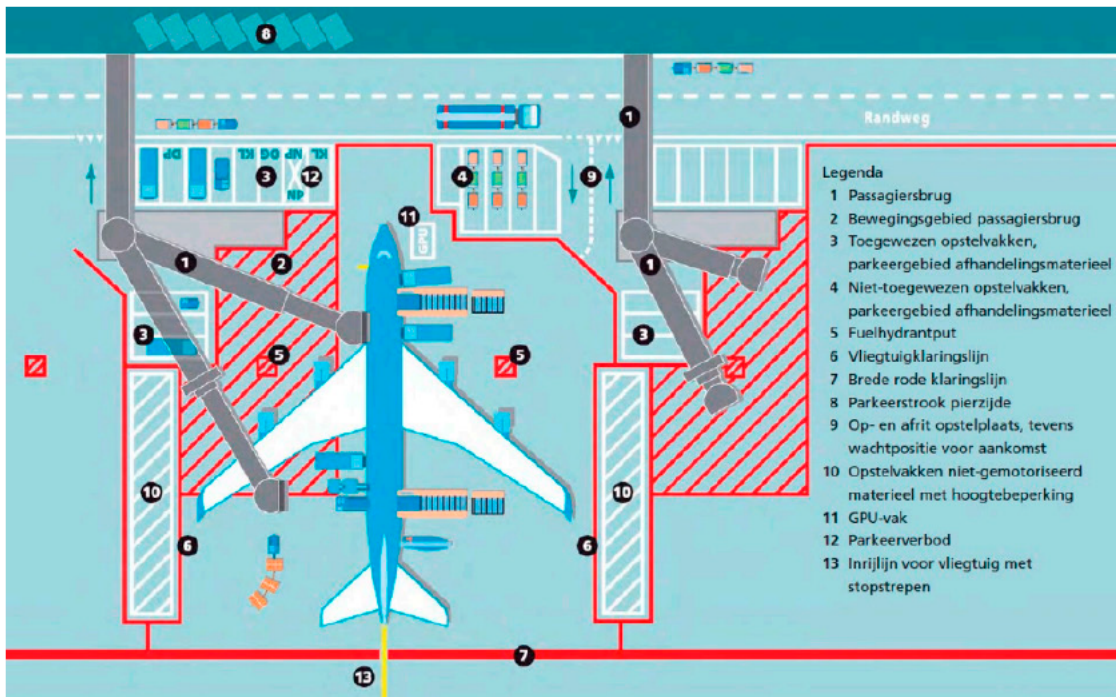
Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## Maatregel 22. Voertuigen en grondafhandelingsmaterieel delen

### Beschrijving maatregel

Deze maatregel richt zich op het delen van grondafhandelingsmaterieel (waaronder voertuigen) tussen afhandelaren. Op Schiphol werken meerdere afhandelaren. Elk van deze afhandelaren verzorgt het omdraaiproces van vliegtuigen. Onder dit omdraaiproces vallen verschillende werkzaamheden zoals:

- het veilig naar binnen begeleiden van het vliegtuig;
- het in- en uitladen van bagage, vracht en post;
- het bijtanken van het vliegtuig;
- het leegtanken van het afvalwater;
- het naar achter duwen van het vliegtuig.



Figuur D.6: Schematische weergave van een VOP [overgenomen uit: Schiphol zakboek Safety and Security]

Klanten van afhandelaren zijn luchtvaartmaatschappijen. Voor al de bovengenoemde werkzaamheden zijn verschillende vormen van materieel nodig, waaronder: auto's, trekkers, bagagekarren, bandladers, vliegtuigtrappen, etc. Momenteel heeft elke afhandelaar zijn eigen materieel. Als gevolg hiervan is er in totaal meer materieel op Schiphol dan nodig.

Doordat elke grondafhandelaar alleen gebruik maakt van zijn eigen materieel moet materieel vaak worden verplaatst van opstelplaats naar opstelplaats. Daarnaast wordt overbodig materieel vaak op opstelplaatsen geparkeerd. Dit kan ervoor zorgen dat er minder ruimte beschikbaar is op opstelplaatsen omdat afhandelaar A op een opstelplaats een vlucht moet afhandelen, waar afhandelaar B tijdelijk zijn materieel heeft geparkeerd. Door deze verminderde bewegingsruimte wordt de kans op botsingen groter.

Als gevolg van het delen van grondafhandelingsmaterieel kan overmatig materieel worden verwijderd. Dit komt de bewegingsruimte op opstelplaatsen ten goede. Daarnaast hoeft minder materieel te worden verplaatst van opstelplaats naar opstelplaats. Dit verlaagt het aantal voertuigbewegingen op de randwegen.

Het delen van materieel zal in fases worden ingevoerd. Op deze manier moet er een soepele overgang plaatsvinden naar deze nieuwe manier van werken. Na elke fase zal er een evaluatie plaatsvinden waarna er wordt bepaald hoe voort te gaan naar de volgende fase. De eerste fase behelst het delen van materialen als:

- wielblokken, pylonen en afzetlint;
- technische trappen (voor onderhoudswerkzaamheden);
- passagierstrappen;
- bandladers;
- vracht en container transportwagens.

Dit materieel wordt gezien als “stationair”, ofwel materieel dat op de opstelplaats geparkeerd kan blijven staan na elke afhandeling. Na implementatie is het de bedoeling dat dit materieel niet meer zal worden verplaatst tussen opstelplaatsen.

#### Implementatiedatum

Er is een pilot uitgevoerd met het delen van passagierstrappen, Powerstows en transportbanden op een aantal vliegtuigopstelplaatsen op de D-pier. Exacte implementatiedatum onbekend.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 22

Als de jaarlijkse capaciteit van Schiphol significant kleiner wordt is zijn er minder voertuigen nodig voor de afhandeling. De effectiviteit van maatregel 22 zou daardoor kleiner kunnen zijn. De overige geluidsbeperkende maatregelen hebben geen invloed op de effectiviteit van maatregel 22.

## **Maatregel 23. Herinrichting werkplekken in de verkeerstoren**

#### Beschrijving maatregel

Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) heeft de verkeerstoren verbouwd om zo meer en betere werkplekken en werkruimte te realiseren. Hierdoor werken luchtverkeersleiders op werkposities met het meest gunstige zicht op hun controlegebied. Dit vermindert de kans op veiligheidsincidenten in de lucht en op de grond. Door de herinrichting van de werkplekken in de verkeerstoren is het aantal werkposities toegenomen. Er is vanaf juli 2019 een buitenring van 11 posities en een verhoogde binnenring van vier posities.

Daarnaast zijn de torenconsoles herontworpen waardoor de werkposities in de verschillende torens op Schiphol (TWR-C, TWR-W en TWR-E) nagenoeg identiek zijn gemaakt. De verschillende systemen en schermen die in de loop der jaren zijn bijgeplaatst op de werkpositie zijn bijeengebracht in één consoleontwerp. Na realisatie beschikt elke functionaris over drie schermen naast elkaar waarop Terminal Area Surveillance Radar (TAR) data, Airport Surface Detection Equipment (ASDE) data, Electronic Data Display (EDD) data en camerabeelden getoond kunnen worden.

In de evaluatie (13 december 2023) is vastgesteld dat de herinrichting van de verkeerstoren goed is uitgevoerd.

#### Implementatiedatum

De herinrichting is per juli 2019 operationeel geworden.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 23

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 24. Sleepregie en grondverkeersleiding in dezelfde ruimte**

#### Beschrijving maatregel

De maatregel betreft het plaatsen van sleepregie en grondverkeersleiding in dezelfde ruimte. Hierdoor ontstaat er een verbeterde afstemming sleepregie en grondverkeersleiding.

### Implementatiedatum

De LVNL gaat de taak van sleepcontrol uitvoeren, wat nu door AAS wordt gedaan. De implementatie is gepland vóór 2027.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 24

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 25. Route tussen het Kilo platform en de Schiphol-Oostbaan**

### Beschrijving maatregel

De maatregel betreft het aanpassen van de in- en uitrijroutes naar het Kilo-platform op Schiphol-Oost. Voor deze maatregel werd de route GL gebruikt als in- en uitgang naar het Kilo-platform. Door deze maatregel verlaten vliegtuigen met een maximale spanwijdte van 44 meter (cat. 5) altijd het Kilo-platform via uitgang GD. Grotere vliegtuigen en ook gesleepte vliegtuigen komende uit de hangaar verlaten het Kilo-platform via GL.

Door invoering van een eenrichtingsverkeerssysteem is er een veiligere route voor het betreden en verlaten van het Kilo platform. In de evaluatie (afgerond op 15 april 2020) is vastgesteld dat deze maatregel bijdraagt aan het verminderen van runway incursions op de nabij gelegen runway 22.

### Implementatiedatum

1 juli 2018.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 25

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 26. Eenrichtingsverkeer op de Alpha en Bravo taxibanen**

### Beschrijving maatregel

Op de rijbanen A en B wordt zo veel mogelijk de standaard rijrichting aangehouden om mogelijke conflicten met APC van AAS te vermijden. In de Operations Manual van de LVNL staat de volgende afspraak:

TWR en APC hanteren de volgende rijrichtingen:

- op rijbaan A met de klok mee;
- op rijbaan B tegen de klok in;

De operationele functionaris mag tijdelijk een andere afspraak maken met de betrokken partij. Door verstoringen kan het nodig zijn dat een verkeersleider van de standaard rijrichting afwijkt om een vlotte verkeersafhandeling te realiseren. De facto wordt al langer volgens deze afspraak gewerkt, maar deze afspraak staat nu ook vermeld in het AIP.

Deze standaardroutes zorgen ervoor dat taxi- en sleepbewegingen beter voorspelbaar zijn. Daarmee wordt een verminderde kans op veiligheidsincidenten op de grond beoogd. In de evaluatie (afgerond 2 oktober 2020) is vastgesteld dat de standaardroutes in de regel worden gebruikt, tenzij de verkeerssituatie vraagt om een andere oplossing, bijvoorbeeld bij werkzaamheden. Uit onderzoek is gebleken dat de voorspelbaarheid met de invoering van de standaardroutes is toegenomen.

### Implementatiedatum

Deze maatregel is in juni 2018 ingevoerd.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 26

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 27. Last-minute baancombinatiewisselingen en complexiteit door baancombinatie wisselingen**

Maatregel 7 'trajectory prediction' is apart beschreven maar is feitelijk een submaatregel van 27.

### Beschrijving maatregel

De OVV heeft zijn bezorgdheid uitgesproken over de complexiteit van de fysieke infrastructuur, het regelgevingskader en de dagelijkse operationele afhandeling van luchtverkeer op Schiphol. De OVV identificeerde meerdere operationele aspecten die bijdragen aan de complexiteit, waaronder het grote aantal dagelijkse baancombinatiewisselingen op Schiphol.

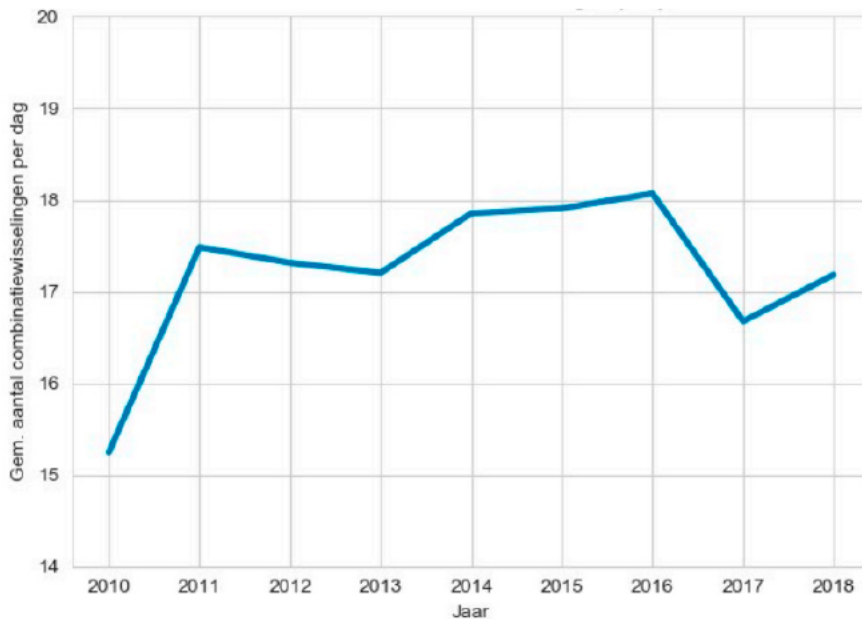
Gedurende een dag krijgt Schiphol te maken met verschillende wisselingen in baangebruik: *baancombinatie*-wisselingen. Een verandering van een baancombinatie leidt tot veranderingen in de verkeersstromen, zowel in de lucht als op de grond. Verandering van een baancombinatie leidt ook tot veranderingen in de routing van het grondverkeer, inclusief sleeproutes. De operationele impact van de veranderde verkeersstromen is voor de verkeersleiding aanzienlijk, vooral wanneer de druk op de operatie hoog is, bijvoorbeeld tijdens piekuren. Een baancombinatiewisseling heeft doorgaans enkel effect op piloten als deze leidt tot een baanwisseling van waarop zij landen of vertrekken<sup>90</sup>. De grootte van het effect hangt grotendeels af van de timing en communicatie van de baanwisseling, waarbij geldt dat een last-minute of late baanwisseling vanuit een veiligheidsoogpunt het minst gewenst is.

De belangrijkste redenen om de baancombinatie te wijzigen zijn veranderde meteorologische omstandigheden, voorschriften voor geluidbeperking voor de omgeving<sup>91</sup>, baanomstandigheden, beschikbaarheid van landingshulpmiddelen en capaciteitsvraag. Verreweg de meeste zijn het gevolg van een wisselwerking tussen de afspraken voor geluidbeperking voor de omgeving en het hub-and-spoke model dat op Schiphol gehanteerd wordt<sup>92</sup>. Het verminderen van het aantal baancombinatiewisselingen op Schiphol is door deze afspraken moeilijk.

<sup>90</sup> Een baanwissel voor piloten kan ook ingegeven worden vanuit andere redenen dan een baancombinatiewisseling.

<sup>91</sup> Vastgelegd in de afspraken uit het Nieuwe Norm- en Handhavingstelsel (NNHS).

<sup>92</sup> Een concept waarbij kleinere vliegtuigen (feeders) passagiers naar een hub (Schiphol) brengen waarna de passagiers vervolgens met grotere vliegtuigen naar hun eindbestemming worden gebracht, de zogenaamde transfer passagiers.



Figuur D.7: Gemiddeld aantal baancombinatiewisselingen per dag afgezet per jaar (Bron: LVNL)

Figuur D.7 geeft het verloop van het gemiddeld aan baancombinatiewisselingen per dag over de jaren aan. Na een daling in 2017 is het gemiddelde aantal baancombinatiewisselingen in 2018 weer gestegen tot boven de 17 per dag.

Omdat het aantal baancombinatiewisselingen per dag niet structureel gereduceerd kan worden, zijn er sub-maatregelen ontwikkeld die gericht zijn op het voorspelbaarder maken van het baangebruik en de verkeersstromen (grond en lucht). Dit moet leiden tot een lagere complexiteit door baancombinatiewisselingen omdat luchtverkeersleiders en vliegers beter kunnen anticiperen op een baan(combinatie)wissel en op minder late baanwisselingen. Tabel D.1 geeft een overzicht van de sub-maatregelen.

Tabel D.1: Overzicht van het pakket aan sub-maatregelen onder de noemer van maatregel 27 op de roadmap

Nummer	Voorgestelde sub-maatregel	Actuele status	Planning
<b>a</b>	Verdere ontwikkeling AMAN	AMAN 1.0 november 2018	AMAN 2.0 2020
<b>b</b>	Verdere ontwikkeling CDM	CDM luchthaven 2018	Outbound sequencer 2020
<b>c</b>	Implementation of APOC	N/A	December 2019
<b>d</b>	Geen herklaringen in de TMA voor naderend verkeer	Zomer 2017	N/A
<b>e</b>	Continue inzet van een tweede startbaan gedurende de dag operatie	Zomer 2017	N/A
<b>f</b>	Capaciteitsmanagement	N/A	2019-2024
<b>g</b>	Traffic Distribution Page	N/A	Q1 2020
<b>h</b>	Verhoogde capaciteit van de luchthaven infrastructuur	U-platform in 2018	A-pier december 2020

In het risk reduction action plan runway changes (ISMS, 2019) is een beschrijving gegeven van de submaatregelen. Hieronder is die beschrijving herhaald.

#### a. Arrival Manager

Arrival Manager (AMAN) systemen zijn ontwikkeld en geïmplementeerd in heel Europa. Het primaire doel is het bieden van geautomatiseerde sequencing support ten gunste van de naderingsverkeersleider. Het beoogt

planningsprocessen te verbeteren door inkomende verkeersstromen voorspelbaarder te maken. In november 2018 heeft LVNL het nieuwe systeem voor AMAN 1.0 geïmplementeerd. In 2020 zal LVNL een upgrade van het AMAN-systeem implementeren: AMAN 2.0. Deze vernieuwde AMAN zorgt voor een stabielere aankomstplanning, onder andere doordat gebruik wordt gemaakt van betere weersgegevens. Zie ook maatregel 7.

#### b. Collaborative Decision making

In 2015 werd 'Collaborative Decision Making' (CDM) operationeel op Schiphol. De basis is gedeelde informatie, afkomstig van alle operationele stakeholders, waarmee operationele beslissingen kunnen worden genomen. In 2018 werd Schiphol door de Eurocontrol NMOC (Network Manager Operations Centre) gekwalificeerd als een CDM-luchthaven. Dit betekent dat Schiphol heeft aangetoond te voldoen aan de planningsstabieleitnormen voor haar uitgaande vluchten. Schiphol krijgt hiermee, in navolging van 27 andere Europese luchthavens, nu ook de officiële status van 'CDM-airport'. Het gebruik en de verdere ontwikkeling van CDM heeft een grote potentiële impact op de planning van de baancombinaties en het voorkomen van late baanveranderingen voor uitgaande vliegtuigen. Een belangrijke volgende ontwikkeling van CDM is een nieuwe uitgaande sequencer. Deze sequencer zal de planning van uitgaande vluchten verbeteren, wat bijdraagt aan een stabiel gebruik van de baan (combinatie). Dit wordt gedaan door de nauwkeurigheid van de 'Target Off-Block Time'<sup>93</sup> (TOBT) te verbeteren door een beter gebruik van collectieve gegevens.

#### c. Implementation of Airport Operational Center

Een Airport Operational Center (APOC) ondersteunt de gezamenlijke besluitvorming. Momenteel wordt er vier keer per dag een sectorale briefing gehouden; met APOC zal er continu overleg zijn. Gate planning, turn-around processen en vertrekplanning worden verder geoptimaliseerd door betere analyse, meer accurate gegevens, betere harmonisatie van verschillende belangen (luchthavenbeheerder, luchtvaartmaatschappijen, luchtverkeersleiding, etc), integratie van planning (bijv. gate ijsvrij maken) capaciteitstoewijzing) en, mogelijk, vooraf afspraken over verstoringen. Deze maatregel heeft tot doel de coördinatie tussen operationele belanghebbenden te optimaliseren, wat resulteert in meer accurate planningsinformatie en een voorspelbaardere operatie voor alle operationele belanghebbenden. Het gezamenlijke APOC is operationeel sinds juni 2021.

#### d. Geen herklaringen in de TMA voor naderend verkeer

Om het aantal late baanwisselingen voor naderend verkeer te verminderen en de voorspelbaarheid voor piloten te vergroten is er de werkwijze dat er geen niet-essentiële baanwisselingen worden gegeven voor inkomende vluchten binnen de TMA. Het verminderen van het aantal baanveranderingen voor vluchten binnen de TMA komt de stabiliteit van de operatie vanuit het perspectief van luchthavenactiviteiten ten goede door te voorkomen dat vluchten onverwacht voor de geplande aankomsttijd aankomen. In de praktijk wordt door LVNL aan alle approach controllers gemeld dat een baanvrijgave in de TMA alleen kan worden verleend na toestemming van de approach supervisor. Deze maatregel werd voor het eerst geïntroduceerd in 2017 en is in 2018 aangenomen als een werkwijze.

#### e. Continue inzet van een tweede startbaan gedurende de dagoperatie

Deze mitigerende maatregel is gericht op het continueren van de vertrekkende verkeersstroom door een tweede startbaan open te houden in overeenstemming met de vraag. Dit bevordert de continuïteit van de operatie in het licht van de beperkte infrastructuur. De grondverkeersleider hoeft gedurende dag minder (outbound)verkeersstromen om te leggen en ervaart daardoor minder werkdruk. In het geval van een landingspiek maakt de operatie gebruik van vier actieve startbanen, twee voor startend verkeer en twee voor landend verkeer (2+2). Deze maatregel wordt sinds 2017 in het zomerseizoen ingezet. De inzet van de vierde baan wordt beperkt door de vierde baan regel uit het Nieuwe Normen en Handhavingstelsel<sup>94</sup>.

<sup>93</sup> De tijd dat een luchtvaartmaatschappij dan wel vliegtuigafhandelaar denkt dat een vlucht klaar is voor pushback.

<sup>94</sup> Deze regel schrijft de normen voor het gebruik van een vierde baan voor. Tijdens een bepaalde, aaneengesloten periode kunnen vier banen tegelijkertijd worden gebruikt (twee voor aankomst en twee voor vertrek). Deze overlapping is bedoeld om een soepele overgang tussen inkomende en uitgaande piekperiodes mogelijk te maken. De werkelijke normen zijn 40 bewegingen per dag als jaargemiddelde en met een maximum van 80 bewegingen per dag op de vierde startbaan.

#### f. Capaciteitsmanagement

Capaciteitsbeheer omvat verschillende maatregelen om het evenwicht tussen vraag en beschikbare capaciteit van de luchthaven te bewaren. Maatregelen voor capaciteitsbeheer variëren van strategische maatregelen (tot een jaar vóór de dag van de operatie) tot tactische maatregelen (op de dag van de operatie).

#### g. Traffic Distribution Page

Nauwkeurige voorspelling van de hoeveelheid inkomend verkeer is de basis voor een nauwkeurige inbound planning en daarmee een stabiel gebruik van de baan (combinatie). Als de werkelijke vraag te veel afwijkt van de geplande vraag, kan dit leiden tot een wijziging van de baancombinatie. De Traffic Distribution Page (TDP) biedt inzicht in de verkeersvraag in de komende twee uur. De informatie is voldoende nauwkeurig binnen het tijdsbestek waarin de planning van de baancombinatie plaatsvindt. Door de TDP te gebruiken, is het eenvoudiger om te bepalen wanneer de vraag de capaciteit van de enkele baan overschrijdt, waarna de APP-supervisor de inzet van een tweede landingsbaan kan plannen. De TDP is in 2016 geïntroduceerd bij LVNL, de informatie en het gebruik verminderen de complexiteit van het besluitvormingsproces met betrekking tot wijzigingen in de baancombinatie.

#### h. Verhoogde capaciteit van de luchthaven infrastructuur

Verschillende (infrastructuur) capaciteit verhogende projecten worden momenteel gerealiseerd of zijn gepland in de nabije toekomst. Deze projecten staan ook zelfstandig op de roadmap, waaronder: uitbreiding van Uniform platform (maatregel 1 en maatregel 34), een nieuwe terminal (niet zelfstandig op de roadmap), een extra pier (maatregel 15) en de verdubbeling van taxibaan Quebec (maatregel 16). Deze sub-maatregel wordt daarom in deze studie niet als aparte maatregel gezien en wordt in de verdere analyse niet meegenomen.

#### Implementatiedatum

Einddatum van de implementatiefase is 31 december 2026.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 27

Deze Roadmap maatregel betreft een pakket van maatregelen:

a. Arrival Manager: Dit is tevens Roadmap maatregel 7, er zijn geen interacties met de geluidsbeperkende maatregelen te verwachten.

b. Collaborative Decision making: De basis van CDM is gedeelde informatie, afkomstig van alle operationele stakeholders, waarmee operationele beslissingen kunnen worden genomen. Dit systeem werd in 2015 operationeel op Schiphol, en een uitgaande sequencer werd in 2020 operationeel. Er zijn geen interacties met de geluidsbeperkende maatregelen te verwachten.

c. Implementation of Airport Operational Center: Het APOC, ter ondersteuning van de gezamenlijke besluitvorming, is operationeel sinds juni 2021. Er zijn geen interacties met de geluidsbeperkende maatregelen te verwachten.

d. Geen herklaringen in de TMA voor naderend verkeer: Deze werkwijze dat er geen niet-essentiële baanwisselingen worden gegeven voor inkomende vluchten binnen de TMA werd voor het eerst geïntroduceerd in 2017 en is in 2018 aangenomen als een werkwijze. Er zijn geen interacties met de geluidsbeperkende maatregelen te verwachten.

e. Continue inzet van een tweede startbaan gedurende de dagoperatie: Een reductie van de jaarlijkse capaciteit van Schiphol zou er voor kunnen zorgen dat deze Roadmap maatregel (deels) wordt teruggedraaid.

f. **Capaciteitsmanagement:** Capaciteitsbeheer omvat verschillende maatregelen om het evenwicht tussen vraag en beschikbare capaciteit van de luchthaven te bewaren. Maatregelen voor capaciteitsbeheer variëren van strategische maatregelen (tot een jaar vóór de dag van de operatie) tot tactische maatregelen (op de dag van de operatie). De planning van deze maatregel is 2019-2024, maar de huidige status is niet helemaal duidelijk. Er zijn geen interacties met de geluidsbeperkende maatregelen te verwachten.

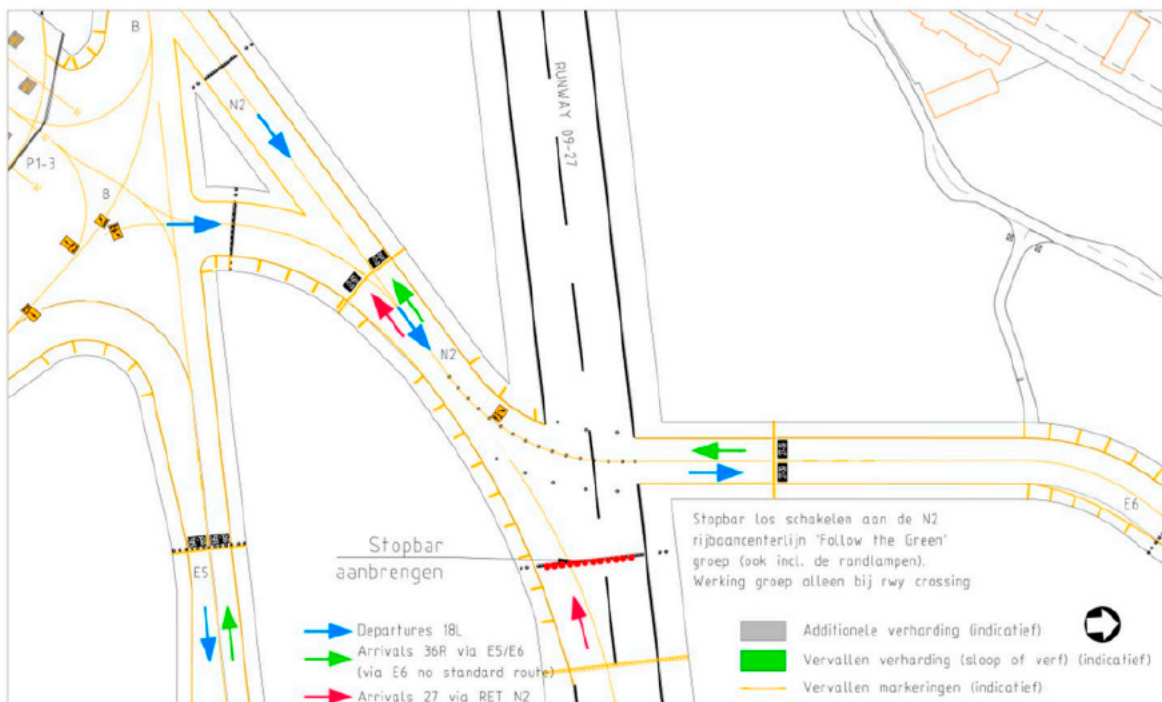
g. **Traffic Distribution Page:** De TDP biedt inzicht in de verkeersvraag in de komende twee uur, waardoor het eenvoudiger is om te bepalen wanneer de vraag de capaciteit van de enkele baan overschrijdt, waarna de APP-supervisor de inzet van een tweede landingsbaan kan plannen. Er zijn geen interacties met de geluidsbeperkende maatregelen te verwachten.

h. **Verhoogde capaciteit van de luchthaven infrastructuur:** Verschillende (infrastructuur) capaciteit verhogende projecten worden momenteel gerealiseerd of zijn gepland in de nabije toekomst. Deze projecten staan ook zelfstandig op de roadmap, en wordt daarom in deze studie in de verdere analyse niet meegenomen.

## Maatregel 28. Intersectie N2/E6 richting de Aalsmeerbaan

### Beschrijving maatregel

Vliegtuigen die de route naar het begin van de Aalsmeerbaan (18L) volgen, passeren de intersectie N2/E6. Op dat punt moet het taxiënde verkeer de Buitenveldertbaan (09) oversteken. De maatregel betreft het aanleggen van een verlichte stopbar op runway 09-27 ter hoogte van de intersectie N2/E6 over baan 18L-36R (Figuur D.8). De stopbar moet voorkomen dat vliegtuigen, taxiënd van de baanintersectie N2 (voor 09-27) naar de baanintersectie E6 (voor 18L-36R), verkeerd taxiën over baan 09-27.



Figuur D.8: Overzicht locatie aan te leggen stopbar. Bron: NACO / Royal Haskoning, 2018. Studie naar verbeterpunten voor hotspot N2/E6

Implementatiedatum

De stopbar is op 31 december 2022 gerealiseerd. De evaluatie van deze maatregel is opgestart.

Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 28

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

**Maatregel 29. De Kaagbaan oversteken**Beschrijving maatregel

Indien vliegtuigen van en naar het Sierra platform taxiën, steken zij de Kaagbaan (06/24) over. Om de risico's op mogelijke runway incursions zo laag mogelijk te houden, heeft het ISMS onderzocht hoe deze oversteek veiliger kan. Daarbij is onder meer gekeken naar alternatieve taxiroutes van en naar het Sierra platform. Op basis van het onderzoek is besloten dat vliegtuigen gebruik gaan maken van een nieuw aan te leggen kruising ter hoogte van Sierra 1. Doordat niet langer overgestoken wordt op een 'high energy point', dat wil zeggen een punt op de baan waar startende dan wel landende vluchten een hoge snelheid hebben, neemt het risico van baankruisingen af.

Implementatiedatum

31 december 2024.

Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 29

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

**Maatregel 30. Risico's van begeleid slepen verminderen**Beschrijving maatregel

De aanleiding was een veiligheidsincident in 2018 tussen een gesleept vliegtuig en een marshaller in het veld. Enkele maatregelen zijn genomen zoals aanscherping van de procedure om de risico's van begeleid slepen verder te verlagen. Daarnaast is de noodzaak om sleepbewegingen te begeleiden verminderd. De sleepbevoegdheidstraining is in 2021 herzien en de pushbackchauffeurs hebben de training gevolgd en zijn hierin gekwalificeerd. Ook is de werkinstructie verduidelijkt. Hierdoor neemt het risico op veiligheidsincidenten met begeleide sleepbewegingen af.

NB: Een botsing tussen een sleepcombinatie en een begeleidingsvoertuig heeft geen betrekking heeft op de in dit onderzoek gedefinieerde scope van vliegveiligheid.

Implementatiedatum

31 december 2022.

Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 30

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## Maatregel 31. Risico op onjuist opgelijnde starts verminderen

### Beschrijving maatregel

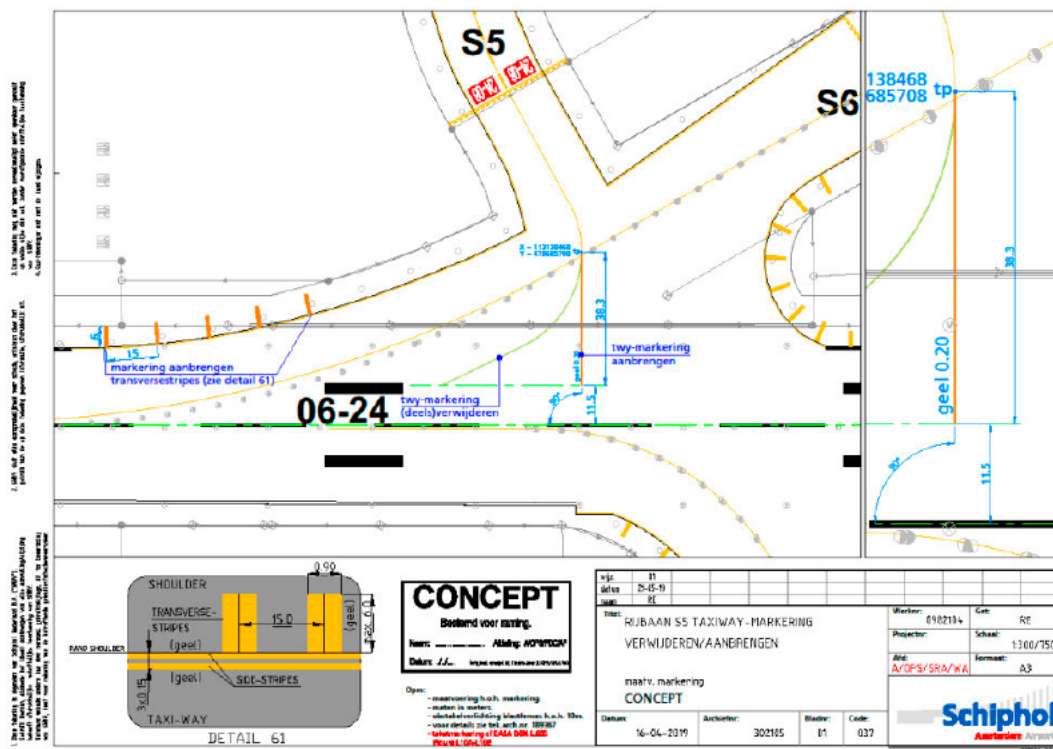
In januari 2016 startte een Embraer 120 vanaf de rand van de Kaagbaan (06/24). De piloten interpreteerden de baanrandlampen aan de rechterkant van de baan als de lampen op de middenlijn van de startbaan. Tijdens de start raakte het neuslandingsgestel meerdere baanrandlampen. De lampen kwamen hierdoor los en raakten het vliegtuig, waardoor schade aan het toestel werd veroorzaakt.

De OVV constateert in haar onderzoeksrapport<sup>95</sup> dat het ontbreken van centre line verlichting op taxibaan S5 niet conform de specificaties van CS ADR-DSN.M.710 is. Het ontbreken van een continue centre line marking op taxibaan S5 tot aan de centre line van Runway 06/24 is niet conform de specificaties van CS-ADR-DSN.L.555.

Als gevolg van dit incident zijn de volgende maatregelen genomen:

- De middenlijn van de taxibaan, die eerst tot de rand van de startbaan liep, is doorgetrokken tot de middenlijn van de startbaan;
- Line-up marking van taxibaan S5 naar de middenlijn van de startbaan wordt aangebracht;
- Transverse stripes worden aangebracht in het gekromde gedeelte van taxibaan S6 en de startbaan.

Figuur D.9 geeft een schematisch overzicht van de wijzigingen.



Figuur D.9: Wijzigingen aangebracht op baan 06-24 – Bron: Decision Sheet Misaligned Take-Off, TOPSAG meeting 20.06.2019

<sup>95</sup> OVV Rapport. Misaligned take-off from Runway 24, Amsterdam Airport Schiphol. Den Haag, November 2018.

Deze maatregelen zijn in 2023 geëvalueerd (rapport afgerond op 31 december 2023) en daarin is geconcludeerd dat de onderliggende acties goed waren geïmplementeerd en effectief waren. Er hebben sindsdien geen vergelijkbare incidenten meer plaatsgevonden.

#### Implementatiedatum

De eerste maatregel is uitgevoerd in 2017, de laatste twee maatregelen zijn uitgevoerd op 30 september 2019.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 31

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 32. Zuidelijke starts vanaf de Zwanenburgbaan**

#### Beschrijving maatregel

De ISMS-partners hebben gezamenlijk onderzoek gedaan naar een runway incursion waarbij een vliegtuig dat op de Zwanenburgbaan (18C/36C) stond toestemming kreeg om te starten, terwijl een ander toestel toestemming kreeg om de baan op te rijden om te starten in zuidelijke richting. Uit het onderzoek kwamen verschillende (sub) maatregelen naar voren om het risico te verlagen:

1. Zichtlijnen vanaf de runway controller positie verbeteren.
2. Aflossingsrichtlijnen van ATCO's reviewen.
3. Effectiviteit van RIASS voor vertrekkende vliegtuigen verbeteren.
4. Concept van de operatie.
5. Het delen van het incident om meer bewustwording te creëren.

#### *1. Zichtlijnen vanaf de runway controller positie verbeteren.*

Ten tijde van het incident was de toren geconfigureerd volgens de oude indeling (zie maatregel.23 'Herinrichting werkplekken in de verkeerstoren'). Deze indeling had als nadeel dat het zicht naar de Zwanenburgbaan (18C/36C) en de daarbij horende intersecties slecht was. Dit maakte het voor een verkeersleider moeilijk om visueel contact te leggen met luchtvaartuigen die vanaf de baan wilden gaan starten. In de nieuwe toren zitten de runway controllers verhoogd in het midden van de toren. Hierdoor hebben de controllers een 360 graden onbelemmerd zicht naar buiten. Echter, afhankelijk van waar de controller zit en welke baancombinaties er in gebruik zijn, kan het voorkomen dat de runway controller nog steeds geen onbelemmerd zicht heeft naar de baan. Deze maatregel stelt voor om te analyseren op welke runway controller plek de verkeersleider het beste kan zitten bij specifieke baancombinaties, om zo het meeste zicht te hebben.

#### *2. Aflossingsrichtlijnen van ATCO's reviewen*

Momenteel zijn er geen regels of richtlijnen die voorschrijven/adviseren om een verkeersleider te ontheffen van zijn dienst na betrokkenheid bij een ongewenste gebeurtenis. Het ontheffen van een verkeersleider wordt momenteel alleen gedaan na consultatie met de Supervisor en de betrokken verkeersleider. Om zeker te stellen of deze werkwijze geschikt is, dient de huidige manier waarop een verkeersleider ontheft wordt, na een ongewenste gebeurtenis, geëvalueerd te worden.

#### *3. Effectiviteit van RIASS voor vertrekkende vliegtuigen verbeteren.*

Ten tijde van het incident werd er een RIASS alarm gegenereerd. RIASS is ontworpen om controllers er op attent te maken dat er een (mogelijke) runway incursion plaats vindt. Echter, controllers ervaren de RIASS waarschuwingen voornamelijk ten tijde van landingsoperaties. Het RIASS alarm heeft de controller om die reden ook dusdanig verrast ten tijde van dit incident (dat plaatsvond in de startoperatie), wat er voor zorgde dat de reactietijd van de controller werd vergroot tot een niveau dat RIASS niet meer effectief was. Deze maatregel behelst het analyseren van RIASS effectiviteit en het meer tijd maken van RIASS waarschuwingen tijdens startoperaties.

#### 4. Concept van de operatie

Het afhandelen van verkeer op baan 18C geeft enige afwijkingen van de standaard werkwijzen, namelijk: baan 18C wordt niet vaak voor starts gebruikt, nummering van intersecties van 18C wijken af van nummering op andere vaker gebruikte banen en SID benamingen wijken af van die van andere vaker gebruikte banen. Vanuit deze maatregel wordt onderzoek gedaan naar het reduceren van de impact van deze afwijkingen.

#### 5. Het delen van het incident om meer bewustwording te creëren

Het maken, delen en promoten van een korte film over het incident van deze gebeurtenis. Na TOPSAG overleg is besloten om deze film niet alleen te laten gaan over dit incident, maar over veiligheidspromotie in een bredere zin.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 31 oktober 2020.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 32

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 33. Pushback risico's verminderen**

#### Beschrijving maatregel

Op 15 februari en op 9 juli 2019 zijn twee vliegtuigen met elkaar in aanraking gekomen tijdens een pushback-manoeuvre. De ISMS-partners hebben gezamenlijk onderzoek gedaan naar deze ongevallen. Er is een taskforce samengesteld die mogelijke maatregelen om dit soort ongevallen te voorkomen verder heeft uitgewerkt. De taskforce heeft vier maatregelen ingevoerd om pushbackongevallen in de toekomst te voorkomen. Dit zijn aanpassing van de procedure van de lange pushback, verantwoordelijkheden van grondverkeersleiders en pushbackchauffeurs en een vast eindpunt bij pushbacks op taxibaan Alpha en voor niet standaard pushbacks. Deze maatregel is in mei 2024 geëvalueerd en daarin is geconcludeerd dat de onderliggende acties goed waren geïmplementeerd en effectief zijn.

#### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 31 juli 2021.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 33

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 34. Uitbreiding van het Uniform platform van 9 naar 12 parkeerplekken**

#### Beschrijving maatregel

Naar aanleiding van maatregel 1 heeft Schiphol en haar partners het Uniform platform uitgebreid van 5 naar 9 parkeerplekken. Met maatregel 34 zijn daar nu nog 3 parkeerplekken bijgekomen voor wide-body vliegtuigen. Dit vermindert knelpunten in de toewijzing van parkeerplekken en ontlast de gateplanning, waardoor de kans op veiligheidsincidenten op de grond vermindert. Bovendien kunnen vliegtuigen op de in totaal 12 parkeerplekken ook in onderhoud. Dat betekent dat ze minder vaak de Aalsmeerbaan (18L/36R) oversteken. Hierdoor zou de kans op runway incursions moeten afnemen.

### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 31 maart 2020.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 34

Als de jaarlijkse capaciteit van Schiphol significant kleiner wordt is er minder behoefte aan parkeerplekken. De effectiviteit van maatregel 34 zou daardoor kleiner kunnen zijn. De overige geluidsbeperkende maatregelen hebben geen invloed op de effectiviteit van maatregel 34.

## **Maatregel 35. Safety net voor starts en landingen op een niet in gebruik zijnde baan**

### Beschrijving maatregel

Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) heeft een extra veiligheidsvangnet gecreëerd zodat een luchtverkeersleider een digitale waarschuwing krijgt als hij of zij een baan wil inzetten die buiten gebruik is. Als de luchtverkeersleider dan alsnog toestemming geeft om op te lijnen of te landen op die baan, dan volgt er een extra waarschuwing. Hiermee wordt beoogd te voorkomen dat vliegtuigen opstijgen of landen op een baan die buiten gebruik is. Deze maatregel is in 2023 geëvalueerd (afgerond 31 december 2023) en daarin werd geconcludeerd dat het goed was geïmplementeerd en effectief was.

### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 1 maart 2020.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 35

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 37. Poging tot opstijgen vanaf taxibaan**

### Beschrijving maatregel

Op 6 september 2019 is een vliegtuig bijna gestart vanaf een taxibaan in plaats van de Zwanenburgbaan. Dit incident hebben de ISMS-partners gezamenlijk onderzocht. Enkele maatregelen om herhaling te voorkomen zijn meteen ingevoerd. Zo is de standaard taxiroute in het donker aangepast en is de locatie gemarkeerd als hotspot, waarmee piloten en luchtverkeersleiders worden gevraagd extra alert te zijn. Daarnaast is ook de markering richting de startbaan verduidelijkt en is nieuwe baanverlichting bij toeritten naar een startbaan, zogenoemde Runway Guard Lights, geïmplementeerd. Tenslotte is dit nog extra onder de aandacht gebracht bij piloten en grondverkeersleiders door een gerichte campagne.

In 2023 werd deze maatregel geëvalueerd (rapport afgerond 31 december 2023), waaruit bleek dat alle onderliggende acties correct waren geïmplementeerd en effectief waren. Er hebben sindsdien geen vergelijkbare incidenten meer plaatsgevonden.

### Implementatiedatum

Deze maatregel is geïmplementeerd op 30 juni 2022.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 37

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 39. Risicovermindering bij docking van een vliegtuig**

#### Beschrijving maatregel

De ISMS-partners hebben gezamenlijk onderzoek gedaan naar een sleepincident waarbij een vliegtuig dat voortgetrokken werd door een sleepvoertuig bij het parkeren tegen een passagiersbrug is aangekomen. Naar aanleiding van dit onderzoek wordt een verbetering doorgevoerd zodat bij het parkeren van een gesleept vliegtuig makkelijker te zien is waar precies gestopt moet worden.

#### Implementatiedatum

De maatregel is geïmplementeerd. Per mei 2023 zijn de correcte stop posities gepubliceerd in de Airport Community App. In de toekomst gaat deze maatregel nog geëvalueerd worden.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 39

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 40. License to operate**

#### Beschrijving maatregel

Schiphol heeft haar partners geconsulteerd om te komen tot een gezamenlijke License to Operate (LTO) voor generieke grondafhandelaren op de luchthaven. In de LTO staan de minimale standaarden ten aanzien van veiligheid, kwaliteit en operatie gedefinieerd. De inhoud is tot stand gekomen in co-creatie met de grondafhandelaren en beoogt bij te dragen aan de gezamenlijk opgestelde doelen: een veilige en gezonde werkplek voor alle medewerkers, betrouwbare en excellente prestaties en een duurzame operatie. Het resultaat is een gezamenlijk bepaald minimum kwaliteitsniveau, die voor alle grondafhandelaren gelijk is. Vanaf 1 januari 2023 is de LTO in werking getreden. De LTO heeft een update gekregen voor 2024. De eisen zijn verduidelijkt en er is voor gezorgd dat alle eisen meetbaar zijn.

#### Implementatiedatum

De maatregel is geïmplementeerd op 1 januari 2023.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 40

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 41. Verbeteren van de voetgangersveiligheid**

#### Beschrijving maatregel

De ISMS-partners hebben gezamenlijk onderzoek gedaan naar een incident waarbij een werknemer bij het oversteken zeer ernstig gewond is geraakt bij een aanrijding met een Ambulift (zogenoeten 'Bulmor') voertuig. Op basis van de eerste onderzoeksresultaten is gestart met een bewustwordingscampagne voor het verbeteren van de voetgangersveiligheid aan Airside. Daarnaast onderzoekt een tijdelijke Taskforce verdergaande veiligheidsverbeteringen voor voetgangersveiligheid aan airside. Bovendien worden routes door de lounges en pieren mogelijk gemaakt voor medewerkers aan Airside en worden oversteekplaatsen en looproutes verbeterd.

#### Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd. De onderzoeksfase wordt eind 2024 afgerond.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 41

Deze maatregel betreft veiligheidsverbeteringen voor voetgangersveiligheid aan airside. Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 42. Pushback support tool**

#### Beschrijving maatregel

Het pushback-proces vraagt om nauwe samenwerking tussen verschillende organisaties en operators, die elk hun eigen procedures volgen. Om pushback-chauffeurs te helpen de juiste pushback-procedure te volgen volgens de instructies van de Grondverkeersleiding, onderzoeken Schiphol en haar partners de ontwikkeling van een nieuw hulpmiddel genaamd de Pushback Support Tool. Dit hulpmiddel zal worden geïmplementeerd op een apparaat zoals een tablet, die in de cabine van de pushback-truck wordt geplaatst.

Het belangrijkste doel van de Pushback Support Tool is om pushback-chauffeurs te ondersteunen bij het veilig en nauwkeurig uitvoeren van hun taken. Dit wordt gezien als een veelbelovende manier om de risico's tijdens het pushback-proces te verminderen.

#### Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd. De onderzoeksfase wordt eind 2024 afgerond.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 42

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 43. Meetnetwerk uitstoot ultrafijndeeltjes op Schiphol**

#### Beschrijving maatregel

Steeds meer maatregelen worden genomen om werknemers op airside te beschermen tegen uitlaatgassen. Het netwerk om de uitstoot van ultrafijn deeltjes te meten wordt geleidelijk uitgebreid.

#### Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 43

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 44. Verminderen van gebruik van vliegtuig APUs**

#### Beschrijving maatregel

Steeds meer maatregelen worden genomen om werknemers op airside te beschermen tegen uitlaatgassen van motoren. Het gebruik van vliegtuig APUs op opstelplaatsen en platformen wordt verminderd.

#### Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd.

Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 44

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 45. Verminder het gebruik van straalmotoren door vliegtuigen van en naar opstelplaatsen, op platformen en rijbanen**

Beschrijving maatregel

Steeds meer maatregelen worden genomen om werknemers op airside te beschermen tegen uitlaatgassen van motoren. Aankomende vliegtuigen moeten na de landing zoveel mogelijk motoren uitschakelen tijdens het taxiën naar de opstelplaats. Vertrekkende vliegtuigen moeten zo weinig mogelijk motoren gebruiken gedurende het taxiën naar de startbaan. Het verminderd gebruik van vliegtuigmotoren tijdens het taxiën dient alleen te worden uitgevoerd als het in overeenstemming is met de standaard uitvoeringsprocedures van de luchtvaartmaatschappij en de bemanning het veilig acht. Aankomstteams zullen de opstelplaatsen gereedmaken, zodat aankomende vliegtuigen zonder oponthoud naar hun parkeerplaats kunnen taxiën.

Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd.

Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 45

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 46. Houdt straalstroom van vliegtuigen op zo groot mogelijke afstand van medewerkers, en niet op medewerkers gericht**

Beschrijving maatregel

Steeds meer maatregelen worden genomen om werknemers op airside te beschermen tegen uitlaatgassen van motoren. Vertrekkende vliegtuigen zullen zo ver weg als mogelijk van opstelplaatsen, platformen en de stationsgebouwen worden geduwd en/of gesleept voordat de motoren worden gestart. Aankomst teams zullen de opstelplaatsen gereedmaken, zodat aankomende vliegtuigen zonder oponthoud naar hun parkeerplaats kunnen taxiën.

Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd.

Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 46

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## **Maatregel 47. 24-uurs stop bars**

Beschrijving maatregel

Een stop bar is een rij rode lampen in het asfalt van een start- of landingsbaan of op een taxibaan bij speciale punten waar vliegtuigen en/of voertuigen moeten stoppen. Het laat piloten en voertuigchauffeurs zien waar ze moeten wachten voordat ze een start- en landingsbaan oversteken of oprijden. Zolang de stop bar aan staat, mogen vliegtuigen en voertuigen niet verder rijden. Indien nodig kan de luchtverkeersleiding de stop bar uitschakelen als het veilig is om door te gaan.

In het concept '24-uurs stop bars' worden deze de hele dag en in alle weerscondities gebruikt om de start- en landingsbanen te beschermen. Uit een eerste analyse door Schiphol en haar partners blijkt dat deze maatregel potentieel zeer effectief kan zijn om het risico op ongelukken op start- en landingsbanen te verminderen. Daarom wordt verder onderzoek gedaan naar de haalbaarheid van deze maatregel.

#### Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd. De onderzoeksfase wordt 31 augustus 2024 afgerond.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 47

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 48. Baandrempel Identificatie Lichten**

#### Beschrijving maatregel

Baandrempel identificatie lichten zijn speciale lichten die aan het begin van een landingsbaan (de baandrempel) zijn geplaatst om piloten te helpen de start van de landingsbaan duidelijk te zien tijdens de eindnadering, vooral 's nachts of bij slecht weer. Deze lichten kunnen de zichtbaarheid van de landingsbaan en veiligheid tijdens het naderen en landen verbeteren. Schiphol en haar partners doen momenteel onderzoek naar de haalbaarheid en de voordelen van deze maatregel voor de operatie op Schiphol.

#### Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd. De onderzoeksfase wordt 31 augustus 2024 afgerond.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 48

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

### **Maatregel 49. Eén baan, één frequentie, één taal**

#### Beschrijving maatregel

Het concept "One runway, one frequency, one language" betekent dat er één radiofrequentie en één taal (Engels) worden gebruikt voor alle activiteiten rond een start- en landingsbaan. Dit kan de bewustwording vergroten voor iedereen die betrokken is bij operaties op en rond de banen. Het kan de kans op incidenten door misverstanden tussen luchtverkeersleiding, piloten en chauffeurs verkleinen. Weten wat er gebeurt op en rond de baan kan het systeem veiliger maken.

Schiphol en haar partners onderzoeken de voor- en nadelen van het invoeren van dit concept op Schiphol. Een beslissing hierover wordt genomen op basis van de resultaten van dit onderzoek.

#### Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd. De onderzoeksfase wordt 31 januari 2025 afgerond.

#### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 49

Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## Maatregel 50. Weergeven van “STOP” op niet actieve docking systemen

### Beschrijving maatregel

Schiphol en haar partners onderzoeken of ze het woord “STOP” kunnen tonen op niet-actieve docking systemen. Dit geeft piloten een duidelijk signaal wat ze moeten doen als ze aankomen bij een gate waar docken (nog) niet mogelijk is. Dit zal helpen om te voorkomen dat piloten zelf proberen te docken, wat gevaarlijk kan zijn. Hierdoor kan het risico in het dockingproces verminderd worden.

### Implementatiedatum

De maatregel is nog niet geïmplementeerd. De onderzoeksfase wordt 31 december 2024 afgerond.

### Invloed van geluidsmaatregelen op de effectiviteit van maatregel 50

Deze maatregel betreft veiligheidsverbeteringen bij de grondafhandeling. Geen van de voorgestelde geluidsmaatregelen heeft invloed op de effectiviteit van deze maatregel.

## Appendix D.2 Samenvatting van de mogelijke effecten van de geluidsbeperkende maatregelen op de effectiviteit van de roadmap maatregelen

In onderstaande tabel D.2 zijn de mogelijke effecten van de geluidsbeperkende maatregelen op de effectiviteit van de roadmap maatregel samengevat. Een ‘+’ geeft een verhoging van de effectiviteit weer, een ‘-’ geeft een verlaging weer. Een blanco cel geeft aan dat er geen interactie is te verwachten. Het overgrote deel van de roadmap maatregelen wordt niet beïnvloed door de geluidsbeperkende maatregelen. Een aantal roadmap maatregelen die zijn gericht op mitigatie van mogelijke risico’s van capaciteitsuitbreiding zijn logischerwijs minder effectief als de capaciteit wordt beperkt. Dit heeft geen effect op de ongevalskans per vlucht. De maatregel navigatietechnologie wordt theoretisch effectiever door de geluidsmaatregelen, maar een mogelijk effect op de ongevalskans per beweging zal in de praktijk verwaarloosbaar klein zijn.

Tabel D.2: Invloed van geluidsbeperkende maatregelen op de effectiviteit van de ISMS Roadmap maatregelen

ISMS Roadmap maatregel	Stillere vliegtuigen in nachtperiode	Tariefdifferentiatie	Additionele vlootvernieuwing	Weren lawaaige toestellen in nachtperiode	Reductie capaciteit in nachtperiode	Reductie totale capaciteit
1. Uitbreiding van het Uniform platform van 5 naar 9 parkeerplekken						
2. Coördinatie torenluchtverkeersleider en torenassistent						
3. Verbeteren van de benaming van de taxibanen						
4. Afwijkingen door grondpersoneel						
5. Convergent starten en landen						
6. Vaste aansluiting op het brandstofsysteem						
7. Trajectory prediction						

ISMS Roadmap maatregel	Stillere vliegtuigen in nachtperiode	Tariefdifferentiatie	Additionele vlootvernieuwing	Weren lawaaige toestellen in nachtperiode	Reductie capaciteit in nachtperiode	Reductie totale capaciteit
8. Navigatietechnologie		+		+		
9. Verbeterde toegang tot de Schiphol TMA						
10. Ophoging van de bovengrens van de TMA						
11. Online pushback procedure raadplegen						
12. Follow the Greens						
13. Digitale strippen						
15. Bouw van een nieuwe pier						-
16. Voltooiing dubbel rijbaanstelsel						-
17. Grondafhandeling tijdens slecht weer						
18. "Baan bezet" strip						
19. Dubbele belijning naar de Bravo taxibaan						-
20. Dubbele belijning naar de Alfa taxibaan						-
21. Drie grondverkeersleiders						
22. Voertuigen en grondafhandelingsmaterieel delen						-
23. Herinrichting werkplekken in de verkeerstoren						
24. Sleepcontrol en grondverkeersleiding in dezelfde ruimte						
25. Route tussen het Kilo platform en de Schiphol-Oostbaan						
26. Eenrichtingsverkeer op de Alfa en Bravo taxibanen						
27. Last-minute baancombinatiewisselingen en complexiteit door baancombinatie-wisselingen						
28. Intersectie N2/E6 richting de Aalsmeerbaan						
29. De Kaagbaan oversteken						
30. Risico's van begeleid slepen verminderen						
31. Risico op onjuist opgelijnde starts verminderen						
32. Zuidelijke starts vanaf de Zwanenburgbaan						
33. Pushback risico's verminderen						
34. Uitbreiding van het Uniform platform van 9 naar 12 parkeerplekken						-
35. Safety net voor starts en landingen op een niet in gebruik zijnde baan						
37. Poging tot opstijgen vanaf taxibaan						
39. Risicovermindering bij docking van een vliegtuig						
40. License to operate						
41. Verbeteren van de voetgangersveiligheid						
42. Pushback support tool						
43. Meetnetwerk uitstoot ultrafijndeeltjes op Schiphol						
44. Verminderen van gebruik van vliegtuig APUs						
45. Verminder het gebruik van straalmotoren door vliegtuigen van en naar opstelplaatsen, op platformen en rijbanen						
46. Houdt straalstroom van vliegtuigen op zo groot mogelijke afstand van medewerkers, en niet op medewerkers gericht						
47. 24-uurs stop bars						
48. Baandrempel Identificatie Lichten						
49. Eén baan, één frequentie, één taal						
50. Weergeven van "STOP" op niet actieve docking systemen						

## Appendix E Externe review

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is de Integrale Veiligheidsanalyse Schiphol gereviewd door twee luchtvaartexperts: prof. dr. Patrick Hudson (emeritus hoogleraar human factors in safety aan de TU Delft) en prof. dr. ir. Jacco Hoekstra (hoogleraar Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management aan de TU Delft). In Appendix E.1 en E.2 is het reviewcommentaar weergegeven.

### Appendix E.1 Review door prof. dr. ir. Jacco Hoekstra

#### Maatregelen, afbakening en aannames

In het document zijn de maatregelen gebruikt voor het actualiseren van de Integrale Veiligheidsanalyse. Het gaat daarbij om de volgende maatregelen:

1. Inzet van stillere vliegtuigen in de nacht (23h-06h)
2. Tariefdifferentiatie (ten voordele van stillere vliegtuigen)
3. Additionele vlootvernieuwing, los van die door de beperkende maatregelen
4. Weren van lawaaige toestellen
5. Reductie van de capaciteit in de nacht (23h-06h) tot 27.000 vliegtuigbewegingen per jaar
6. Reductie van de capaciteit tot 475.000 of 485.000 vliegtuigbewegingen in totaal per jaar

In de aannames wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende ongevals categorieën, waarbij ook speciaal aandacht is voor de hoge risico's en de risico's die erg gevoelig zijn voor groei. Deze aanpak en aannames zijn in lijn met de afgesproken en eerder gereviewde methodiek en daarom heb ik hierover nu geen opmerkingen.

#### Analyse van maatregelen

Er wordt een volledige analyse gegeven van het effect van de maatregelen op alle ICAO ongevalscategorieën:

1. Effect van inzet van stillere vliegtuigen in de nachtperiode  
Geen effect lijkt te verwachten.
2. Effect van tariefdifferentiatie  
Vrijwel geen effect, differentiatie naar categorieën dan ook niet mogelijk.
3. Effect van additionele vlootvernieuwing  
Ook hier wordt gesteld op basis van de specifieke vervangingen dat dit geen significant effect heeft op de veiligheid. Mijns inziens valt wel te stellen dat als er al een effect zal zijn, dit positief voor de veiligheid zal zijn. Nieuwere vliegtuigen zijn in algemene zin meestal veiligere vliegtuigen.
4. Effect van weren van lawaaige vliegtuigen  
Vrijwel geen effect vanwege geringe aantal vliegtuigen dat hierdoor getroffen wordt. Mijns inziens valt wel te stellen dat als er al een effect zal zijn, dit positief voor de veiligheid zal zijn. Stillere toestellen zijn immers meestal nieuwere toestellen.
5. Effect van het totaal aantal vliegbewegingen op de ongevalscategorieën

Dit is het meest complexe deel van de analyse en krijgt terecht veel aandacht. Er wordt per ICAO ongevals categorie een redenering gegeven in welke mate het risico van deze categorie wel of niet beïnvloed wordt door een verandering van het aantal vliegbewegingen. Er vallen als uitkomst ruwweg drie soorten effecten te verwachten.

- Geen effect

Er ontbreekt enige relatie met het aantal vliegtuigbewegingen.

- Effect is kleiner dan de groei ( $< N$ )

Bij risico's met externe oorzaken, neemt het risico per vliegtuig af (vanwege de grote noemer) waardoor het totaal risico minder groeit dan het aantal bewegingen (geldt voor veel categorieën bijv. Aerodrome (ADRM) door zwerfvuil, of bird strike door minder vogels per vlucht). Er zijn echter ook externe risico's (bijv. de grondafhandeling) die gerelateerd zijn aan het aantal bewegingen en dus zijn de effecten dan in het algemeen lineair. Maar de orde van de totale invloed van dit soort effecten is inderdaad kleiner dan 1.

- Effect is direct gerelateerd aan het aantal vliegtuigbewegingen ( $= N$ )

Bij intrinsiek aan de vluchtuitvoering gerelateerde ongevallen, zonder het effect van een aantal externe oorzaken in de noemer, is het zonder mitigatie een orde N.

- Effect is kleiner dan of gelijk aan kwadratisch (dus tussen N en  $N^2$ )

Bij MAC (mid air collision), ATM, Collision tijdens take-off & landing (CTOL), ground collision (GCOL), Runway Incursion (RI) geldt in de basis (zonder mitigatie) per definitie een kwadratisch effect. Echter door mitigerende maatregelen bijv. het structureren van het verkeer, systemen of zaken die de bewegingen beperken zoals infrastructuur (taxibanen) wordt het kwadratische effect verminderd en is de totale orde kleiner dan 2. Niettemin blijft dit de categorie die in de gaten moet worden gehouden. In de tabel zou ik het met een factor  $< N^2$  hebben verwacht. Dit is onafhankelijk van de mogelijk zeer kleine absolute grootte van het risico. Bij een goed functionerende verkeersregeling (ATM, infrastructuur, grondafhandeling, ondersteunende systemen) is dit risico in absolute zin zeker laag te houden ook qua orde.

De tabel stelt vaak  $< N$  en  $<< N$ , waarbij het over de absolute grootte of de orde van het effect kan gaan. Een belangrijke noot is dat bij een afname, dus een factor  $< 1$ , we stellen dat het effect  $< N$  is, dit een conservatievere benadering is dan  $< N^2$ . Daarom is de tabel met de effecten van het aantal vliegtuigen (waarin wel  $< N$  en niet  $< N^2$  staat) op de categorieën bij een afname als een conservatieve, veilige benadering te beschouwen. Bij onderlinge vergelijking van capaciteitsbeperkingen geldt dat natuurlijk niet altijd dat die verhouding  $< 1$  is.

#### 6. Effect van bewegingen in de nacht op de ongevalscategorieën

In de nacht geldt een licht verhoogd risico, o.a. door het verstoorde ritme van de menselijke operatoren. Beperking van de nachtbewegingen heeft daarom een (gering) gunstig effect op de veiligheid.

#### 7. Effect van uitbreiden van het aantal handhavingspunten voor geluid

Dit kan leiden tot het afwijken van het preferente baangebruik. Deze preferenties zijn echter niet op de veiligheid gebaseerd, waardoor een afwijking ook nagenoeg geen effect zou moeten geven als aan dezelfde randvoorwaarden voor een veilig baangebruik (bijv. dwarswindlimieten) wordt voldaan. Als er voor de schatting gebruik wordt gemaakt van de limieten heeft het inderdaad in het geheel geen effect.

#### 8. Gecombineerd effect van de maatregelen

Hier worden de uitkomsten van de berekeningen per maatregel gepresenteerd. De relatieve waarde van getallen is niet verrassend en lijkt mij geloofwaardig.

#### **Inzicht in geraadpleegde Subject Matter Experts**

Naar aanleiding van de review van de methodiek is in een eerder stadium gesteld te streven naar een voldoende aandeel subject matter experts zonder belangen, binnen de mogelijkheden. Suggestie was bijvoorbeeld experts uit andere modaliteiten, gepensioneerd of uit een ander land. Dit versterkt de waarde van het advies in grote mate. Het is belangrijk hier transparant over te zijn. Op dit moment is in de appendices, in tegenstelling tot bij analyses in het verleden, echter zo'n geanonimiseerde lijst met generieke functie, rol en relatie met Schiphol (bijv. direct/indirect/geen) niet te vinden.

#### **Conclusie**

In het document wordt gekeken naar het effect van de geluidsbeperkende maatregelen op alle ICAO ongevals categorieën.

Er is een uitvoerige beschrijving gedaan van het effect van de groei of afname van het aantal bewegingen. De uiteindelijke tabel geeft een voorzichtige, want conservatieve, schatting van het effect van een beperking van de capaciteit.

Er is eerder gesteld dat er gestreefd is naar het raadplegen van subject matter experts zonder belangen, binnen de mogelijkheden. De lijst met een beschrijving van de soort SMEs ontbreekt echter in de versie van de analyse die ik heb gereviewd. In eerdere analyses was die er wel. Wellicht kan deze anonieme lijst nog worden toegevoegd als een extra appendix.

De actualisatie van de veiligheidsanalyse lijkt mij volledig en ondanks de bovengenoemde aanmerkingen correct en in lijn met de eerdere afgesproken en gereviewde methodiek.

## Appendix E.2 Review door prof. dr. Patrick Hudson

The price of success is what we see in the analyses. Critical comments must be read in the context of a very safe system that is undergoing continuous improvement both at the wider level of the aircraft industry as a whole, driven by ICAO, and at the detailed level of airport operations.

The report first considers the different approaches available to reduce the noise level generated by the airport, such as using quieter aircraft, restricting aircraft movements at certain times of day and spreading the noise load around the different runways. The question posed for this report is: what, if any, are the effects for safety, expressed in terms of accidents? The discussion is clearly limited to aircraft accidents and not to the numbers of passengers effected – flying fewer but larger aircraft is not considered.

The report presents some very detailed analyses using almost all of the ICAO accident types to structure the discussion. The assumption is made that the number of accidents is so small, 459 worldwide spread over 6 years, that the proportions apply equally to western Europe (e.g. Schiphol) and other regions. The authors correctly ask whether, with the small number of accidents, a continuous reduction in the rate can continue to be assumed. The problem behind this is the fact that with such exceptionally low accident frequencies the law of small numbers comes into effect with surprises and unexpected successes and small runs. Public expectations can create an extreme response to a single event that is highly unlikely but not impossible. In almost all of the cases studied an increase or decrease by a factor  $N$  is still going to be in the small number area and therefore the overall distribution of accidents can be expected to be erratic. Table 3.5 shows how the effects that are expected are all likely to be erratically distributed.

What would be useful would be to have error bars, but these cannot make sense when the basis for a datum is the entire population, rather than a sample. What can be done is to break up into years. We could see this in figure 2.2 where we see a clear drop down to 2014, after which the mean number of accidents remains around 1 within the margins of sampling error. What we see is an asymptotic residue, almost all of which behaves erratically. What is less obvious is how many accidents and incidents took place outside of the area of interest, Schiphol.

The law of small numbers creates political risks that are unaddressed in the report. Any single incident can change the risk values and can create the (perceived) need for interventions and changes to processes and procedures. The authors should pre-emptively provide understanding of the sensitivity of the analysis to changes in the base rates as a defense against unsophisticated arguments stemming from low probability events.

In addition, the use of quieter AC type does not automatically lead to reductions in perceived noise. This difference between perceived and actual noise may well require measures to inform the public of the changes in actual noise levels.



Dedicated to innovation in aerospace

## Koninklijke NLR - Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Het onderzoekscentrum Koninklijke NLR werkt op objectieve en onafhankelijke wijze met zijn partners aan een betere wereld van morgen. NLR biedt daarbij innovatieve oplossingen en technische expertise en zorgt voor een sterke concurrentiepositie van het bedrijfsleven.

NLR is ruim 100 jaar een kennisorganisatie met de diepgewortelde wil om te blijven vernieuwen en zet zich in voor een duurzame, veilige, efficiënte en effectieve lucht- en ruimtevaart.

De combinatie van diepgaand inzicht in de klantbehoefte, multidisciplinaire expertise en toonaangevende onderzoeksfaciliteiten, maakt snel innoveren mogelijk. NLR vormt in binnen- en buitenland de spilfunctie tussen wetenschap, bedrijfsleven en overheid, en overbrugt de kloof tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen in de praktijk. Daarnaast werkt NLR als Groot Technologisch Instituut ruim tien jaar in de TO2-federatie samen aan toegepast onderzoek in Nederland.

Vanuit de hoofdvestigingen in Amsterdam en Marknesse en twee satellietvestigingen, draagt NLR bij aan een veilige en duurzame maatschappij en werkt met partners in vele (defensie)programma's, onder andere aan complexe composieten constructies voor verkeersvliegtuigen en aan doelgericht gebruik van het F-35-jachtvliegtuig. Daarnaast geeft NLR invulling aan Nederlandse en Europese (klimaat)doelstellingen conform de Luchtvaartnota, de European Green Deal, Flightpath 2050, en door deelname aan programma's zoals Clean Sky en SESAR.

Voor meer informatie bezoek: [www.nlr.nl](http://www.nlr.nl)

### Postal address

PO Box 90502  
1006 BM Amsterdam, The Netherlands  
e) [info@nlr.nl](mailto:info@nlr.nl) i) [www.nlr.org](http://www.nlr.org)

### Royal NLR

Anthony Fokkerweg 2  
1059 CM Amsterdam, The Netherlands  
p) +31 88 511 3113

Voorsterweg 31  
8316 PR Marknesse, The Netherlands  
p) +31 88 511 4444