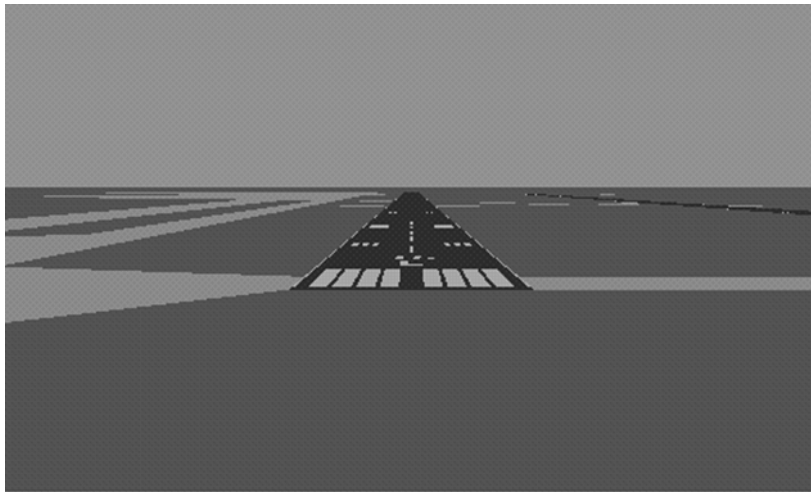


# **KDC Onderzoeksrapport**

## **Verhoging landingscapaciteit, tijdens marginaal en slecht zicht condities**



**Afdeling: R&D/RES**

## Statuspagina

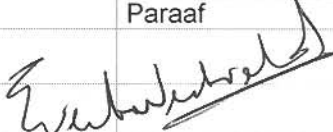
### Opsteller(s)<sup>1</sup>

Naam	Functie
Geert Rozeboom	Design Expert, ATM R&D, LVNL
Rob ten Hove	Sr. Advisor, Schiphol Group
Theo van de Ven	Senior Manager Strategy & Charges KLM

### Toetsing<sup>2</sup>

Naam	Functie
Adri Tervoort	Sr. Engineer, S&I/NAV/NSD, LVNL
Remco Vroeijenstijn	Sr. Product Specialist, S&I/NAV/NSD, LVNL
Hub Erens	Design Expert, ATM R&D, LVNL
Ronald Dekker	ATS Development expert, LVNL
Ron Slootbeek	Design Expert, ATM R&D
Ronald Dubbeldam	Design Expert, ATM R&D

### Goedkeuring (door documenteigenaar)<sup>3</sup>

Naam	Functie	Paraaf	Datum
E. Westerveld	Manager R&D/Research		18.11.08

### Acceptatie (door opdrachtgever)<sup>4</sup>

Naam	Functie	Paraaf	Datum
Hans Offerman	Bestuur KDC		18/11/08

### © 2008 Luchtverkeersleiding Nederland

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook, zonder voorafgaande, schriftelijke toestemming van Luchtverkeersleiding Nederland.

<sup>1</sup> Opsteller is het eens met de inhoud, heeft kennis genomen van het toetsingscommentaar en heeft dat naar eigen inzicht verwerkt.  
<sup>2</sup> Toetser verklaart het rapport op basis van zijn expertise te hebben getoetst en de opsteller(s) van commentaar te hebben voorzien.  
<sup>3</sup> De documenteigenaar is het eens met de inhoud en is zich bewust van het toetsingscommentaar.  
<sup>4</sup> De opdrachtgever gebruikt of past het resultaat toe dat het document heeft opgeleverd.

## Samenvatting

*Al in oktober 2005 is er een voorstudie afgerond naar de mogelijkheden om de capaciteit van landingsbanen tijdens slecht zicht condities te kunnen vergroten. De hieruit voortgekomen oplossingsrichting van het gebruiken van een tweede landingsbaan geeft weliswaar extra capaciteit, maar maakt het nog niet mogelijk om een enkele baan efficiënter te gebruiken. Deze wens is er wel, vanwege het grote versturende effect van een reductie van landingscapaciteit op de hub-functie van de luchthaven.*

*Om in deze strategie en visie georiënteerde studie gericht aan te kunnen tonen waar mogelijkheden liggen om de landingscapaciteit tijdens slecht zicht te vergroten is er nadrukkelijk gekeken hoe de landingsoperatie onder deze omstandigheden in elkaar zit. Vervolgens is er gekeken welke factoren in de operatie te beïnvloeden zijn, zodanig dat de landingscapaciteit van een enkele landingsbaan verhoogd kan worden. Er is daarvoor dankbaar gebruik gemaakt van de resultaten van het KDC project 'Improved Low Visibility and Ceiling Forecasts at Schiphol Airport'. Tevens is het NLR gevraagd om de grootte van het beschermingsgebied van het Instrument Landing System te verifiëren aan de hand van het huidige landingssysteem en een doorontwikkeling daarvan. Ook alternatieve landingssystemen zijn in de capaciteitsbeoordeling betrokken.*

*In deze studie zijn 12 oplossingen beschreven voor het landingscapaciteitsprobleem, in aanvulling op het gebruiken van een tweede landingsbaan in omstandigheden tot en met 200 meter horizontaal zicht over de baan. Omstandigheden met lager zicht zijn niet meegenomen, vanwege het zeer geringe voorkomen en complexe oplossingsrichtingen buiten de scope voor introductie binnen 10-15 jaar. Van de 12 genoemde oplossingen zijn er 8 geschikt om, al dan niet gecombineerd, in vervolgstappen verder te worden uitgewerkt. Hiervoor is een stappenplan zodanig opgesteld, dat met combinaties van de oplossingen in drie hoofdstappen in oplopende mate van kosten en introductietijd de landingscapaciteit kan worden verbeterd.*

*Stap één focust op het effectiever kunnen gebruiken van de landingsbaan, zonder wijzigingen aan het huidige landingssysteem d.m.v. een awareness campagne voor vliegers, een verder doorlopende visuele geleiding op de baan exit (colorcoding) die verder doorloopt en een update van de VEMER Groundlabels.*

*Stap twee laat zien dat het mogelijk is om de vorm van het huidige rechthoekige beschermingsgebied van het Instrument Landingssysteem te verkleinen in de omgeving van de localiser antenne. Hierdoor kunnen vliegtuigen, die een verder gelegen exit nodig hebben, sneller de baan vrijmaken dan bij de huidige vorm van het ILS beschermingsgebied. Het is daarbij niet de bedoeling, dat vliegtuigen die de 2<sup>e</sup> RET/exit zouden kunnen nemen, doorrijden naar de volgende c.q. 3<sup>e</sup> RET/exit, omdat het ILS beschermingsgebied daar smaller is.*

*Stap drie laat zien dat er inmiddels een verbeterd ILS-systeem is ontwikkeld, dat d.m.v. een smallere stralingsbundel een nog kleiner beschermingsgebied nodig heeft dan beschreven in stap twee. Dit gebied is nog niet zo klein als dat van het MLS en GBAS landingssysteem, maar biedt wel aanvullende landingscapaciteit.*

Pagina met opzet leeg gelaten

## Inhoudsopgave

<b>Samenvatting .....</b>	<b>3</b>
<b>Inhoudsopgave.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding.....</b>	<b>7</b>
1.1 Achtergrond .....	7
1.2 Doel van het onderzoek.....	8
1.3 De opdracht .....	8
1.4 Relatie met andere documenten .....	8
1.5 Document structuur .....	9
<b>2 Zicht en capaciteit .....</b>	<b>10</b>
2.1 Referentie scenario.....	10
2.2 Definities .....	11
2.3 Beschrijving ILS operaties .....	15
2.4 Opbouw van de separatie op andere vliegvelden .....	19
2.5 Landingscapaciteit .....	21
<b>3 Inventarisatie deeloplossingen .....</b>	<b>30</b>
3.1 Mogelijke deeloplossingen .....	30
3.2 Evaluatie Deeloplossingen .....	30
<b>4 Conclusies &amp; Vervolgtraject .....</b>	<b>44</b>
4.1 Conclusies .....	44
4.2 Vervolgstappen.....	44
4.3 Aanbevelingen .....	46
<b>5 Referenties .....</b>	<b>47</b>
<b>6 Afkortingenlijst .....</b>	<b>48</b>
<b>7 Documentgegevens .....</b>	<b>49</b>
<b>8 Wijzigingshistorie.....</b>	<b>49</b>
<b>Appendix A: Theoretische Landingsseparatie .....</b>	<b>50</b>
<b>Appendix B: Tijdsfactor ILS SA .....</b>	<b>52</b>
<b>Appendix C: Potentie van ILS SA verkleining .....</b>	<b>53</b>

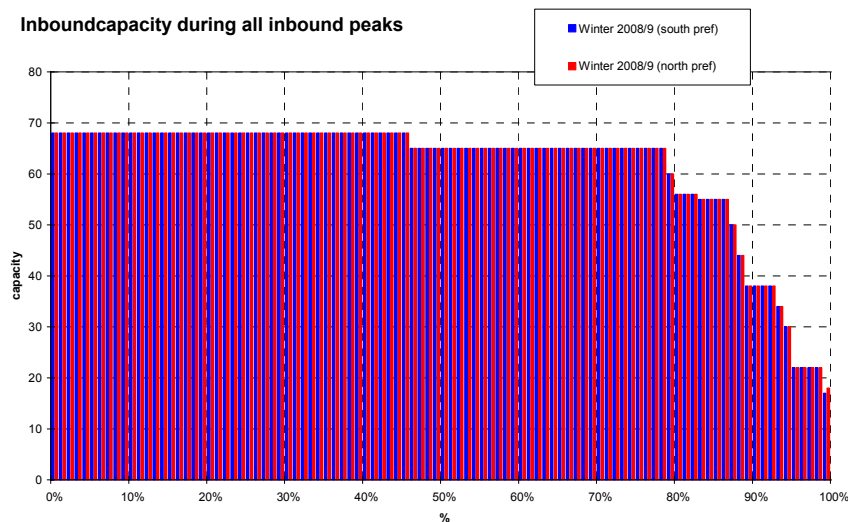
Pagina met opzet leeg gelaten

# 1 Inleiding

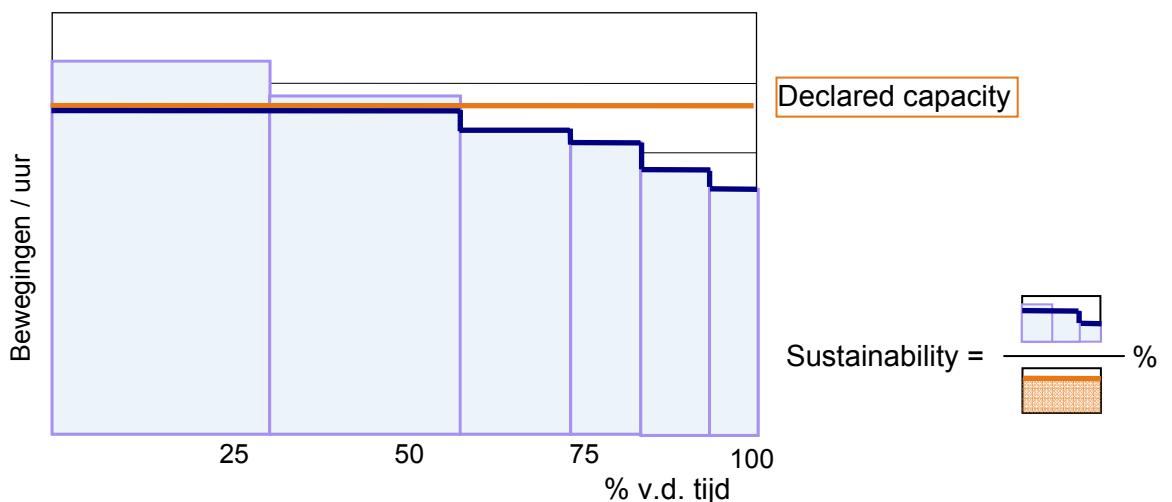
## 1.1 Achtergrond

Schiphol heeft in 2003 circa 40 miljoen passagiers verwerkt. Hiervan bestaat circa 60 % uit Origin / Destination verkeer en circa 40% bestaat uit transferverkeer. Het Origin/Destination verkeer bevat naast het lijndienstverkeer een groot deel charterpassagiers. In vergelijking met andere grote luchthavens is het percentage transferverkeer hoog. De zogenaamde thuismarkt is voor de hub-carrier KLM klein, slechts 18% van de passagiers is afkomstig uit Nederland. Echter, voor KLM is 70% van het passagiersvervoer transfer. Gezien het belang van de transferpassagiers en daarmee de hub functionaliteit van de luchthaven is het niet alleen belangrijk om een hoge (piekuur) capaciteit te realiseren, maar ook om deze capaciteit met een hoge mate van sustainability te kunnen leveren.

De sustainability is het percentage van de tijd dat een gewenste hoeveelheid bewegingen per uur geleverd kan worden (zie figuur 1 voor de hoeveelheid bewegingen en figuur 2 voor de sustainability definitie). Sustainability verwijst hier volledig naar de beschikbaarheid van capaciteit van het banenstelsel op Schiphol. Het sustainability percentage wordt beïnvloed door wind- en zichtcondities in relatie tot het beschikbare banenstelsel, maar ook door andere redenen, waardoor een of meer banen tijdelijk niet of niet op volle capaciteit gebruikt kunnen worden.



Figuur 1: Capaciteit versus sustainability



Figuur2: Sustainability definitie

## 1.2 Doel van het onderzoek

In 2005 is er een studie uitgevoerd naar het benodigde ATM systeem voor het jaar 2020, de studie Capaciteitsstudie Schiphol 2020 (CSS2020). Binnen deze sectorbrede studie zijn eisen en wensen geïdentificeerd t.a.v. dit ATM systeem. Een tweetal eisen die de sectorpartijen ondermeer aan het ATM systeem stellen voor het jaar 2020 zijn:

150 bewegingen per uur;  
90% sustainability.

Uit o.a. de resultaten [2, 3] van [CSS 2020] is gebleken, dat de landingscapaciteit tijdens marginaal en slecht zicht condities verhoogd moet worden om de gewenste sustainability te kunnen halen.

Doel van het onderzoek is daarom:

- maatregelen identificeren die bijdragen aan verhoogde landingscapaciteit tijdens marginaal en/of slecht zicht condities;
- bepalen welke capaciteitsverbetering van elk van de maatregelen verwacht kan worden.

Samenvatting: Het doel van het onderzoek is om kansrijke oplossingen te identificeren om de sustainability van de landingscapaciteit tijdens marginaal en slecht zicht te verhogen. Er worden één of meer voorstellen aangedragen als oplossing van een deelprobleem dat een capaciteitsbeperking oplevert. Daarnaast heeft vastlegging plaats met als doel om alle stakeholders te informeren met betrekking tot achterliggende redenen voor de voorstellen.

## 1.3 De opdracht

De opdracht is samengesteld uit een aantal complexe vragen, namelijk:

- Bij BZO C wordt op Schiphol een separatie gehanteerd van 8NM, terwijl volgens Eurocontrol deze op veel andere plaatsen in de wereld 6NM bedraagt. Is dit op Schiphol ook mogelijk en zo ja, welke eventuele aanpassingen zijn hiervoor benodigd? De opdracht is begrensd op zichtwaarden tussen goed zicht en BZO C, vanwege het zeer geringe percentage BZO D omstandigheden (in 2006 is er bijv. geen BZO D gerapporteerd). Er wordt als zodanig alleen invulling gegeven aan ACE 35.1 van de Roadmap ATM Systeem Strategie;
- Welke link bestaat er tussen landingscapaciteit en de grondafhandeling bij marginaal en slecht zicht?

Als ondersteuning voor de invulling van de opdracht zijn de volgende te onderzoeken gebieden meegegeven ter verkleining van de separatie op final approach:

- Eventuele wijzigingen in benodigd navigatiesysteem;
- Aanpassing van de ILS Protection Areas aan de huidige stand van de technologie, of een smallere ILS bundel;
- Impact van nieuwe landingssystemen zoals MLS (Microwave Landing System), GBAS (GPS landing system), baro VNAV, HUD (heads up display) en Synthetic Vision Systems (SVS);
- ROT (runway occupancy time) reductie;

De opdracht zelf is uitgevoerd door een projectgroep, bestaande uit de Schiphol sectorpartijen LVNL, KLM en AAS. De beschreven vraag over mogelijke aanpassing van de ILS protection Areas is voorgelegd aan de afdeling Avionics Systems van het NLR, ter verificatie van de eigen uitwerking van de mogelijkheden (zie hiervoor ook [Optimization ILS SA]). Zij hebben daaraan ook gedurende de gehele projectduur meegewerkt. Directe ondersteuning vanuit de afdeling OPS was niet beschikbaar, waardoor integratie met deze afdeling na deze studie wel essentieel is.

## 1.4 Relatie met andere documenten

Als uitgangspunt van de studie is het document [Voorstudie] genomen. Hierin is reeds vrij gedetailleerd ingegaan op de problematiek van slecht zicht en de consequenties voor de landingscapaciteit. De [Voorstudie] heeft opgeleverd, dat een 2+1 landingsoperatie onder BZO C een goede capaciteitsmaatregel zou zijn, wat verder is uitgewerkt in het [POD 2+1 BZO C].

Verder is het Eurocontrol [ACE] document gebruikt voor definities en methodes ter bepaling van landingsinterval metingen.



Als laatste document noemen we het [Optimization ILS SA] document van het NLR. Hierin is een deelopdracht van het project uitgewerkt, om de mogelijkheden van het verkleinen van de ILS Sensitive Area te analyseren.

### **1.5 Document structuur**

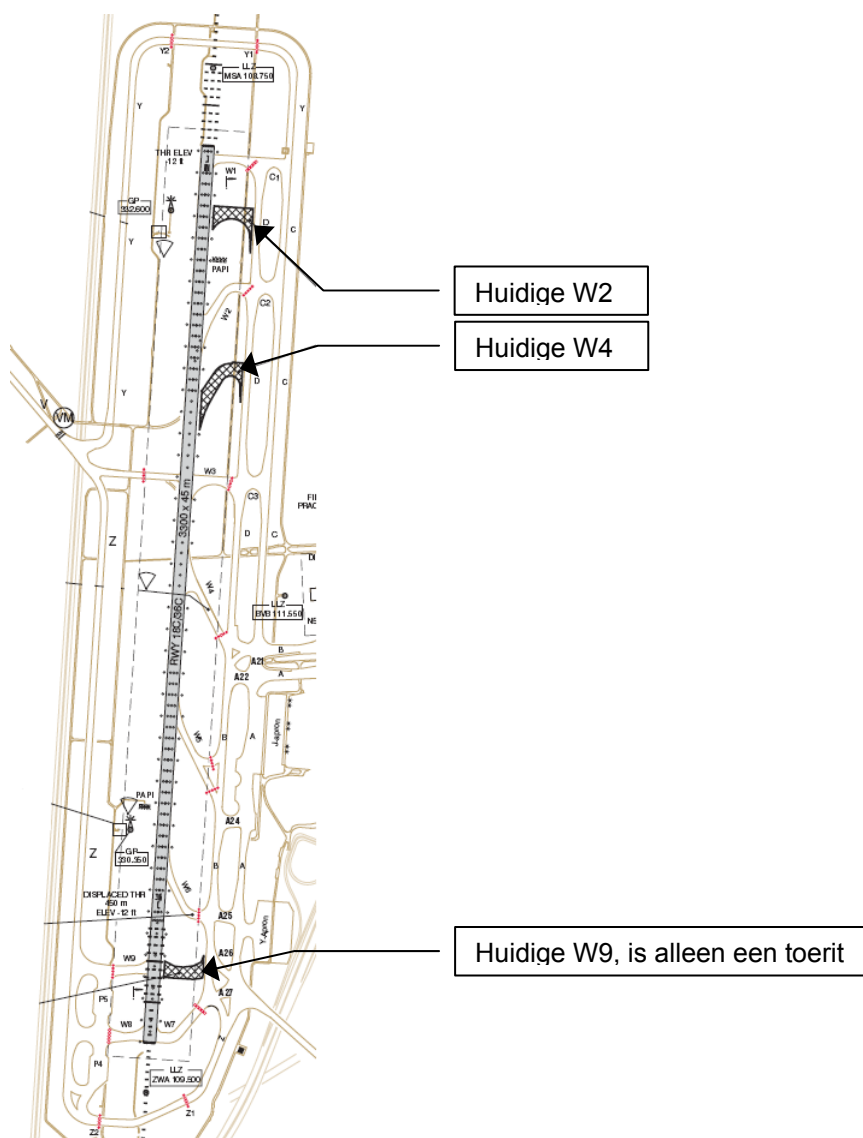
De opdracht, die in dit document is uitgewerkt, is weergegeven in hoofdstuk 1 en wordt gevolgd door een uitwerking van zichtdefinities en de invloed van zicht op landingscapaciteit in hoofdstuk 2. Mogelijkheden om de landingscapaciteit te kunnen vergroten zijn opgenomen in hoofdstuk 3, inclusief de hoofdresultaten uit de NLR deelopdracht. In hoofdstuk 4 zijn deze vervolgens gecombineerd om een indruk te geven hoe vervolgstappen in het landingscapaciteit vraagstuk vormgegeven kunnen worden.

## 2 Zicht en capaciteit

### 2.1 Referentie scenario

Het referentiescenario bepaalt tegen welke capaciteit en omstandigheden de verbetervoorstellen dienen te worden beoordeeld. Het referentiescenario is als volgt gedefinieerd:

- Vliegbewegingen uit het jaar 2006. Deze data was beschikbaar bij aanvang van het project;
- De Ground Control capaciteit is gebaseerd op de werkwijze van voor de introductie van groundlabels. Het effect van groundlabels op de grondafhandeling wordt in deze studie niet behandeld, maar ook niet als beperking voor capaciteitstoename gezien;
- De huidige ILS-systemen (Thales apparatuur, wide aperture antenne, 21 elements dual frequency localizer array) bepalen de mogelijkheden voor landingsoperaties tijdens marginaal en slecht zicht condities. De MLS-systemen op Schiphol zijn niet beschikbaar/operationeel;
- Het beschikbare banenstelsel is het 5P-stelsel, exclusief de extra exits van de Zwanenburgbaan 18C-36C. Zie hiervoor figuur 3;
- Een baan wordt alleen als landingsbaan of als startbaan gebruikt. Mixed mode operaties zijn niet meegenomen



Figuur 3: Landingsbaan 18C/36C in 2006, met de posities v.d. huidige exits W2, W4 & W9

## 2.2 Definities

### 2.2.1 Zicht

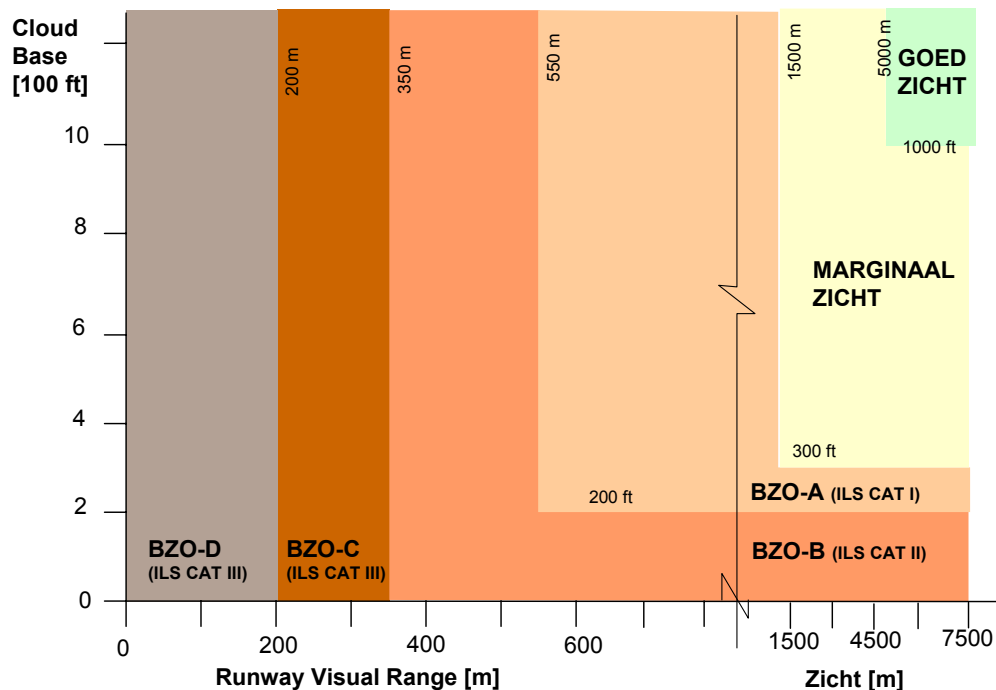
#### ICAO definitie Low Visibility Procedures

ICAO vereist Low Visibility Procedures (LVP) als:

- De RVR minder is dan 550 m (Doc4444, §7.11.2.1). Dit om de veiligheid van starts en CatII/III landingen te garanderen;
- Het zicht zodanig is, dat de manoeuvring area vanuit de toren niet meer te zien is (Doc4444, §7.11.1).
- De zichtwaarde behorende bij de tweede conditie is afhankelijk van lokale omstandigheden. Deze zichtwaarde kan worden uitgedrukt in VIS, RVR en/of BASE.

#### BZO: Beperkt Zicht Omstandigheden

Op Schiphol spreekt men niet van LVP, maar van Beperkt Zicht Omstandigheden of BZO. Figuur 4 (ref. [Voorstudie]) toont de definitie van de verschillende fasen van Beperkt Zicht Omstandigheden (BZO, fase A t/m D) en de relatie met de te gebruiken categorie van het Instrument Landing System (ILS). Hieronder wordt de beschrijving van zichtfasen op Schiphol gegeven:



Figuur 4: Definitie van BZO-fasen in relatie tot de te gebruiken ILS categorie

Volgens het [VDV] is er sprake van BZO als:

- Het zicht  $\leq 1500$  m en/of de wolkenbasis  $\leq 300$  ft is; of
- Een in gebruik zijnde baan niet meer zichtbaar is vanuit de, voor die baan verantwoordelijke toren.

In Tabel 1a staan de gebruikslimieten voor de verschillende categorieën van het ILS, inclusief de bijbehorende Decision Height.

Tabel 1a Operationele gebruikslimieten van ILS categorieën

Categorie	CatI	CatII	CatIII A	CatIII B	CatIII C
Minimum Visibility (RVR)	550 m (1800 ft)	350 m (1200 ft)	200 m *) (700 ft)	75m-50 m (150 ft)	0
Decision Height	200 ft	100 ft	<100 ft (50 ft)	<50 ft (20 ft)	0

\*) ICAO Stateletter circuleert met 175m als ondergrens

**Noot:** Bij categorie II staan de limieten voor zogenaamde Cat D vliegtuigen bij een handmatig uitgevoerde landing (anders 300m). De limieten voor categorie III zijn tevens afhankelijk van maatschappij procedures en de certificatie van vliegtuig en vliegers.

## RVR

De operationele implicaties van het gebruik van RVR Runway Visual Range is volgens [NASA SVS] te beschrijven door bij verschillende RVR waarden te kijken naar de invloed van zichtwaarden op de taxiselheden (vliegtuigen en grondvoertuigen).

Tabel 1b: Operationele implicatie bij verschillende RVR

RVR (in [ft/m])	Beschrijving
5000/1524	Vliegveld en vliegtuig IMC operaties zijn normaal in zowel daglicht, als ook tijdens de nacht.
2400/732	De taxiselheid zal waarschijnlijk iets gereduceerd worden tot beneden de normale rechte lijn taxiselheid van 20-25 knopen. Gebieden met gereduceerde zichtwaarden kunnen voorkomen waarop de taxiselheid wordt aangepast. De taxitijd tot de gate wordt niet noemenswaardig beïnvloed.
1200/366	De taxiselheid wordt verlaagd tot 10-15 knopen en gebieden met zeer lage zichtwaarden komen voor. De vlieger kan moeilijkheden hebben met het vinden van de gate, voornamelijk op een onbekend vliegveld. Taxitijden van en naar de baan zijn licht verhoogd.
600/183	Het op zicht waarnemen van grondvoertuigen is moeilijk. Sommige bestuurders van deze voertuigen rijden te snel voor deze lage zichtwaarden, zoals ook vaak voorkomt op autosnelwegen.
300/91	De taxiselheid wordt gereduceerd tot ongeveer 10 knopen (de gemiddelde snelheid als een vliegtuig naar de gate draait) om rekening te houden met de mogelijkheid van plotselinge nul zicht omstandigheden. Aanvullende begeleiding in de vorm van groene taxi lichten of een "Follow Me" wagen is erg wenselijk. Voorbeeld: op Frankfurt is het voorgekomen, dat na een landing met een gerapporteerde zichtwaarde van 125 meter, de taxitijd naar de gate 30 minuten bedroeg. Er waren gebieden met vrijwel nul meter zicht aanwezig.
150/46	De taxiselheid is gereduceerd tot 5 knopen. Geschilderde oppervlakte markeringen verliezen hun waarde, omdat het contrast wegvalt. De zichthoek vanuit de cockpit naar beneden wordt een belangrijke factor bij het volgen van de centreline. Tekens/borden langs de taxibaan zijn mogelijk moeilijk te zien. De taxitijd loopt duidelijk op.
0/0	Niets is nog zichtbaar door de cockpit ramen. Het einde van de (taxi-) baan is alleen zichtbaar door via de zijruiten van de cockpit te kijken. Veilig manoeuvreren van vliegtuigen is niet langer mogelijk. Als vliegtuigen vanwege veiligheidsredenen toch verplaatst moeten worden (bijv. om de baan vrij te maken), dan gebeurt het taxiën met wandelsnelheid (2 knopen).

## 2.2.2 Sensitive Area

Tijdens de landingsoperatie heeft het vliegtuig met een veelheid aan gebieden, regelingen en markeringen te maken, die verschillen als het zicht verandert. Als eerste zal worden ingegaan op de beschermingsgebieden rondom het huidige Instrument Landing Systeem (ILS), die beschreven zijn in [ILS areas] en [VDV], deel 2, §3.02. De beschermingsgebieden bestaan uit een ILS Critical Area (ILS CA) en een ILS Sensitive Area (ILS SA) en zijn als volgt gedefinieerd:

ILS CA definitie:

*“The ILS critical area is an area of defined dimensions about the localizer and glide path antennas where vehicles, including aircraft, are excluded during all ILS operations. The critical area is protected because the presence of vehicles and/or aircraft inside its boundaries will cause unacceptable disturbance to the ILS signal-in-space.”*

ILS SA definitie:

*“The ILS sensitive area is an area extending beyond the critical area where the parking and/or movement of vehicles, including aircraft, is controlled to prevent the possibility of unacceptable interference to the ILS signal during ILS operations. The sensitive area is protected against interference caused by large moving objects outside the critical area but still normally within the airfield boundary.”*

Een ILS heeft twee ILS Sensitive en Critical Areas, namelijk van de localiser (LLZ) en van de glijpad antenne (GP). De in dit rapport besproken ILS SA heeft alleen betrekking op de SA van de LLZ.

De grootte van de ILS SA is afhankelijk van:

- De ILS categorie (en indirect van de BZO-fase, waar een ILS categorie aan vast zit);
- Het gebruikte antennesysteem;
- De vliegtuigtypes, die een vliegveld aandoen. Op dit moment wordt de B747 als maatgevend vliegtuigtype in de ILS SA bepaling meegenomen;
- De verhouding van statische en dynamische verstoring, die voor een ILS landingsbaan/vliegveld wordt aangehouden. De verhouding wordt bepaald door de mate van bebouwing en verkeer langs de baan.

ICAO Annex 10 spreekt van de begrippen “critical” en “sensitive” area. In het [VDV], deel2, §3.02 wordt hiernaar gerefereerd onder de noemer “protection area”. Voor de sensitive area van een CatI ILS wordt een grens van 75 m vanaf de hartlijn van de landingsbaan aangehouden. Vanwege verdere eisen aan ‘runway holding positions’, zie ICAO Annex 14 table 3-2, ligt de CatI holding positie voor op Schiphol voorkomende baanlengtes en vliegtuigtypes op 90 m. Voor de huidige sensitive area voor een CatII en CatIII ILS wordt een afstand van 150 m tot de baan as aangehouden. In deze documentatie wordt niet voorgeschreven, dat de critical en/of de sensitive area een rechthoekige vorm moeten hebben, zoals deze op Schiphol op dit moment worden toegepast.

Er wordt op Schiphol vanuit het oogpunt van de ILS SA-definitie geen onderscheid gemaakt tussen een CatII- en een CatIII-operatie, anders dan dat er bij CatII-zichtcondities andere separatiewaarden worden gehanteerd.

**Wanneer is een vliegtuig werkelijk vrij van de ILS SA?**

Het werkelijk vrij zijn van de SA is van belang i.v.m. de mogelijke verstoring van het ILS signaal voor het volgende vliegtuig als er zich nog wel delen van het eerst landende vliegtuig in de SA bevinden.

Het vliegtuig is niet vrij van de ILS SA als:

- De blip van de transponder zich tijdens CatIII operaties op een afstand van 150m vanaf de landingsbaan as bevindt (de transponder zit namelijk meestal vrij ver naar voren op de romp);
- Het midden van de primaire radarblip de denkbeeldige lijn van 150m afstand vanaf de landingsbaan as is gepasseerd. Het voornaamste versturende onderdeel van het vliegtuig voor ILS-localizer signalen is namelijk het verticale staartvlak;
- Als de vlieger de stopbar voorbij rijdt, die hij qua lichten overigens niet kan zien, omdat deze van de baan af gericht zijn. Een indirecte indicatie van de stopbar locatie is de overgang van de colorcoding in de hartlijnverlichting van de exit.

Het vliegtuig is wel vrij van de ILS SA als (vgl. MLS study trigger line Heathrow volgens [Reliable and Safe]):

- de volledige primaire radar presentatie van het vliegtuig op het radarbeeld voorbij de denkbeeldige lijn van 150m t.o.v. de landingsbaan as is. Hierbij moet op de A-SMGCS display rekening worden gehouden met de nauwkeurigheid en resolutie van het afbeelden

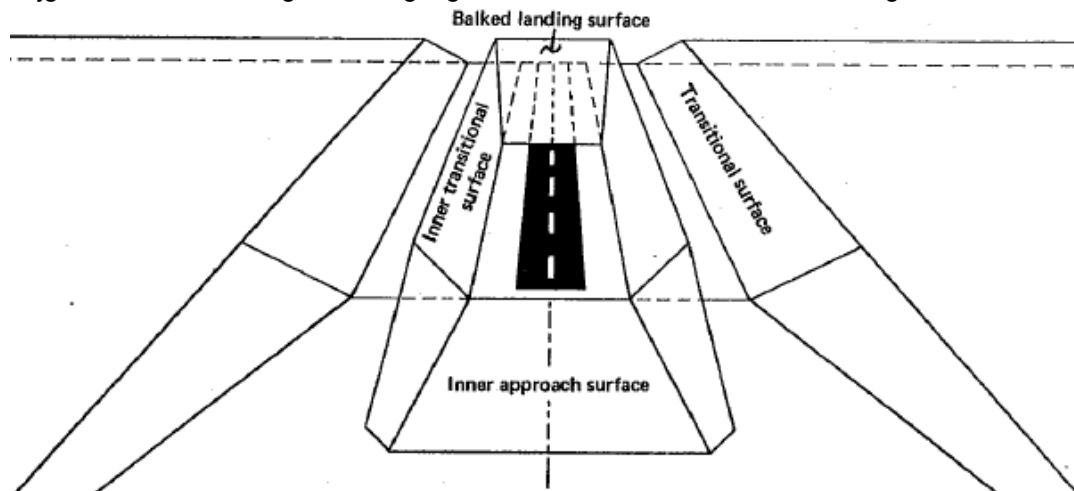
van de hulplijn (150m) en de vliegtuig positie, die met een frequentie van ongeveer 1 Hz ververst wordt. De MLT-positie heeft daarbij een positie nauwkeurigheid van ongeveer 7m.

### 2.2.3 OFZ

Los van de ILS gebieden heeft een landingsbaan ook een Obstacle Free Zone (OFZ). Deze OFZ wordt in ICAO annex 14, hoofdstuk 1.1, beschreven als:

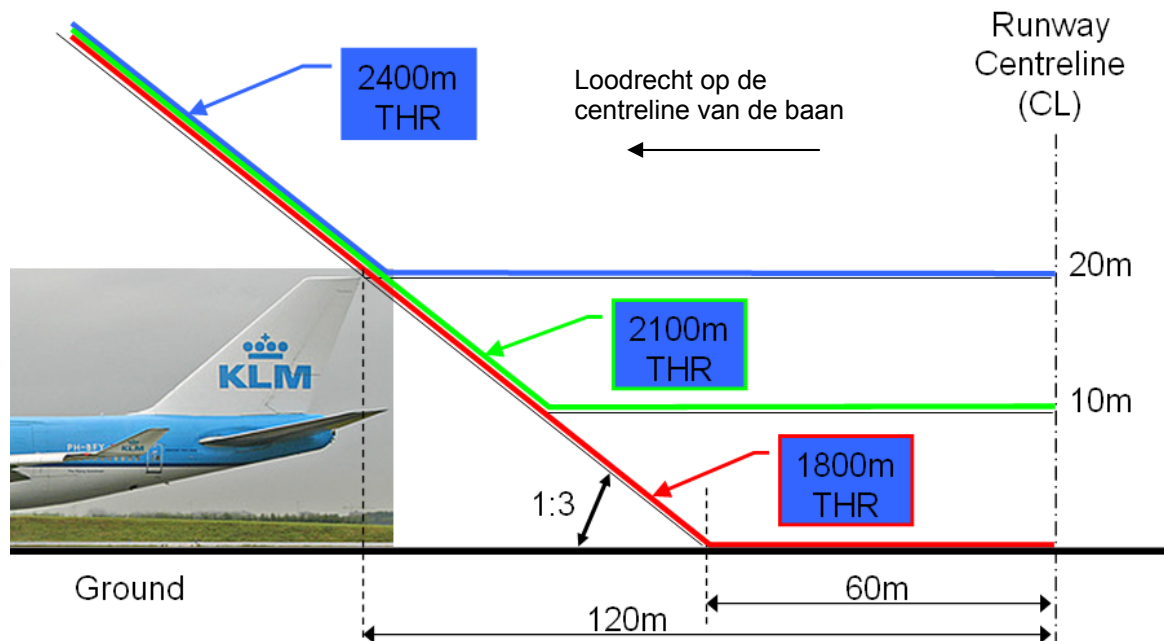
*“The airspace above the inner approach surface, inner transitional surfaces, and balked landing surface and that portion of the strip bounded by these surfaces, which is not penetrated by any fixed obstacle other than a low-mass and frangibly mounted one required for air navigation purposes.”*

Qua gebruik van de landingsbaan moet het vliegtuig dat geland is minimaal de OFZ hebben vrijgemaakt, als het volgende vliegtuig de OFZ aan de voorkant binnenvliegt:



Figuur 5: De OFZ van een landingsbaan

Uit een dwarsdoorsnede over de landingsbaan (van figuur 6) ontstaat het volgende beeld voor de breedte van de OFZ, die wordt bepaald door het vliegtuig met de hoogste verticale staart in het verkeer uit 2006, de B747 (type SP).



Figuur 6: Dwarsdoorsnede van de landingsbaan: OFZ dimensie bepaling voor de B747

Uit figuur 6 blijkt dat de OFZ 120m breed moet zijn. Voor een B747 heeft de OFZ in baan as richting ook geen invloed op de landingsoperatie meer vanaf 2400m achter de baandrempel

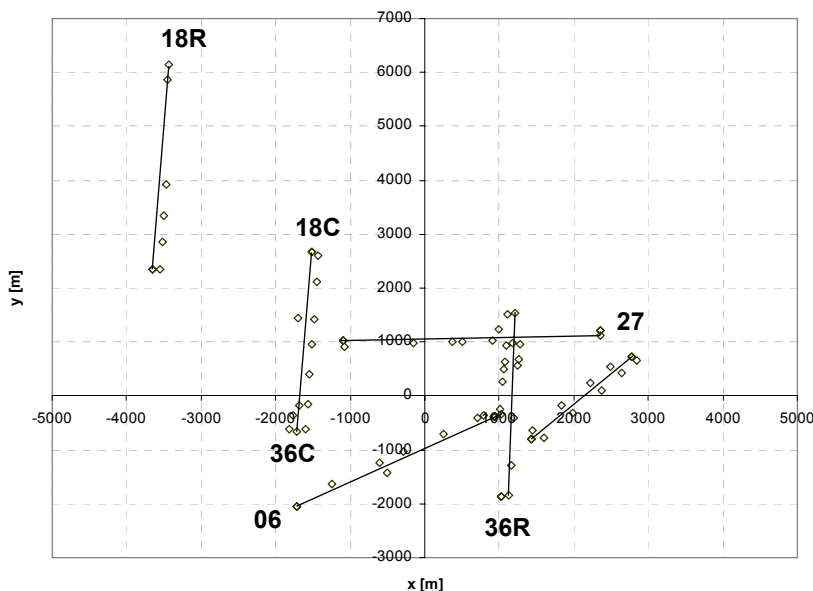
(vanaf 1800m vanaf de baandrempel loopt het 'balked landing surface' onder een hoek van 1:30 omhoog)

## 2.2.4 Runway Occupation Time

De Runway Occupation Time (ROT, ook wel baanbezettingstijd) is de tijd die het vliegtuig op de landingsbaan doorbrengt tussen het passeren van de baandrempel en het verlaten van de baan via de exit. De ROTA (ROT Arrival, ICAO definitie) loopt daarbij tot de vliegtuigpositie waarin de staart vrij van de landingsbaan is (zie ref. [ACE]).

In dit document wordt de ROT gedefinieerd als: de tijd die benodigd is voor de transponder om de afstand af te leggen tussen de baandrempel en de baanrand (shoulder, 37.5m vanaf de baan as).

Deze afwijkende ROT-definitie wordt aangehouden, omdat de in dit document bepaalde ROT is bepaald met de SUR-analyse tool 'MLT-Analyse', waarin deze definitie is opgenomen. Het verschil tussen de ROTA (ROT Arrival) en de hier gebruikte ROT definitie is daarmee afhankelijk van de positie van de transponder antenne op de romp en de romplengte zelf. MLT-Analyse maakt voor de meting gebruik van meetpoortjes op alle baandrempels en exits zoals weergegeven in onderstaande figuur 7. De meetpoortjes liggen daarbij altijd op 37.5m van de baan centreline.



Figuur 7: Meetpoort posities volgens [Runway Occupancy]

## 2.3 Beschrijving ILS operaties

### 2.3.1 ILS CatI operatie tijdens marginaal zicht en BZO-A

Tijdens marginaal zicht en BZO-A wordt er gebruik gemaakt van ILS CatI operaties [VDV], deel 2, §9.01, net zoals dit bij goed zicht operaties gebeurt. Rondom de landingsbaan is daarvoor een ILS SA aanwezig, die op Schiphol 75 m (gerekend vanaf de baan-as) breed is. Vanwege verdere eisen aan 'runway holding positions', zie ICAO Annex 14 table 3-2, ligt de CatI holding positie voor voorkomende baanlengtes en vliegtuigtypes op Schiphol op 90 m van de baan-as. Tijdens CatI-condities moet het vorige vliegtuig met de staart voorbij de ILS CatI lijn zijn, voordat de volgende de baandrempel passeert. In werkelijkheid wordt er meer tussenruimte (separatie) toegepast om ook te voldoen aan de minimale radarseparatie en/of wake vortex separatie. Late landingsklaringen zijn tijdens dit zicht (tijdens ILS CatI naderingen) mogelijk tot een afstand van 1NM voor de baan [VDV], deel 2, §7.03. Tijdens mixed mode operaties mag dit niet meer.

### Vlieger perspectief

De naderingslampen worden tijdens de nadering zoals verwacht als eerste gezien. De baan komt vlak daarna in zicht en de focus gaat over naar de touch down zone. Het is van belang zeker te stellen, dat het vliegtuig ook werkelijk 'touched' in deze zone. Na touchdown is de centreline verlichting de belangrijkste geleiding. De fixatie gaat echter al over naar de exits en de sensatie van het afremmen geeft een goede indruk van wat haalbaar is. Nadat het vliegtuig op taxi snelheid is, wordt gefocust op de exit met de snelheid van de instrumenten. De kleur van de verlichting is hierbij niet wezenlijk van belang. De vliegerfocus gaat nu naar de taxi track en zoekt naar bebording. Bij het verlaten van de baan wordt door de vlieger zelfstandig overgeschakeld van de toren frequentie naar die van de ground controller (Auto QSY of 'silent handover', zie [VDV], deel 2, §6.02 en §7.03). Auto QSY komt niet altijd van pas, als de RC nog aanvullende instructies wil geven aan een vliegtuig, dat een exit vrij aan het maken is. Een vliegtuig dat op de exit stopt, kan niet meer worden gevraagd door te taxiën tot bijvoorbeeld de eerste taxibaan. Na de switch naar GC kunnen de instructies van de ground controller m.b.v. de kaart worden vertaald voor de situational awareness (beeldvorming). Daarna is GC alleen nog nodig bij een conflict op de taxiroute. Via de bebording taxiet de vlieger vervolgens naar de gate.

**Conclusie:** Auto QSY bemoeilijkt het snel vrijmaken van de exit in omstandigheden waarbij contact tussen RC en vlieger noodzakelijk is.

### **Verkeersleider perspectief**

Tijdens ILS CatI omstandigheden waarbij visuele waarneming vanuit de Toren wordt verhinderd en er geen visueel contact is met het vliegtuig, geschieden alle waarnemingen met behulp van de grondradar met labels. Op de grondradar is niet precies te zien of een vliegtuig de baan geheel heeft vrijgemaakt. Het is daarbij vrij moeilijk om de taxiselheid in te schatten met behulp van de grondradar in vergelijking met visuele waarneming. De GC heeft wel extra aandacht voor de eerste bewegingen van het vliegtuig vlak na het vrijmaken van de baan om te voorkomen dat vliegtuigen stil gaan staan. Deze aandacht wordt echter pas geïnitieerd na de eerste R/T call van de vlieger op de Ground-frequentie.

### **2.3.2 ILS CatII operatie, BZO B**

Tijdens BZO B wordt er formeel gebruik gemaakt van een ILS CatII procedure, wat inhoudt dat er CatII-separaties worden gehanteerd. In principe voldoen alle ILS-en (m.u.v. die op baan 22) technisch aan CatIII, ook bij goed zicht. Het is afhankelijk van de bescherming van de SA (lees: de gehanteerde separatie), eventuele downgrading als gevolg van bebouwing en/of storing of er daadwerkelijk CatII/III beschikbaar is. Het vliegveld is echter niet ingericht voor CatII operaties. Er zijn bijvoorbeeld geen ILS CatII holding lijnen/bebording en daardoor wordt hiervoor de eerst hogere markering gebruikt, namelijk de ILS CatIII markering. Deze liggen echter op een grotere afstand van de baan dan nodig is voor een CatII nadering, omdat de ILS SA breedte voor CatII naderingen mogelijk kleiner is dan die voor CatIII. Het vrijmaken van de ILS SA duurt bij BZO B op dit moment daarom langer dan strikt noodzakelijk, maar de operatie en inrichting van het veld is wel minder complex.

**Conclusie:** omdat er anders dan CatII volgseparaties geen CatII operatie wordt gebruikt, wordt deze verder niet meer beschouwd.



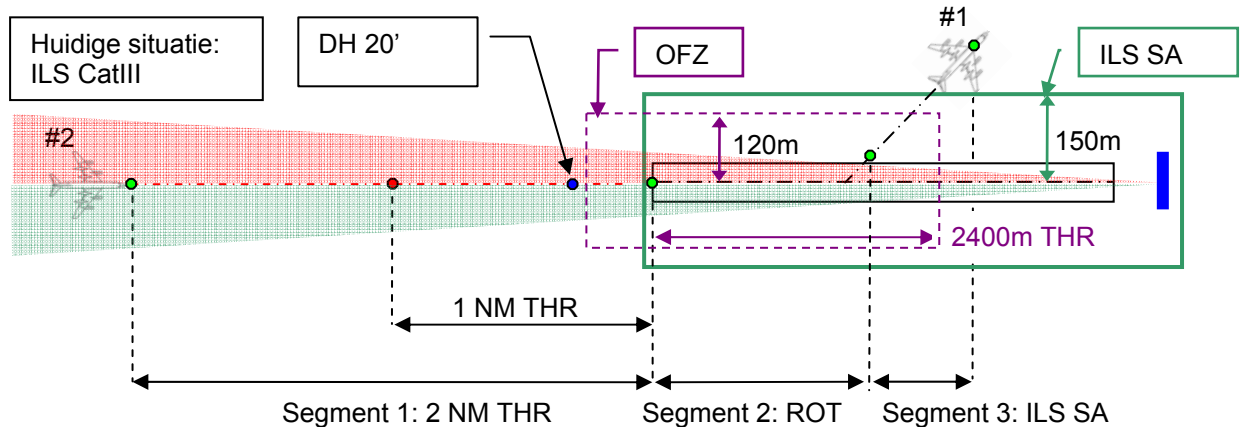
### 2.3.3 ILS CatIII operatie, BZO C (en D)

Tijdens de CatIII operatie doorloopt een vliegtuig tijdens de landing 3 segmenten (afstanden tussen de groene punten in figuur 8), namelijk:

- Segment 1. Dit is het segment tussen de baandrempel en een punt 2NM er voor. Het tweede vliegtuig (#2) mag pas in dit segment komen als zijn voorganger (vliegtuig #1) de ILS Sensitive Area verlaten heeft. Voor het verlaten van de ILS SA moet het volledige vliegtuig, en met name het *verticale* staartvlak, zich buiten de rand van de ILS SA bevinden. De beschreven beperking garandeert een bruikbaar ILS signaal voor vliegtuig #2, dat door #1 niet meer verstoord kan worden;
- Segment 2. Het segment op de baan. De tijd die een vliegtuig op de baan verblijft wordt ook aangeduid met de ROT. Zie hierover ook de opmerking in §2.2.4;
- Segment 3. Het verlaten van de Sensitive Area, zodanig dat alle vliegtuigdelen vrij zijn van dit gebied (zie positie vliegtuig 1 in figuur 8 hieronder)



Het vliegtuig heeft voor de eerste twee segmenten ongeveer 1 minuut nodig om de verschillende afstanden af te leggen. De tijdsduur in het derde segment is op dit moment erg variabel, namelijk tussen 14 en 88 seconden (waarnemingen uit het jaar 2006, tijdens BZO C).



Figuur 8: Bovenaanzicht van ILS CatIII operatie

#### Vlieger perspectief

- De hartlijnverlichting (volgens ICAO Annex 14) is op Schiphol op de exits van de landingsbanen aanwezig. De afwisselend groen/gele verlichting loopt 60m parallel aan de baan centreline verlichting, zodat de vlieger van tevoren enigszins kan inschatten waar zich een exit bevindt. Enigszins, omdat 60m onder slecht zicht omstandigheden niet heel groot is en waardoor het anticiperen op een mogelijk haalbare exit moeilijk is. Dit beïnvloedt daardoor de mogelijkheid om de ROT onder deze omstandigheden gelijk te houden aan die onder goed zicht omstandigheden;
- Tijdens slecht zicht omstandigheden valt het op dat de verlichting en markeringen er voornamelijk op gericht zijn om het ongewenst betreden van de baan door een vlieger te voorkomen. Hiervoor zijn o.a. stopbars, no-entry signs en 3 ILS CatIII lijnen (op de exits N1, W1 en W10) aanwezig. Van de baan *naar* het taxibanenstelsel toe zijn deze aanwijzingen veel minder duidelijk. Het verlaten van de ILS SA op veelvuldig gebruikte exits is nu alleen aangegeven d.m.v. de overgang van de groen/gele hartlijnverlichting naar de groene taxibaan centreline verlichting. Deze overgang ligt voor vliegers die weinig

bekend zijn met CatIII operaties ongewoon dicht tegen de eerste taxibaan aan (nl. 150m uit de hartlijn van de landingsbaan);

- Uit [ILS SA Awareness] en reacties van op Schiphol zeer bekende vliegers blijkt echter, dat vliegers matig tot slecht op de hoogte zijn van de betekenis van de kleurovergang in de exitverlichting en hoe een vlieger met zijn taxigedrag in de ILS SA de capaciteit tijdens ILS CatIII operaties beïnvloedt;
- De vlieger heeft op de meest gebruikte exits geen ILS CatIII holding lijn beschikbaar, waaraan hij kan zien of het vliegtuig wel/niet vrij is van de ILS CatIII SA;
- Het taxigedrag van de vlieger wordt daarbij ook beïnvloed doordat hij dient om te schakelen van de landingsfase naar de grondfase. Hier is enige tijd voor nodig, die naar gelang het zicht slechter is langer duurt. Op Schiphol dient door de vlieger zelfstandig overgeschakeld te worden (auto QSY) naar de GC waar hij taxi instructies ontvangt. Hij dient de "taxi-in handelingen" te doen en zich te oriënteren waar hij zich op de grond bevindt en dat te vertalen naar zijn positie op de 'ground movement chart'. Dit is een complex proces doordat er na een relatief eenvoudige landing plotseling veel informatie dient te worden verwerkt;
- Als laatste wordt hier de complexiteit van de exit-geometrie genoemd. Vooral de exits N2, N3, N4 en W7 bevatten een splitsing in de exit binnen de breedte van de ILS SA. Als gevolg hiervan moet de vlieger zich ter plekke oriënteren op de te volgen taxiroute voor het verlaten van de ILS SA, "moet ik naar links of rechts?" plus de handelingen die bij het in-taxiën gedaan dienen te worden. Hierdoor blijven vliegtuigen soms lang op de exit staan om de informatie te verwerken, terwijl de vlieger door de auto QSY procedure op Schiphol soms voor de verkeersleider in kwestie (de RC) niet bereikbaar is (hij is dan al doorgeschakeld naar GC).

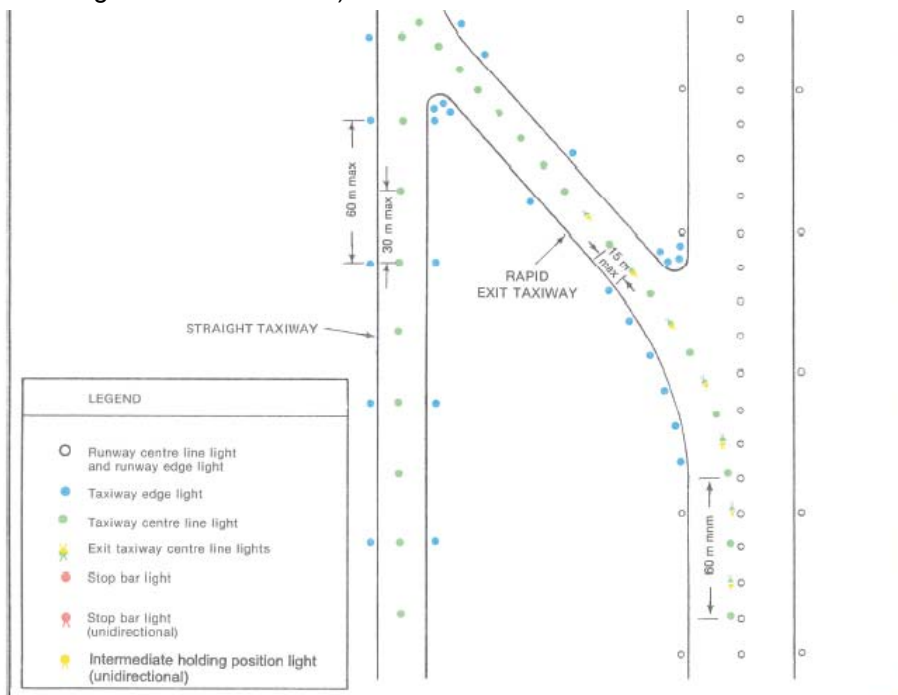


Figure 5-24. Taxiway lighting

5/11/04

5-44

Figuur 9: Exit lights volgens ICAO Annex 14 (§5.3.16.7)

### Verkeersleider perspectief

Over de huidige landingsoperatie zijn een aantal opmerkingen te maken:

- De aansturing van de stroom vliegtuigen naar de baan geschiedt d.m.v. handhaving van de separatie op final. Daarin is de werkwijze gelijk aan die onder ILS CatI condities, behalve dat de separatiewaarde onder CatIII omstandigheden groter is;
- VDV2-0901: tijdens BZO moet een naderend vliegtuig op minimaal 2 NM voor GP-intersectie op de LLZ established zijn. De achtergrond is, dat tijdens BZO een stabiele nadering moet worden uitgevoerd;

- De Runway Controller (RC) moet verifiëren dat het gelande vliegtuig (#1 in figuur 8) vrij is van de ILS SA, voordat het volgende vliegtuig (#2) segment 1 binnenvliegt en dus binnen 2NM voor de landingsbaan komt (zie ook VDV2-0901);
- Bij het vaststellen of een vliegtuig vrij is van de ILS SA gebruikt de RC een indirecte relatie tussen de geometrie van het taxibanenstelsel en de primaire presentatie van het vliegtuig. Een directe presentatie van ILS SA op het grondradar scherm (A-SMGCS/MLT) is niet beschikbaar.

## 2.4 Opbouw van de separatie op andere vliegvelden

De Eurocontrol Performance Review Unit (PRU) heeft in [Punctuality Drivers] een overzicht gemaakt (zie tabel 2) van de op grote Europese vliegvelden in gebruik zijnde separaties tijdens Cat I/II/III condities in 2004. Dit overzicht is opgesteld uit data van ANSP's zelf en laat zien dat de separatiewaarden belangrijk verschillen. De separatiewaarden voor Amsterdam zijn overgenomen uit het VDV en geven hierdoor aan welke separatie waarden in de operatie worden gebruikt als minimum separatie.

Tabel 2: Eurocontrol PRU

Airport (2004)	ILS-CAT I	ILS-CAT II	ILS-CAT IIIa	ILS-CAT IIIb
Paris Charles de Gaulle	2.5-3	6	6	6
Frankfurt	2.5-3	6	8	8
London Heathrow	2.5-3	6	6	6
Amsterdam	3	6	8	9
Madrid Barajas	3	6	6	n/a
Munich	3	6	6	6
Rome Fiumicino	3-5	Not specified	Not available	Not available
Barcelona	4	16	16	16
Zurich	3	6	6	6
Vienna	2.5	5	5-7	5-7
Milan Malpensa	3	8	10	15

De verdere data in deze paragraaf is opgenomen als referentie t.o.v. de data die beschikbaar is voor het vliegveld Schiphol.

### 2.4.1 Heathrow (EGLL)

#### Algemeen:

Algemene Aerodrome Information, met betrekking op landingsoperatie:

- Londen past overdag een minimale landingsseparatie toe van 2.5 NM tijdens goed zicht condities en met een minimum tegenwind component van ongeveer 10kts. De vliegsnelheid en 2.5 NM separatie moeten gestabiliseerd zijn voor 8 NM van de baandrempel. Als niet aan alle voorwaarden is voldaan, wordt als minimum de standaard minimum radar separatie van 3 NM toegepast;
- De ILS CatIII SA op Heathrow is 137m breed aan een zijde van de centreline van de landingsbaan, langs de gehele lengte. De 137m waarde is gekoppeld aan het Reiffer-rapport uit 1971, waarin de ILS SA breedte is vastgesteld op basis van een statisch/dynamisch verstoringsverhouding van 0/100%.

#### ROT reductie:

- Vliegers worden gevraagd om de landingsbaan snel vrij te maken, zodat ATC een minimale spacing op final approach kan toepassen (rekening houdend met wake vortex) en daarmee de baancapaciteit kan optimaliseren en het aantal Missed Approaches (MA's) kan minimaliseren;
- Vliegers worden gevraagd de eerst mogelijke afslag te nemen, die voor de vlieger haalbaar is. Alle exits zijn daarvoor verlicht;

#### Runway vacation guidelines:

- Vliegers worden gevraagd om 'hold short of taxiway A (eerste taxibaan vanaf de exit)'. Er is door ATC beoordeeld, dat er op final approach voldoende ruimte is om het gelande vliegtuig op de exit te laten wachten, voordat het op de taxibaan verder taxiet. Van de vlieger wordt verwacht dat deze bij het runway exit bord/stopbar stopt en de taxibaan niet betreedt;

- In het geval dat de vlieger door RT-bezetting niet in staat is om GC te bereiken, wordt van de vlieger verwacht dat deze de landingsbaan compleet vrijmaakt en doortaxiet tot op de eerste taxibaan. Daar moet de vlieger stoppen totdat deze GC kan bereiken.

**LVP:**

- Heathrow vermindert de capaciteit van de landingsbaan van 46/48 per uur tot rond 24 per uur gedurende LVP. In deze periode hebben de korte afstandsvluchten disproportioneel veel last van de capaciteitsbeperkingen, omdat de CFMU beperkingen niet worden toegepast op het 'out of area' verkeer. 24 landingen per uur komt overeen met een separatie van 6 NM op final;
- Tijdens LVP (zie ook tabel 2 hierboven) wordt een *minimum* radarseparatie van 6 NM aangehouden. De actuele separatie wordt bepaald door de Heathrow tower controller, waarbij rekening is gehouden met alle relevante factoren, zoals zicht, droge/natte baan, wind, etc. De actuele capaciteit en evt. veranderingen worden dan doorgegeven aan CFMU, die vervolgens de verkeersstroom naar Heathrow reguleert;
- Effectief wordt daarbij tijdens BZO C (ILS Cat IIIa) voor mediums een separatie van 7 NM aangehouden en voor heavies 8NM;
- Vliegers worden gevraagd de call 'RUNWAY VACATED' uit te stellen, totdat zij volledig voorbij het einde van de groen/gele kleur gecodeerde taxibaan centreline lichten zijn;
- Een (oude, 1984) beschrijving van LVP op Heathrow is opgenomen in Doc9476 / Appendix A / Ch1 (Examples of Low Visibility Procedures).

**MLS:**

- De details van de voorziene MLS-operatie op Heathrow zijn opgenomen in [Visit Heathrow]. Hieruit blijkt dat luchtvaartmaatschappij BA MLS zal gebruiken t.b.v. haar short haul vloot;
- De capaciteitseffecten in het eindscenario zijn: 6 extra landingen op de startbaan (beperkt mixed mode) en 6 extra landingen op de landingsbaan (onder LVP, door een gereduceerde separatie);
- De MLS-operatie is qua procedure opzet gelijk aan die voor een GBAS-operatie, waardoor men door de huidige stap naar MLS-toepassing alvast is voorbereid op verdere voorziene ontwikkelingen in landingssystemen.

## 2.4.2 Frankfurt (EDDF)

**Algemeen:**

- Speed control op final approach: tot LLZ intercept vliegt men maximaal 210 kts IAS en na het passeren van de OM maximaal 160 kts IAS;
- Een landend vliegtuig mag pas de baandrempel passeren als het reeds gelande vliegtuig vrij is van de OFZ en nog steeds beweegt.

**LVP:**

- Van alle landingsbanen is de afrit centreline verlichting binnen de ILS SA geel/groen gecodeerd;
- Vliegers worden gevraagd zich vrij te melden van de kleur gecodeerde centreline verlichting.

## 2.4.3 Parijs/ Charles de Gaulle (LFPG)

**Algemeen:**

- De landingsseparatie mag worden gereduceerd tot 2.5 NM:
  - Onder droge en natte omstandigheden, behalve met sneeuw, ijs of zware neerslag in de vorm van regen of hagel;
  - Als de voorganger van een gelijke of minder zware wake turbulence categorie is;
  - Wake turbulence categorie Heavy en de B757 mogen alleen een ander vliegtuig volgen met een gereduceerde separatie.

**ROT reductie:**

- De vlieger wordt gevraagd de landingsbaan via de eerst mogelijk RET vrij te maken, die aangelegd zijn voor snelheden tot 50 kts (onder natte omstandigheden).

**LVP:**

Geen aanwijzingen voor aparte procedures onder LVP.

#### 2.4.4 Madrid/Barajas (LEMD)

**ROT reductie:**

- T.b.v. een minimale baanbezettingstijd (ROT) is het verplicht de landingsbaan zo snel mogelijk vrij te maken, met aandacht voor noise abatement procedures, AOM instructies en passagier comfort. Per baan is hiervoor een vaste taxiroute gekoppeld aan de gebruikte exit.
- Barajas geeft aan wel gebruik te maken van Rapid Exit Taxiway Indicator Lights op specifieke exits van 4 banen (RETILs, zie ook de beschrijving in §3.2.1.5). Hierdoor kan de vlieger verder van de exit af (minimaal 300m) al anticiperen op deze exit en de extra geleidingsinformatie gebruiken om de remvertraging aan te passen. De ROT (dag/nacht) kan hierdoor mogelijk worden gereduceerd;

**LVP:**

- LVP begint met een RVR van 600m of kleiner en/of een wolkenbasis lager dan 250ft;
- Landingsklaring wordt altijd gegeven op meer dan 2 NM van de baandrempel. Als deze dan nog niet gegeven kan worden, moet een Missed Approach (MA) worden verwacht;
- Na de landing moet de vlieger via voorgeschreven exits de baan verlaten en melden: runway vacated, twy used en LLZ SA vacated;
- Taxi guidance: na de landing volgt men alleen de verlichte exits totdat men vrij is van de ILS SA. Vervolgens komen er instructies van GC of moet men stoppen. In het geval van twijfel wordt gevraagd om te stoppen, buiten de ILS SA, en te verzoeken om Follow-Me voertuig assistentie.

#### 2.4.5 Rome, Fiumicino (LIRF)

**LVP:**

- Vlieger moet de TWR oproepen als het vliegtuig vrij is van de ILS SA (gecodeerde centreline verlichting);
- Bij een 'lost com' situatie in de manoeuvring area moet het vliegtuig zowel de landingsbaan als de ILS SA vrijmaken tot op de naastliggende taxibaan en vervolgens daar een Follow-me voertuig opwachten.

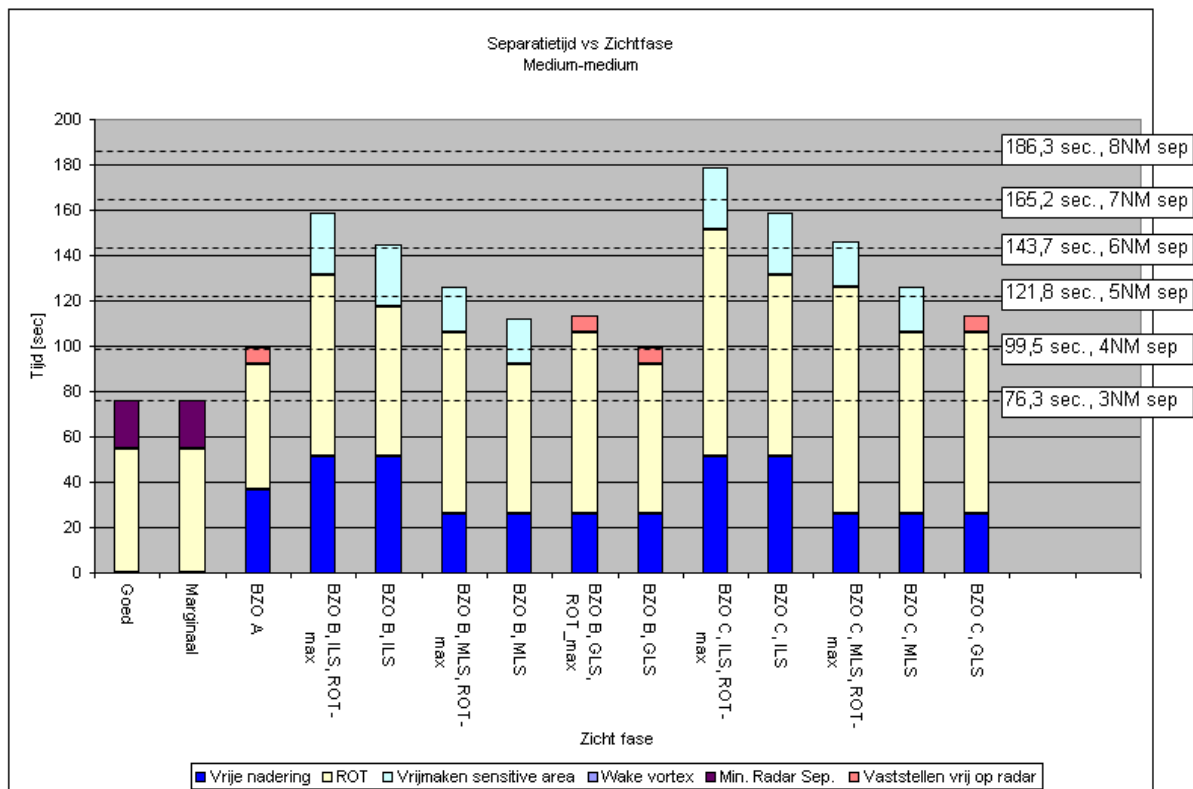
Conclusie: in de AIP's van de hier besproken vliegvelden is specifieke informatie opgenomen over wat er van vliegers wordt gevraagd t.a.v. ROT en LVP-omstandigheden.

### 2.5 Landingscapaciteit

Allereerst zal er een algemene presentatie van de theoretisch mogelijke landingscapaciteit worden gegeven op basis van een aantal aannamen. Vervolgens is de werkelijke operatie onder BZO C geanalyseerd om de werkelijke landingscapaciteit vast te stellen onder de slechtste zichtomstandigheden binnen de scope van het project. Deze analyse is in de deeloplossingen van hoofdstuk 3 verder uitgewerkt om te laten zien waar mogelijkheden voor verbetering aanwezig is.

#### 2.5.1 Theoretische landingscapaciteit

De theoretische landingscapaciteit is in Appendix A uitgewerkt voor 3 landingsystemen, namelijk ILS, MLS en GBAS. Daartoe is de benodigde tijd per nadering verzameld op basis van een aantal aannamen en is inzichtelijk welk aandeel een specifieke landingsfase heeft bij een specifiek landingssysteem. De resultaten zijn samengevat in onderstaande figuur 10.



Figuur 10: Landingsysteem en zichtconditie vs. minimaal benodigde separatie

### 2.5.2 Huidige landingscapaciteit

In de huidige operatie worden voor de landingscapaciteit door de verkeersleiding standaard werkwijzen gehanteerd, die zijn gebaseerd op getallen uit het [VDV]. De mogelijke capaciteit wordt daarbij elk jaar opnieuw vastgesteld in [Overzicht Uurcapaciteit]. De onderstaande analyse van de landingscapaciteit is gebaseerd op radardata uit het kalenderjaar 2006.

Redenen voor deze keuze zijn:

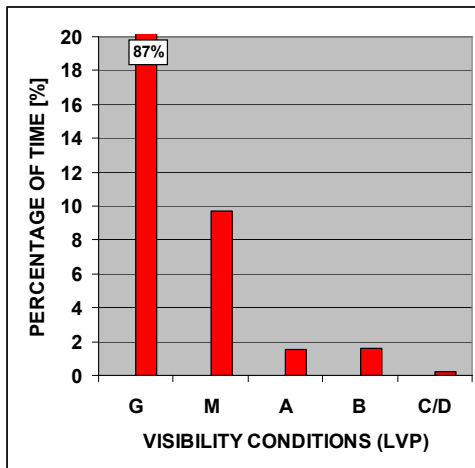
1. De data uit 2006 was de meest recent beschikbare data bij de start van het onderzoek;
2. De Polderbaan was al in gebruik, waardoor de operatie (baancombinaties en complexiteit) lijkt op die van nu;
3. De BZO C data (ILS CatIII) wordt verondersteld de meest moeilijke condities te laten zien binnen de zicht scope (in de range van marginaal t/m BZO C). De data zullen daarom de hoogste tijden opleveren voor de segmenten 2&3 (zie ook de beschrijving in §2.3.3). Omdat er geen effect wordt verwacht van zicht op de tijdsperiode in segment 1, is daarmee de totale tijd voor BZO C het hoogste;
4. De ROT/SA bepaling moest handmatig uitgevoerd worden, omdat de combinatie van radartrack, vliegtuig romplengte en transponder positie niet te automatiseren was. Deze bepaling is daarom alleen geschikt voor een relatief kleine dataset. Tijdens BZO C was het aantal landingen enigszins beperkt (204 vluchten) en kon de analyse binnen redelijk tijd uitgevoerd worden. De periode waarin fase BZO C van kracht is, is daarbij afgeleid uit het wachtrapport (met de aanname dat alle BZO fases gerapporteerd zijn) en geverifieerd met de meteorologisch condities (een combinatie van een lage temperatuur, een relatieve vochtigheid van 100%, zeer weinig wind en bij BZO C horende RVR's van het KNMI). In de genoemde afleiding is wel vastgesteld dat de door verkeersleiding ingestelde fase anticipeert op de slechts voorkomende zichtwaarde (RVR) die mogelijk voor zal gaan komen, maar dat de actuele separatie aangepast wordt aan de werkelijk optredende zichtwaarden. De operationele condities voor de vlieger, en daarmee de gerealiseerde ROT & SA-tijden zijn daardoor mogelijk iets optimistischer, dan wanneer er de gehele tijd pure BZO C omstandigheden waren geweest. Een voorbeeld voor 3 maart 2006 is in figuur 12 aangegeven.

De vlootmix van de in 2006 gelande vliegtuigen (217432 landingen in totaal) bestond toen uit een mix van wake vortex categorieën light, medium en heavy, namelijk:

- Light 2278 (1,0%);
- Medium 176945 (81,4%);
- en Heavy 38209 (17,6%);

De herleidbare aantallen uren BZO in 2006 waren:

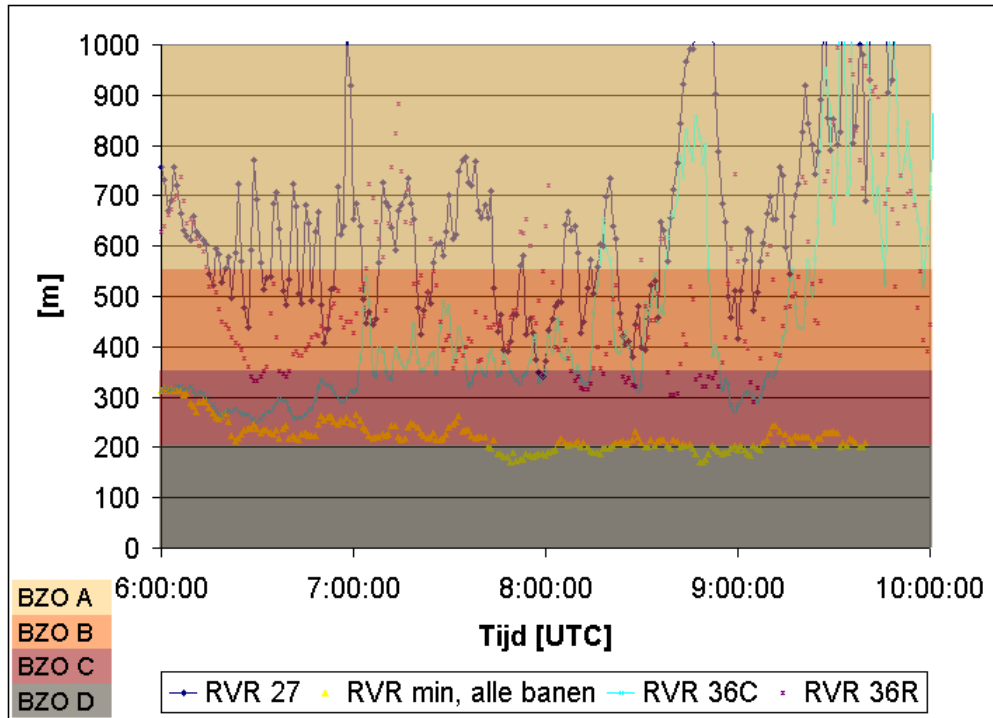
- BZO fase A: 79 uur
- BZO fase B: 42 uur
- BZO fase C: 8,5 uur (Fase C&D samen komen in de periode van 2003-2007 per jaar ongeveer 0.26% van de tijd voor, wat overkomt met ongeveer 23 uur per jaar. Bron: [KNMI BZO])
- BZO fase D: niet gemeld.



Figuur 11: Voorkomen van verschillende zichtfasen in de periode 2003-2007, bron [KNMI BZO]

De tijden in de 3 ILS CatIII segmenten zijn met de volgende tools vastgesteld:

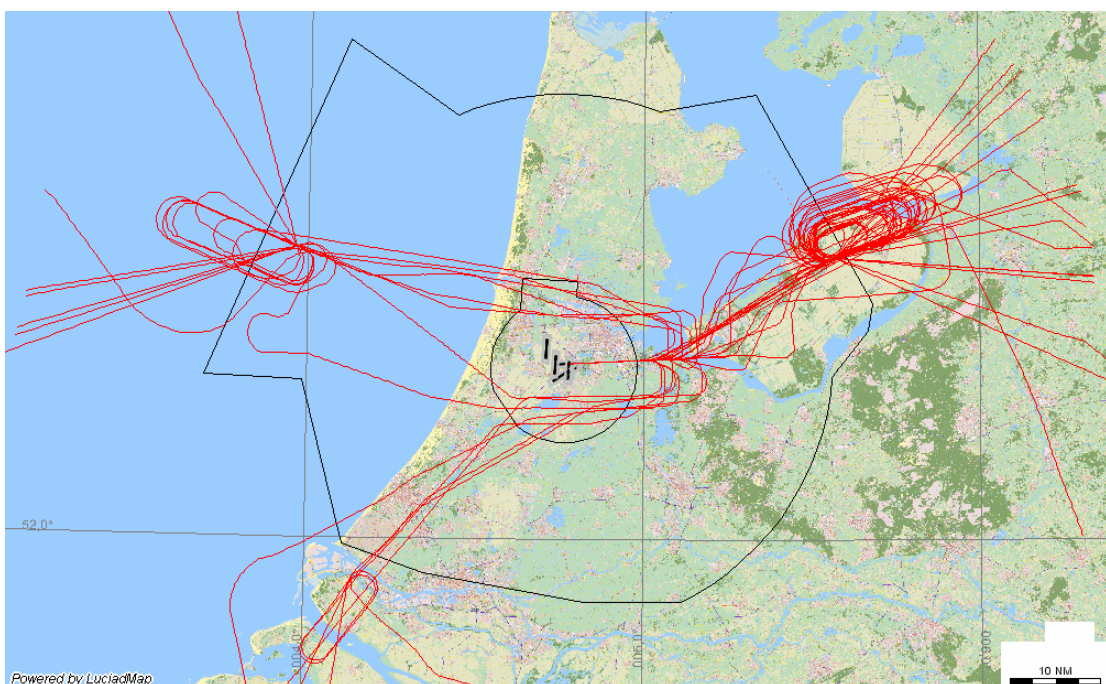
- Segment 1 (2 NM voor de baandrempel): handmatig met VEMMIS;
- Segment 2 (ROT, gemodificeerd): automatisch met MLT-Analyse (ontwikkeling van het NLR);
- Segment 3 (vrijmaken van de SA): handmatig met behulp van SASS-C.



Figuur 12: Actuele RVR-waarden baan 27 op 3 maart 2006, tijdens BZO fase C

Opmerkingen:

1. De minimum RVR op Schiphol was op 3 maart 2006 op de rand van BZO C en D;
2. De werkelijke RVR op de in gebruik zijnde landingsbanen was meestal hoger en vaak fase BZO-B;
3. De capaciteit lijkt op de werkelijke RVR te zijn aangepast (zoals die ook op CCIS voor de APP verkeersleider beschikbaar is);
4. Operationele omstandigheden: er werd vrijwel continue gebruik gemaakt van de stacks en 1+1 baangebruik (wat ook duidt op BZO fase C), zie figuur 13;
5. Als het zicht  $\leq 1500\text{m}$  en/of de wolkenbasis  $\leq 300\text{ft}$  is (BZO A of slechter), gelden er geen preferentievorgorden voor baangebruik ([VDV], deel2, §4.03). Alle gebruikte banen onder BZO zijn hierdoor voor de analyse even waardevol.



Figuur 13: Stack-gebruik op 3 maart 2006 tussen 0700-0900 LT



Voor de volledigheid is de volgende tabel 3 opgenomen om aan te geven wanneer wake vortex separatie criteria leidend zijn en wanneer de zicht criteria meer beperkend zijn. Dit blijkt het geval te zijn vanaf BZO-B.

Tabel 3: Relatie tussen wake vortex en zicht separaties

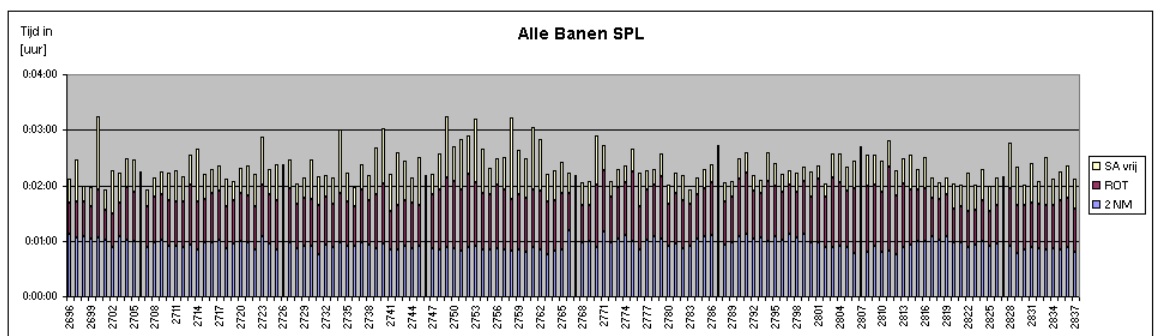
Visibility	ILS Cat.	Radar Sep.	GC capaciteit	M-L	H-H	H-M	Wake vortex H-L	S-S	S-H	S-M	S-L
		[NM]	[-]	[NM]	[NM]	[NM]	[NM]	[NM]	[NM]	[NM]	[NM]
Good	I	3	Opm. 1	5	4	5	6	4	6	8	10
Marginal	I	3	Opm. 1	5	4	5	6	4	6	8	10
BZO A	I	4	80	5	4	5	6	4	6	8	10
BZO B	II	6	74	5	4	5	6	4	6	8	10
BZO C	IIIa	8	47	5	4	5	6	4	6	8	10
BZO D	IIIb	9	36	5	4	5	6	4	6	8	10
	Wake vortex separaties groter zijn dan BZO-separaties (de geldende minimale radar separatie door de zichtomstandigheden)										
	Wake vortex separatie is even groot als de bij de BZO-fase horende minimum separatie										
	Rood geeft aan wanneer BZO criteria leidend zijn voor de separatie bepaling.										
L	Light (MTOW ≤ 7000 kg)										
M	Medium (7000 kg < MTOW < 136000 kg)										
H	Heavy (136000 kg ≤ MTOW)										
S	Super (op dit moment alleen de A380-800)										
	Belangrijkste wake vortex vliegtuig paren voor de Schiphol operatie										

Opmerking 1: Onder goed en marginaal zicht zijn de baan- en TMA-capaciteit de beperkende factoren voor de totale afhandelingscapaciteit en niet GC;

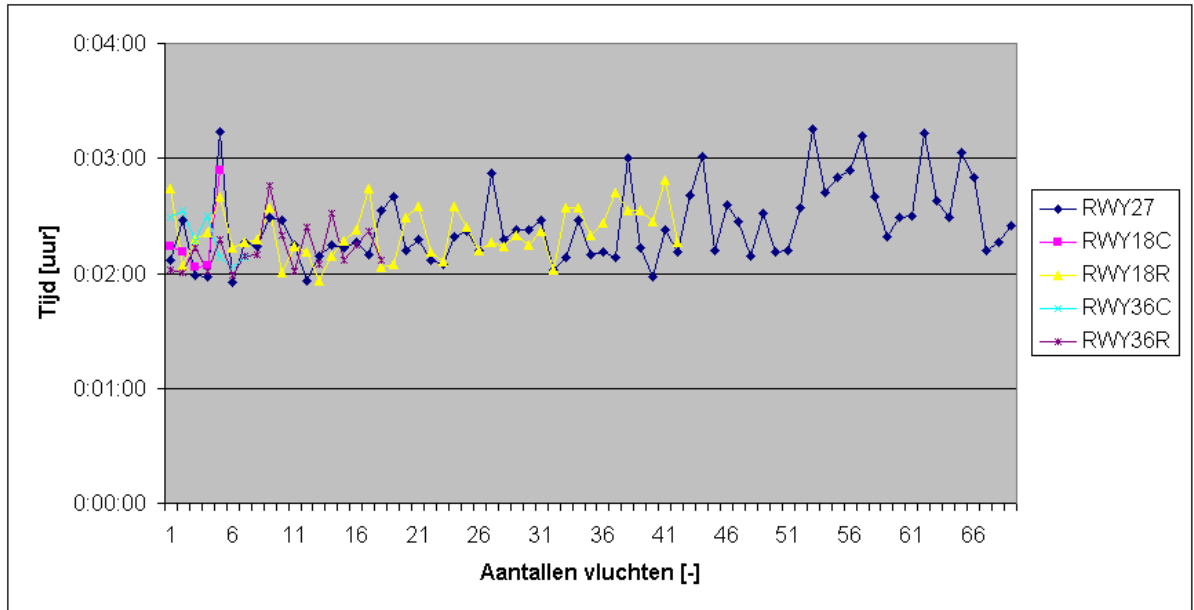
Opmerking 2: Onder slecht zicht condities opereert een vlieger op basis van de geldende ILS Categorie en een verkeersleider op Schiphol doet dat aan de hand van de ingestelde BZO fase. De relatie daartussen is dus van belang.

In deze studie is een andere benadering gekozen dan in de [Voorstudie]. In de Voorstudie is gebruik gemaakt van een statistische benadering voor de ROT bepaling en aannames van de taxiselnelheden bij de van toepassing zijnde BZO-fase. In deze studie is er gekeken naar actuele radardata, die het overbodig maakt om de onzekerheden in de bepaling van de tijden in de verschillende segmenten bij elkaar op te tellen. Hierdoor ontstaat er geen onnodige overlap van de standaard deviaties van de 3 componenten, maar is het ondanks dat wel mogelijk om standaard deviaties vast te stellen. Het is alleen zinnig om de 3 segmenten uit dezelfde vlucht op te tellen, maar veel te conservatief om de maxima van elk segment van alle vluchten bij elkaar op te tellen. Uit de analyse over 2006 blijkt namelijk, dat de conservatieve statistische benadering een maximale vluchtperiode van 4min10sec zou opleveren, tegen 3min15sec die werkelijk maximaal gerealiseerd is (conservatieve overschatting met maar liefst 28%).

De volgende figuren 14 en 15 geven aan welke tijden er op Schiphol onder BZO C gerealiseerd worden voor vluchten, die alle drie ILS CatIII segmenten doorlopen:



Figuur 14: Overzicht 2006, Individuele vluchten van alle landingsbanen



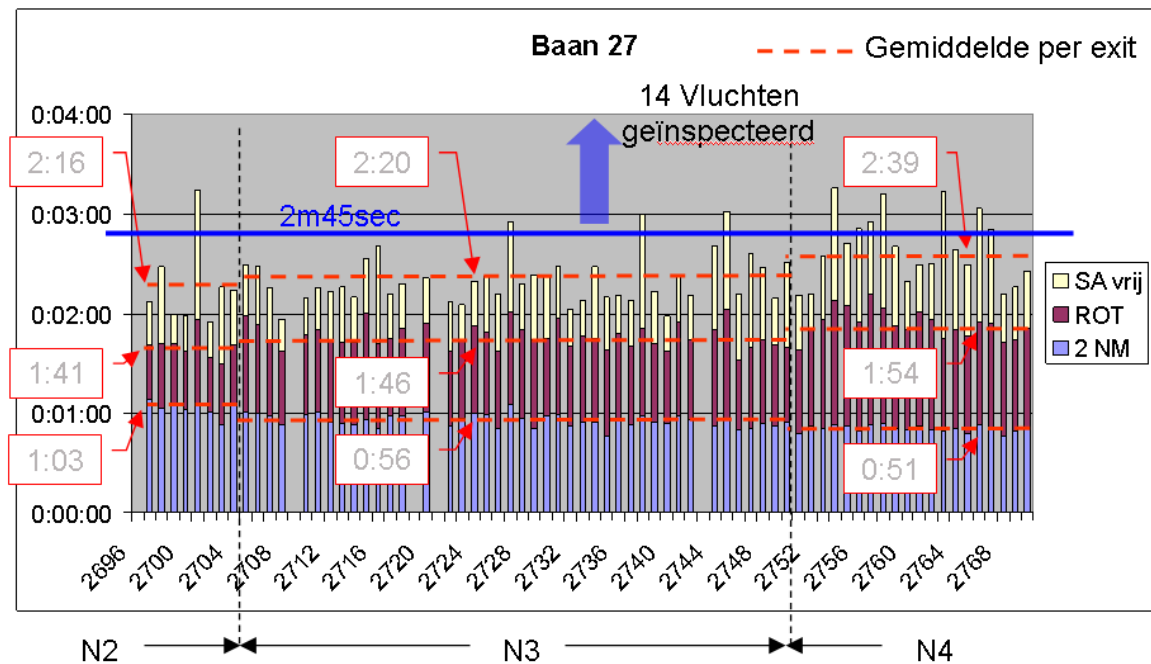
Figuur 15: Overzicht 2006, Totale ILS CatIII tijd van de geanalyseerde banen

Uit figuur 14 zijn de volgende gegevens in tabel 4 af te leiden voor alle vluchten waarvoor data uit alle drie segmenten beschikbaar was (142 vluchten) uit 2006:

Tabel 4: Tijden van de 3 CatIII segmenten en totalen voor jaar 2006

	Min	Gemiddeld	Max	Std. dev.
2 NM [min:sec]	00:46	00:56	01:11	0:00:06
ROT* [min:sec]	00:32	00:53	01:31	0:00:10
SA [min:sec]	00:14	00:32	01:28	0:00:13
Totaal [min:sec]	01:55	02:22	03:15	0:00:17

\*Aangepaste ROT definitie volgens §2.2.4

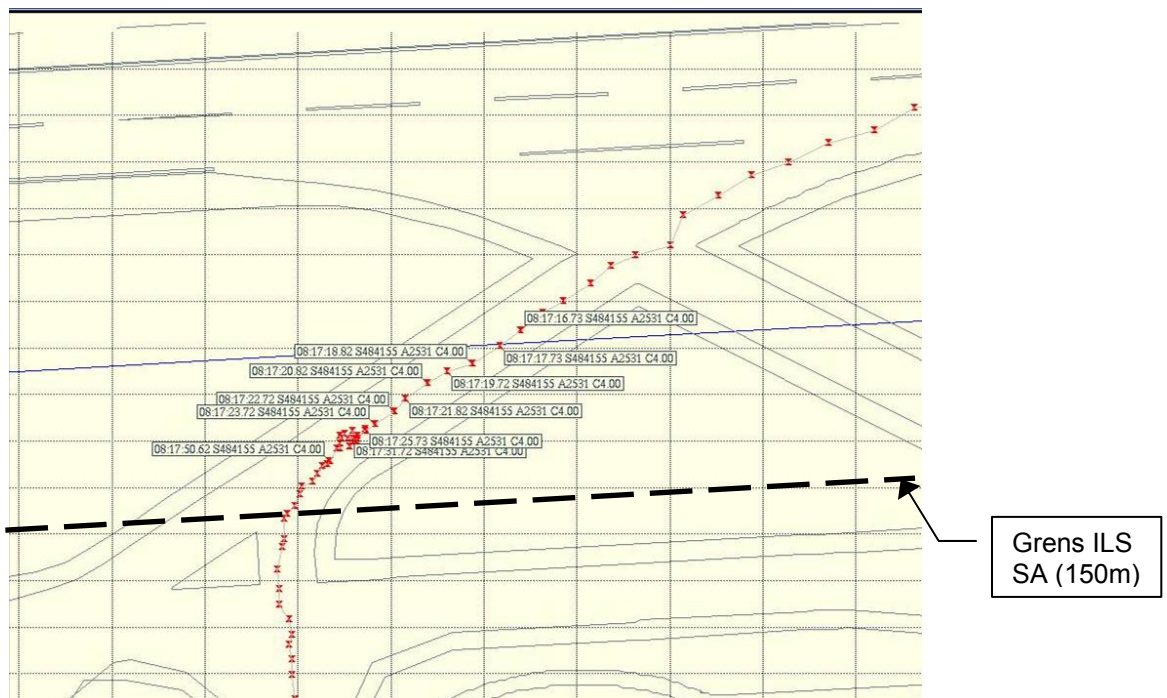


Figuur 16: Overzicht 2006 landingsbaan 27

Bij inzoomen op de landingen op baan 27 blijkt hieruit, dat:

1. Het aanvliegen van de 2 NM een zeer kleine spreiding in tijd kent en voornamelijk toe te schrijven is aan de verschillende vliegtuigtypen. De mediums vliegen minder hard en doen

- er daardoor relatief lang over (zij bepalen de maximum tijd) en de Heavies vliegen harder (zij bepalen de minimum tijd);
2. De ROT varieert. De kortste tijden worden gerealiseerd door Mediums die met een behoorlijk remvertraging de eerste afslag weten te nemen en de maximum tijd is een Heavy de moeite heeft om zijn afslag te bereiken;
  3. De spreiding in de tijd voor het verlaten van de SA is erg groot. Het verschil tussen het gemiddelde en maximum is namelijk bijna een minuut. Aan de hand hiervan is er in detail gekeken naar alle vluchten die in totaal meer dan 2min45sec (dit zijn de zichtbare pieken in de totale landingstijd) nodig hadden om de drie segmenten te doorlopen. Het blijkt dat deze vluchten binnen de SA meestal vrijwel stil blijven staan gedurende  $\pm 20$ -25seconden (zie ook figuur 17) t.b.v. oriëntatie & transitie naar grondoperatie. Men beseft daarbij vaak niet, dat men binnen de ILS SA stopt, terwijl er geen conflicterend verkeer aanwezig is. Dit betreft 14 vluchten (5 Mediums en 9 Heavies, waarvan er 6 behoren tot luchtvaartmaatschappijen die relatief onbekend op Schiphol zijn). Andere vluchten met hetzelfde vliegtuigtype blijken echter wel in staat te zijn tot veel lagere tijden (het ligt dus niet aan dat vliegtuigtype);
  4. De maximale tijd (03:15) die gevonden is geeft al aanleiding tot een hogere capaciteit dan de huidige 17 vliegtuigen/uur/baan, namelijk 18/uur/baan (interpolatie uit tabel 5) onder BZO C, puur op basis van de landingscapaciteit van de huidige landingsbanen van Schiphol.



Figuur 17: Voorbeeld langzaam taxiën binnen de ILS SA, op exit N3 van baan 27

Tabel 5: Landingscapaciteit en separatie volgens[VDV], deel2, §9.01, tabel 2

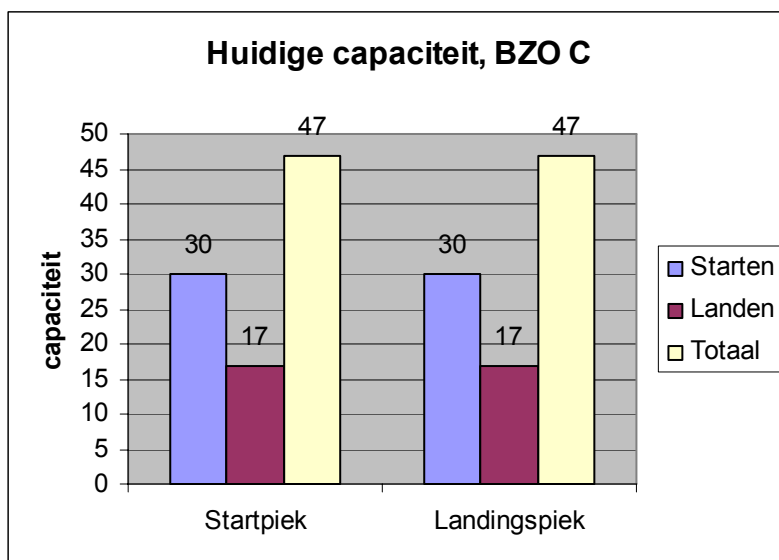
Separatie (NM)	LIV (minuten)	Capaciteit (vltg/uur)
3	1,8	33
4	2,0	30
5	2,5	24
6	2,7	22
7	3,0	20
8	3,5	17
9	3,7	16
10	4,0	15
12	5,0	12
14	6,0	10

### 2.5.3 Balans lucht- en grondcapaciteit

Landingscapaciteit en grondcapaciteit zijn op een luchthaven nauw met elkaar verbonden. Idealiter moeten er ieder uur evenveel vliegtuigen opstijgen als dat er landen, omdat er bij een landingsoverschot steeds meer vliegtuigen een plaats aan de terminals zouden moeten vinden. Hierdoor zou uiteindelijk het gehele vliegveld vollopen.

Uit het huidige verkeersaanbod blijkt wel dat een perfecte balans<sup>1</sup> tussen landen en starten niet aanwezig is en dat er dus meestal sprake is van een start- of landingspiek. Tijdens landingspieken wordt daarbij het landende verkeer afgehandeld op 2 landingsbanen en het startende verkeer op 1 startbaan (2+1 baangebruik). Tijdens een startpiek is dit precies andersom. Daarnaast komen er ook off-peak periodes voor waarin het startende en landende verkeer op elk 1 baan afgehandeld kan worden (1+1 baangebruik).

Tabel 5 in §2.5.2 laat zien welke GC capaciteit er op dit moment onder de verschillende zichtomstandigheden beschikbaar is. Door de [VEMER Groundlabels] is de capaciteit van GC t.b.v. slecht zicht operaties al wel vast bijgesteld t/m BZO-B, maar nog niet voor BZO C&D. Dit omdat tot dan toe de separatie op final en 1+1 baangebruik tijdens BZO C beperkend waren voor de totale capaciteit en niet GC. Tijdens BZO C is er dan ook geen verschil in start- en landingscapaciteit mogelijk, door de capaciteitsbeperking van zowel GC (47 beweging/uur) als van de landingsbaan (17 landingen/uur). Zie voor deze verdeling ook figuur 18 hieronder.

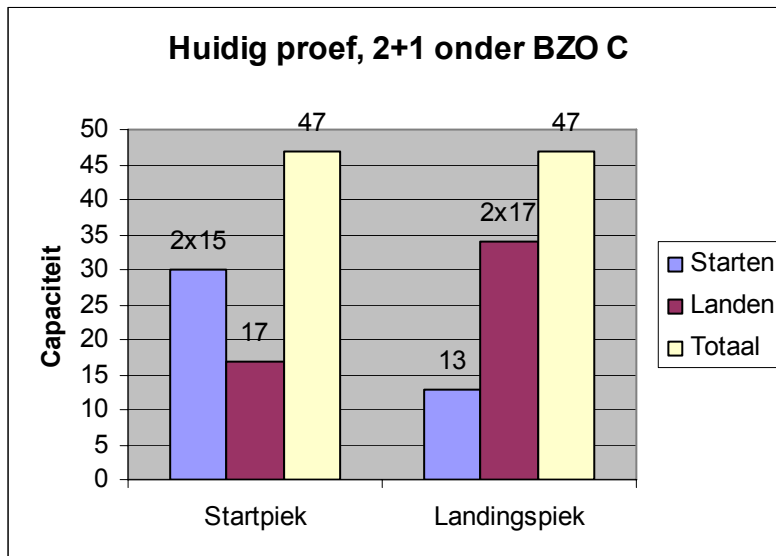


Figuur 18: Start- en landingscapaciteit tijdens een start- of landingspiek bij 1+1 baangebruik

Vanaf 1 januari 2008 is er effectief gestart met een proef met 2+1 baangebruik onder BZO C. Uit de [Vorstudie] bleek namelijk, dat het inzetten van een extra landingsbaan onder BZO C de meest direct verhoging van de landingscapaciteit zou opleveren. Tijdens de huidige proef wordt er maximaal een verdubbeling van landingscapaciteit aangeboden, die ten koste gaat van de beschikbare startcapaciteit. Dit komt omdat de totale GC-capaciteit nog niet verhoogd is. Dit effect is inzichtelijk gemaakt in figuur 19, waarin tijdens de startpiek de landingsbaan maximaal gebruikt wordt. Er zijn echter ook andere verdelingen mogelijk, waardoor het in principe ook mogelijk is om meer dan 30 starts per uur af te handelen op twee startbanen, wat wel ten koste gaat van de landingscapaciteit.

---

<sup>1</sup> Een dergelijke balans is ook niet gewenst vanuit het oogpunt van een hub operatie



Figuur 19: Limitatie van GC-capaciteit op de landingscapaciteit

Conclusie: bij 2+1 baangebruik is het niet mogelijk om alle in gebruik zijnde banen volledig te benutten. Hiervoor is het gewenst om de beschikbare Ground Control capaciteit te verhogen

## 3 Inventarisatie deeloplossingen

### 3.1 Mogelijke deeloplossingen

#### 3.1.1 Voorstudie verhoging landingscapaciteit

In de [Voorstudie] van het project verhoging landingscapaciteit is op een statistische manier gekeken naar een onderbouwing voor de huidige landingscapaciteit onder BZO C & D. Tevens worden er oplossingen gepresenteerd die kunnen bijdragen aan een hogere landingscapaciteit onder deze zichtomstandigheden.

De uitkomst van deze studie is voornamelijk, dat:

1. Verhoging van de landingscapaciteit onder BZO C (en D) alleen mogelijk is door 2+1 baangebruik. Er loopt op dit moment een proef om dit baangebruik in de praktijk te testen;
2. Dat bij 2+1 baangebruik de capaciteit bij Ground Control beperkend zal zijn voor de totale capaciteit;

#### 3.1.2 Nieuwe Deeloplossingen

In voorliggende studie worden een aantal nieuwe deeloplossingen gepresenteerd. De indeling van de deeloplossingen is gedaan volgens de MMP-indeling, namelijk:

Mens:

- ROT & ILS SA Awareness campagne ;
- Bepaling van de protection area grens;
- Nauwkeuriger handhaven van de separatie;

Machine:

- Landingsbaan exit locatie;
- ILS+ (inclusief NLR resultaten [Optimization ILS SA]);
- Niet landen op baan 27 tijdens BZO;
- Verbeterde Visuele Guidance (tijdens BZO);
- MLS;
- GBAS;

Procedure:

- Optimalisatie vrijmaken ILS SA;
- Verkleining 2 NM afstand vrij aanvliegen;
- Gebruik maken van de volledige landingscapaciteit tijdens 2+1 baangebruik.

### 3.2 Evaluatie Deeloplossingen

#### 3.2.1 Technische en infrastructurele oplossingen (Machine)

##### 3.2.1.1 Landingsbaan exit locatie

De capaciteit van een landingsbaan wordt mede bepaald door de beschikbaarheid van exits (baanafritten). De hoofdlandingsbanen op Schiphol zijn alle voorzien van minimaal 3 afritten, veelal in de vorm van een RET (Rapid Exit Taxiway). Een RET is een afrit die dusdanig gedimensioneerd is dat een vliegtuig met relatief hoge snelheid (35-50 kts) de baan kan verlaten. De baanbezettingstijd (ROT) wordt hiermee verkleind. Haakse afritten, zoals aan het eind van de landingsbaan, hebben een kleinere bochtstraal en moeten dus met een lagere snelheid bereden worden. De tijd benodigd om de baan te verlaten wordt hierdoor verlengd.

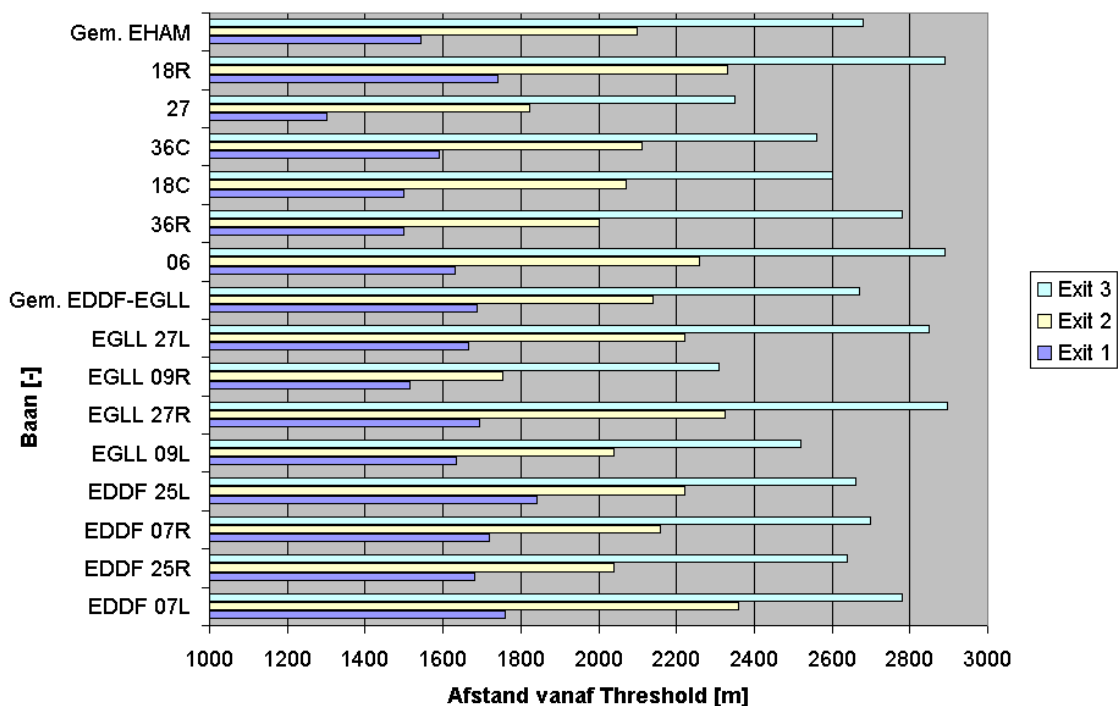
De lay-out (ligging alsook vorm) van de exits zijn op Schiphol geoptimaliseerd voor de nominale omstandigheden. Dit houdt in dat vooral gedurende goed zicht omstandigheden de maximale landingscapaciteit behaald kan worden. Bij extremere weersomstandigheden, bijvoorbeeld beperkt zicht, maar ook sterke wind, kunnen de afritten mogelijk niet optimaal gelegen zijn.

Bij slechter wordende zicht omstandigheden kan de piloot minder goed anticiperen op de ligging van de afrit (exit) en zal mogelijk nog niet de juiste snelheid behaald hebben om de afrit te kunnen gebruiken. Daarnaast zal ook de snelheid waarmee de afrit bereden wordt bij

slechtere zichtomstandigheden afnemen. Het is voor de piloot immers moeilijker zichtbaar hoe de verkeerssituatie is op het rijbaangedeelte waar de afrit op aansluit. Gevolg is dat de tijd op de landingsbaan (ROT) bij slechter wordende zichtomstandigheden groter wordt, wat een negatief effect heeft op de te realiseren capaciteit van de landingsbaan.

Vergelijking van de op Schiphol aanwezige afstanden tussen baandrempels en baanafritten, alsook het aantal afritten per baan met wat aanwezig is op andere (grote) luchthavens, is veelal moeilijk en niet representatief (zie ook figuur 20). Aspecten als vlootsamenstelling, nominale weersomstandigheden, baanhellings, baanstroefheid, rijbaan lay-out en platform ligging, zijn bepalend voor de gebruiksmogelijkheden, alsook de optimale ligging en vorm van baanafritten.

### Exit locatie langs de baan



Figuur 20: Vergelijking van baan exit locaties op een aantal Europese vliegvelden

Ook onderling hebben de banen op Schiphol verschillende afstanden tussen de landingsdrempel en afrit (tangente punt). De eerste afrit (RET) van baan 27 ligt op ongeveer 1200 meter vanaf de landingsdrempel, terwijl de eerste afrit van baan 18R op ongeveer 1600 meter gelegen is. Deze verschillen zijn ingegeven door het beoogde nominale gebruik (baan 27 bij sterke zuidwestenwind, en baan 18R als hoog preferente landingsbaan met soms een rugwind component).

Aanpassen van de afritten is een mogelijke oplossing d.m.v. de aanleg van nieuwe afritten en niet door het verleggen van de huidige. De huidige afritten zijn qua ligging en vorm geoptimaliseerd voor het nominale gebruik. Verplaatsen van afritten opdat ze beter bruikbaar zijn tijdens beperkte zichtomstandigheden mag immers het gebruik (en dus ook de capaciteit) tijdens goede zichtomstandigheden niet nadelig beïnvloeden.

Bij slecht zicht omstandigheden moet door de ligging (en wellicht ook vorm) en het gebruik van de nieuwe afritten de baanbezettingstijd ook daadwerkelijk significant gereduceerd worden (en de capaciteit verhoogd) wil een investering in extra afritten rendabel zijn. Bij de aanleg van nieuwe afritten is ook de mogelijke toename van het runway incursion risico van belang. Elke rijbaanaansluiting aan een start/landingsbaan is een mogelijke bron van runway incursions. Extra aandacht moet dan ook besteed worden aan de aansluiting van de afrit op het overige rijbaanstelsel alsook de uitrusting van de afrit (bv No entry vanaf het rijbaanstelsel). Een verhoging van de landingscapaciteit bij beperkte zichtomstandigheden mag dus niet ten koste gaan van een verhoogd risico op runway incursions dan wel een verlaging van de capaciteit van het rijbaanstelsel.

**Conclusie:** op basis van deze analyse voor slecht zicht omstandigheden is er vooralsnog niet voldoende data om meer exits te rechtvaardigen.

Verder onderzoek naar de effectiviteit van extra afritten, vooral tijdens beperkt zicht omstandigheden, zal moeten plaatsvinden om middels een kosten/baten analyse besluitvorming hieromtrent op een juiste en afgewogen wijze te kunnen laten plaatsvinden. Te overwegen locaties zijn daarbij:

- een exit tussen N4 en N5 (RWY27) zou een oplossing zijn voor vliegtuigen die exit N4 voorbij gaan tijdens de landing en niet een 90 graden exit als N5 te hoeven nemen. De ROT zal in dit geval teruglopen. Tevens is de tijd naar de gate verlengd en dient er maar 1 richting op gedraaid te worden voor de E, F en G pier (gericht op een vereenvoudigde taxiroutering);
- Een RET tussen E4 en E5 (RWY 36R) zal een wezenlijke verbetering in de ROT geven, omdat deze baan slechts twee RET's heeft. Exits E4 en E5 hebben een dermate grote hoek, dat er maximaal met 5 knopen kan worden afgedraaid i.p.v. de maximale 30 knopen (gericht op een reductie van de ROT);
- Baan 18R zou gebaat kunnen zijn met een extra exit voor V1 en tussen V1 en V2, om medium verkeer beter te kunnen accommoderen (gericht op een reductie van de ROT).

### 3.2.1.2 ILS+

#### Inleiding

Het huidige ILS-systeem op Schiphol (verderop aangeduid als Thales antenne) is een doorontwikkeling van het Instrument Landing System, dat rond WOII in gebruik is genomen en sindsdien qua techniek gemoderniseerd is. De signalen van dit landingsgeleidingssysteem moeten rondom de landingsbaan worden beschermd met een ILS protection area (zie discussie §2.2.2), om vliegtuigen op final een ongestoord landingsgeleidend signaal aan te kunnen bieden.

Recent zijn er een aantal bedreigingen ontstaan voor het standaard ILS, waardoor een technische evaluatie van de SA gewenst is i.v.m. mogelijkheden om de landingscapaciteit te kunnen verhogen:

1. De introductie van een groter passagiersvliegtuig, de A380. Tot nu toe is de standaard ILS-operatie ingericht op vliegtuigen met een maximale grootte overeenkomend met de B747, maar voor de A380 is er opnieuw gekeken naar de benodigde SA. Dit heeft vervolgens geleid tot een ICAO review van Annex 10, Attachment C (concept amendement 84);
2. Grote bebouwingsdruk op luchthavens, waardoor de statische verstoring van het ILS-signaal een groter beslag dreigt te leggen op de toelaatbare totale verstoring van het signaal;
3. Ontwikkelingen van alternatieve landingssystemen, die ondersteuning bieden aan bijv. niet rechtlijnige naderingen en in potentie minder gevoelig zijn voor verstoringen en de omgeving van de landingsbaan. Voorbeelden hiervan zijn MLS (met slechts een beperkte introductie in-service) en GBAS (dat voorlopig nog geen CatIII capabilities heeft);

De technische evaluatie van de SA is uitgevoerd door het NLR, met als uitgangspunt de volgende onderzoeksvragen:

1. Bepaal de daadwerkelijke geometrische vorm SA van de bestaande localizers op SPL, met de B747 als grootste vliegtuig in de huidige operatie;
2. Onderzoek de impact van een gereduceerd koerssignaal op de SA. Een smallere bundel van het koerssignaal is mogelijk door toepassing van een bredere antenne, zoals de Super Wide Aperture (SWA) antenne van de Watts Company. Deze antenne wordt sinds april 2005 gebruikt in Geneve (zie figuur 21) en is CatIII sinds oktober 2005;
3. Geef aan wat een reductie van het clearance signaal oplevert en de daarmee samenhangende reductie in ILS coverage naar +/- 15 graden.

Het hierboven beschreven onderzoekswerk van het NLR is samengevat in [Optimization ILS SA] en de resultaten daarvan zijn in deze deeloplossing verder verwerkt.





Figuur 21: SWA- antenne, zoals toegepast in Genève, ref. [ILS SWA]

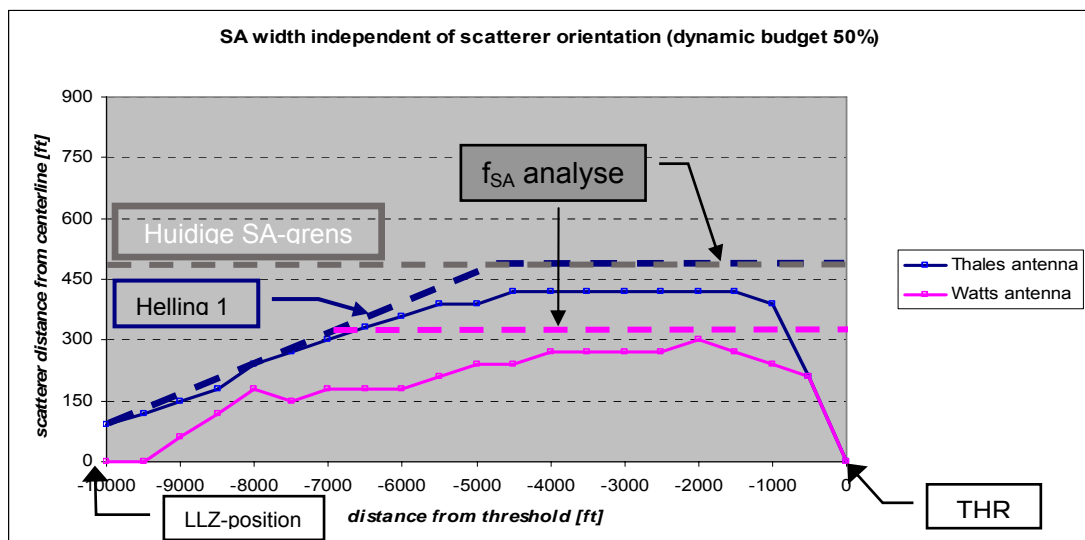
ILS+ is nu samen te vatten als de mogelijkheden om het huidige ILS-systeem te optimaliseren m.b.v.:

- Een ILS SA, die qua vorm past bij de stralingsbundel van de ILS LLZ antenne;
- Een andere ILS-antenne, die een smallere stralingsbundel voor de LLZ-functie kan produceren en daardoor mogelijk de ILS SA breedte over de gehele lengte van de landingsbaan kan verkleinen.

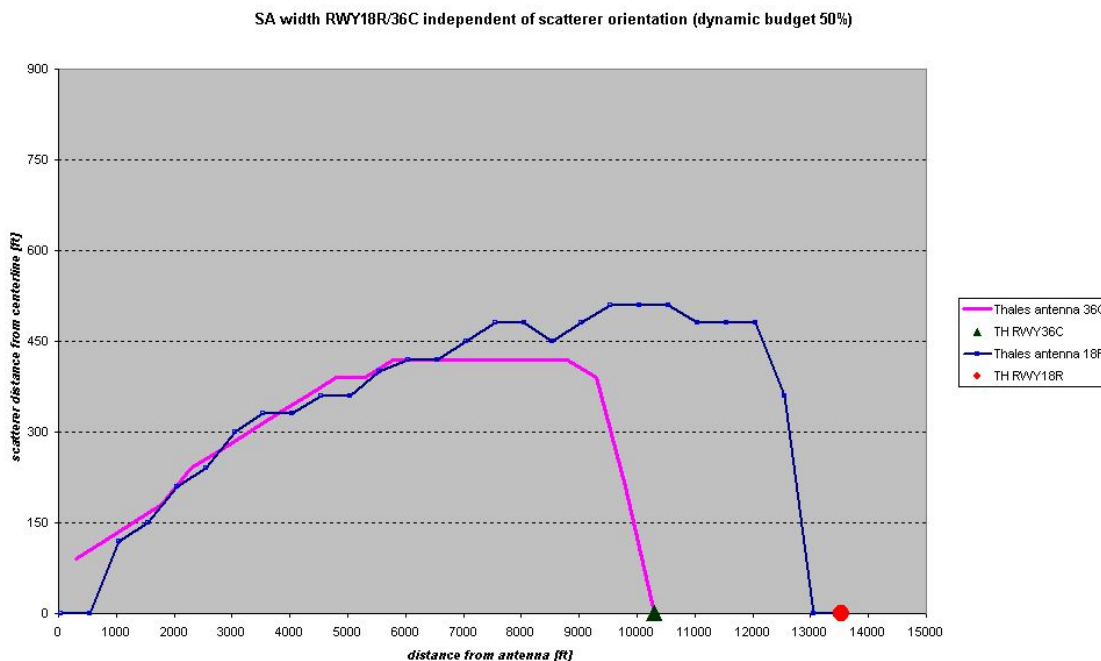
#### Resultaten NLR studie ILS SA-vorm

Zoals eerder beschreven, is in het NLR-onderzoek, [Optimization ILS SA] §1.4. eerst gekeken naar het huidige LLZ-antenne array en het daarbij behorende minimaal benodigde ILS SA (zie figuur 22, Thales antenne, blauwe lijn). Uit deze analyse blijkt, dat:

- De huidige ILS SA breedte van 150m voldoende is voor verkeer met een maximale grootte (met name de hoogte van het verticale staartvlak) overeenkomend met een B747;
- Als de statische verstoring van het ILS signaal (door vaste objecten) wordt vergroot, de breedte van de ILS SA moet toenemen;
- De netto vorm van de ILS SA (de minimaal benodigde vorm) kleiner is dan de huidige rechthoekige vorm. De netto vorm is namelijk minder breed in de nabijheid van de ILS LLZ antenne (zie figuur 22);
- De breedte van de ILS SA is gerelateerd aan de afstand tussen LLZ antenne en de baandrempel. Als de baandrempel verder van de antenne ligt, neemt de ILS SA breedte toe. Dit effect is inzichtelijk gemaakt in figuur 23;



Figuur 22: Resultaten korte baan SA analyse (RWY 36C)



Figuur 23: Vergelijking resultaten NLR lange/korte baan SA analyse (RWY 18R & 36C)

Uit de analyse van de bredere SWA-antenne van de Watts Company zijn de volgende conclusies afgeleid:

- De ILS SA wordt minder breed (zie figuur 22) als de stralingsbundel van de LLZ koers antenne wordt gereduceerd, door het toepassen van een bredere LLZ-antenne;
- De vorm van de netto ILS SA vergelijkbaar is met die van de huidige Thales LLZ-antenne, maar dat deze minder breed hoeft te zijn.

De conclusies over zowel de netto SA-vorm als over de SWA-antenne geven aanleiding om de absolute grootte van de ILS SA mee te nemen in een theoretische afschatting van landingscapaciteit (zie appendix C) om zo de potentie ervan beter te kunnen inschatten. Daarbij is de derde onderzoeksvraag over de reductie van het ILS LLZ clearance signaal niet verder meegenomen, omdat onderzoek bij Eurocontrol en in Genève geen aanleiding gaf tot een grote verwachte impact op de ILS SA breedte.

De mogelijke tijdreductie per landing bij een kleinere ILS SA is in appendix C verder numeriek uitgewerkt met beschikbare data van landingen uit 2006 onder BZO C.

Tabel6: Resultaten van gereduceerde ILS SA grootte (gebaseerd op alle banen):

Totalen Tijd ILS CatIII Operatie (tijd / capaciteit)	ILS CatIII tijd	Baancapaciteit
Huidige operatie	3m15sec	<b>18.4/hr</b>
Rechthoekige SA (zonder pieken)	3m06sec	<b>19.3/hr</b>
Fishtail (150m brede SA)	2m57sec	<b>20.3/hr</b>
Fishtail (120m brede SA = OFZ)	2m46sec	<b>21.6/hr</b>

### Conclusies

Uit de bovenstaande analyse is het mogelijk om de volgende conclusies te trekken:

1. Uit de landingsdata van 2006 onder BZO C blijkt, dat landingsbaan 27 veruit de hoogste tijd noteert voor een ILS CatIII nadering van 2 NM voor de baan totdat de vlucht vrij is van de ILS SA. Het is ook de enige landingsbaan die in 2006 een maximale naderingstijd heeft boven de 3 minuten en daardoor de landingscapaciteit reduceert tot maximaal 18 naderingen per uur;

2. De NLR-studie bevestigt, dat de huidige rechthoekige ILS SA de werkelijke SA omhult en in de omgeving van de LLZ antenne groter dan noodzakelijk is;
3. Door toepassing van de fishtail kunnen vliegtuigen die een verre exit nemen (en hoge ROT hebben), sneller de ILS SA verlaten;
4. Door het toepassen van de Super Wide Aperture Antenna neemt de breedte van de ILS SA over de gehele lengte van de baan af, zodat alle landende vliegtuigen de ILS SA sneller kunnen verlaten. Tevens blijft er meer ruimte over tussen de rand van de ILS SA en de eerste taxibaan, zodat vliegtuigen makkelijker buiten de ILS SA kunnen stoppen voor oriëntatie tijdens het taxiën;
5. In tegenstelling tot de conclusie in de [Voorstudie] blijkt het wel degelijk mogelijk om de ILS SA te verkleinen en operationeel voordeel te halen uit de verkleining.

### 3.2.1.3 Niet landen op baan 27 tijdens BZO

Uit de 2006 data van Appendix C blijkt (zie figuur C-6), dat landingsbaan 27 een hogere tijd voor een complete CatIII nadering heeft dan alle andere banen. Door deze vaststelling en het uitsluiten van baan 27 in het baangebruik onder BZO C kan er in migratiestap 1 ([zie §4.2](#)) eerder worden overgegaan naar een hogere landingsrealisatie, omdat de uitschieters in naderingstijd van baan 27 de piektijd van Schiphol overall omhoog trekt. Hierdoor komt de piektijd voor CatIII operaties waarschijnlijk direct onder de 3 minuten en kan direct naar een capaciteit van 20/hr/baan worden geschakeld. Daarbij is de impact van deze oplossing laag, omdat baan 27 onder BZO-omstandigheden en met 1+1 baangebruik een lage preferentie heeft. Voor 2+1 baangebruik valt deze baan al af i.v.m. niet convergerend mogen landen onder BZO C.

Tabel 4 uit §2.5.2, zonder de vluchten van baan 27

	Minimum	Gemiddelde	Maximum	Std. deviatie
2 NM [hr]	0:00:46	0:00:57	0:01:11	0:00:06
ROT* [hr]	0:00:37	0:00:54	0:01:31	0:00:11
SA [hr]	0:00:14	0:00:27	0:00:53	0:00:09
Totaal [hr]	0:01:56	0:02:19	0:02:54	0:00:13

\*Aangepaste ROT definitie volgens §2.2.4

Als reden voor de afwijkende prestatie van baan 27 in de analyse van de landingstijd tijdens BZO C komt naar voren dat:

- De meest gebruikte exits N2, N3 en N4 alle een splitsing in de exit binnen de begrenzing van de ILS SA bevatten. Deze complexe exit vorm komt elders alleen voor op exit W7 en kan de vlieger verwarren over de te nemen taxiroute onder de toch al slechte zichtomstandigheden;
- De exits van baan 27 zich dicht bij de afhandelingsterminals bevinden, waardoor verkeer vanaf de exits direct in een complexe grondverkeerssituatie terecht komt.

De operationele inschatting is, dat baan 27 echter niet uit de voor BZO beschikbare baancombinaties gehaald kan worden en voor landingen beschikbaar moet blijven. Zonder verdere evaluatie met de operationeel betrokkenen zal het nog niet mogelijk zijn om van het gevonden verschil in landingsrealisatie gebruik te maken. Het effect van het wel of niet gebruiken van baan 27 is opgenomen in de theoretische capaciteit in §4.2.

Conclusie: Deze maatregel is zonder verdere evaluatie niet toepasbaar voor landingscapaciteit verhoging onder BZO

### 3.2.1.4 Verbeterde Visuele Guidance (tijdens BZO)

Uit de analyse van [§3.2.1.3](#) is gebleken, dat op geometrisch complexe exits met een splitsing (N2, N3, N4 en W7 volgens baanindeling jaar 2008) er een duidelijke aanwijzing is voor vertraagd ILS SA vrijmaak gedrag. Dit komt tot uitdrukking in hogere standaard deviaties van ILS SA vrijmaaktijden van deze exits. Dit gedrag is aanwezig, ondanks het feit dat een vlieger op de RET voorrang heeft op verkeer dat zich op de buitenste taxibaan (B- en D-track) bevindt.

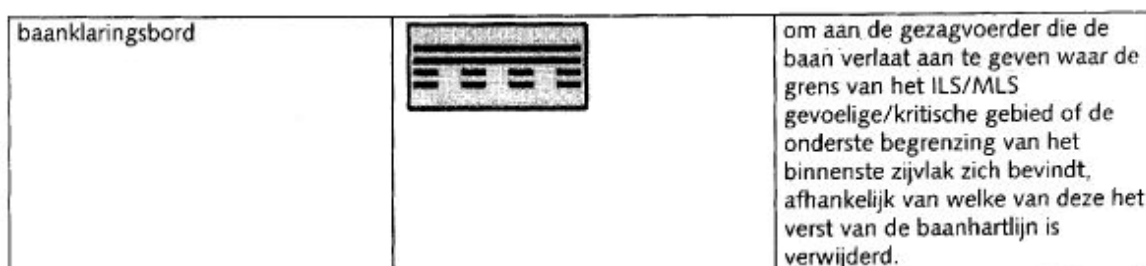
Vanwege het aangetoonde gedrag is het verbeteren van visuele informatie richting de vlieger een mogelijkheid om de landingscapaciteit tijdens beperkte zichtomstandigheden te verhogen.

Hierbij kan gedacht worden aan het verstrekken van verbeterde informatie met betrekking tot de ligging van afritten, maar ook over de werkelijke grootte en ligging van de ILS SA.

### Plaatsaanduiding van afritten

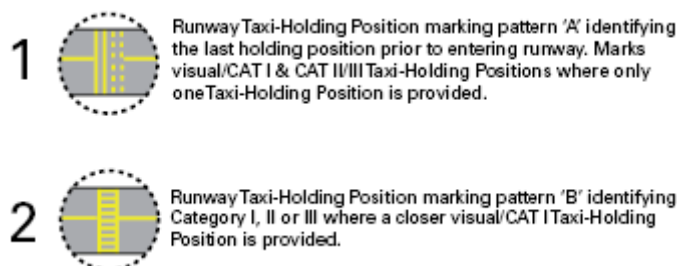
De baanafritten worden, gezien vanaf de landingsbaan, aangegeven middels bebording, markering en verlichting.

- Bebording:
  - Langs de baan staan information signs (inwendig verlicht), met daarop de identificatie (bijv. E2) alsook de richting (links of rechts van de baan) van de afrit;
  - ICAO kent ook Runway Vacated signs (zie figuur 24), echter op Schiphol worden deze niet toegepast vanwege de beschikbaarheid van kleur codering in de hartlijn verlichting van de afrit;
  - Omdat de onderste begrenzing van het binnenste zijvlak op 60m van de baanhartlijn ligt (zie figuur 6) is de grens van het ILS/MLS gevoelige gebied bepalend voor de eventuele plaatsing van het baanklaringsbord (nl. op 150m van de baanhartlijn).



Figuur 24: Runway vacated signs volgens [Bordenregeling]

- Markering:
  - De hartlijn markering van de afrit begint 60 meter voor het tangent punt met de baan-as;
  - D.m.v. belijning worden Runway Taxi-Holding Positions (RHP, op de rand van de ILS SA) op de grond aangegeven. Hiervoor zijn 2 uitvoeringen, namelijk een voor de ILS SA CatI (figuur 25-1) en een voor de ILS SA CatIII (figuur 25-2). De markering 25-2 t.b.v. de ILS SA CatIII is op Schiphol slechts op 3 exits aanwezig. Namelijk op die exits waar onder BZO tijdens mixed-mode baangebruik gestart mag worden (dat zijn de exits N1, W1 en W10 op de banen 18C/36C en 27, volgens baanconfiguratie 2008). Voor landingsoperaties tijdens BZO kan de vlieger deze CatIII markering dus alleen gebruiken op exits W1 en W10 om vast te stellen of hij de ILS SA CatIII verlaten heeft. De RHP-markering geven voor de cockpit weliswaar aan waar de rand van de ILS SA zich bevindt, maar kunnen deze indicatie niet vergelijken met de positie van de staart. Exit N1 valt af omdat er niet in richting 09 geland wordt. Met het aanbrengen van een ILS CatIII holding lijn op elke exit krijgt de vlieger een eerste aanwijzing waar de rand van de ILS SA zich bevindt (hoewel ze primair bedoeld zijn voor vliegtuigen die de baan op willen rijden).



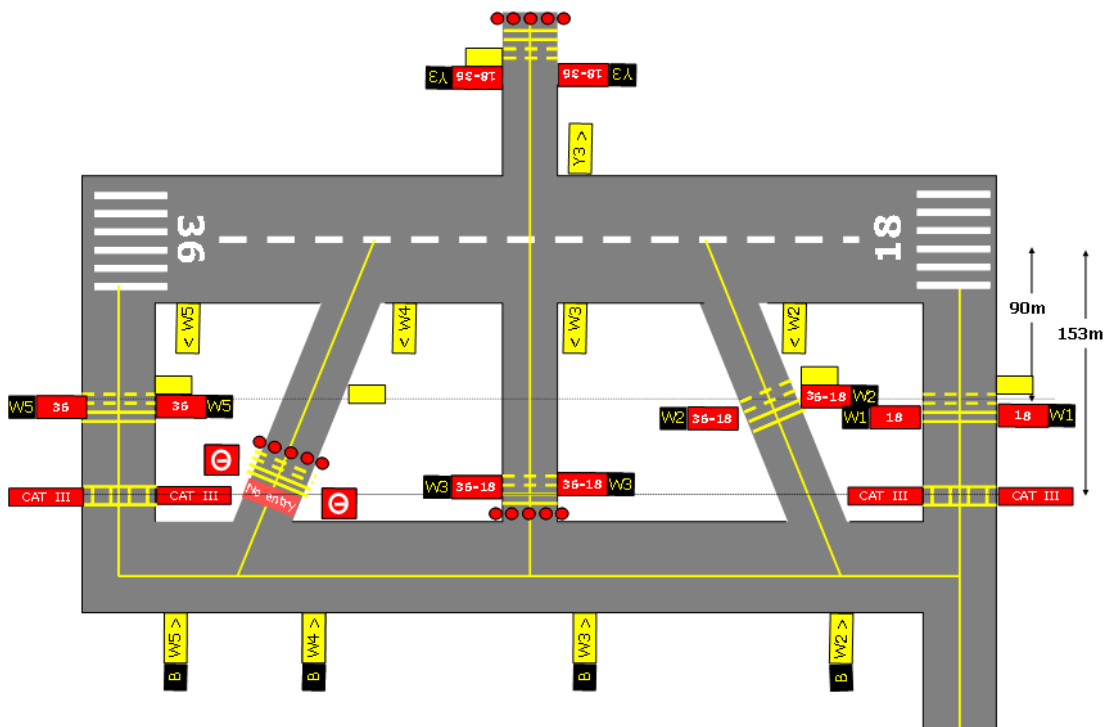
Figuur 25: Runway Taxi-Holding Position markings

- Verlichting
  - De afrit hartlijnverlichting begint net als de hartlijn markering op 60 meter voor het tangent punt met de baan-as (zie ook figuur 27: RETILS) en moet de piloot informatie verstrekken dat hij een afrit nadert. In zeer slechte zichtomstandigheden is deze afstand van 60 meter te kort om te kunnen anticiperen op het verlaten van de baan via deze afrit. De praktijk laat zien dat eerst wordt afgeremd tot aan de juiste taxisnelheid en dan wordt doorgereden tot aan de eerst volgende afrit om de baan te verlaten.

Langere ROTs zijn het gevolg. De hartlijn verlichting van de afrit heeft een kleurcodering (afwisselend groen/geel) tot aan de rand van de ILS Sensitive Area (een afstand 150 meter haaks op de baan);

- Stopbars: stopbars helpen om de baan te beschermen tegen runway incursions, doordat ze de vlieger op de taxibaan waarschuwen om een baan oprit niet te gebruiken en zijn geplaatst op de positie van de ILS CatIII holding positie. Voor dit doel is de stopbar dus ook alleen vanaf de taxibaan te zien en niet als de vlieger vanaf de baan via de baanafrit naar het taxibanenstelsel taxiëert. De stopbar is daardoor voor de vlieger geen hulpmiddel om te bepalen of hij vrij is van de ILS SA.

Het totale plaatje van alle mogelijke combinaties van bebording, markering en verlichting die op en rondom een baan aanwezig kunnen zijn is weergegeven in figuur 26. Deze geeft expliciet niet de situatie weer voor een specifieke baan op Schiphol, maar illustreert de verschillende mogelijkheden op de verschillende getoonde exits. Aanvullend aan de figuur komen stopbars bijvoorbeeld ook voor de entries van de baan.



Figuur 26: [Baanbeveiliging]

### RETILs

Op de luchthaven van London Gatwick is geëxperimenteerd met zogenaamde Rapid Exit Taxiway Indicator Lights (RETILs). Op verzoek van CAA UK zijn in ICAO Annex 14 richtlijnen opgenomen betreffende de uitvoering en toepassing van RETILs.

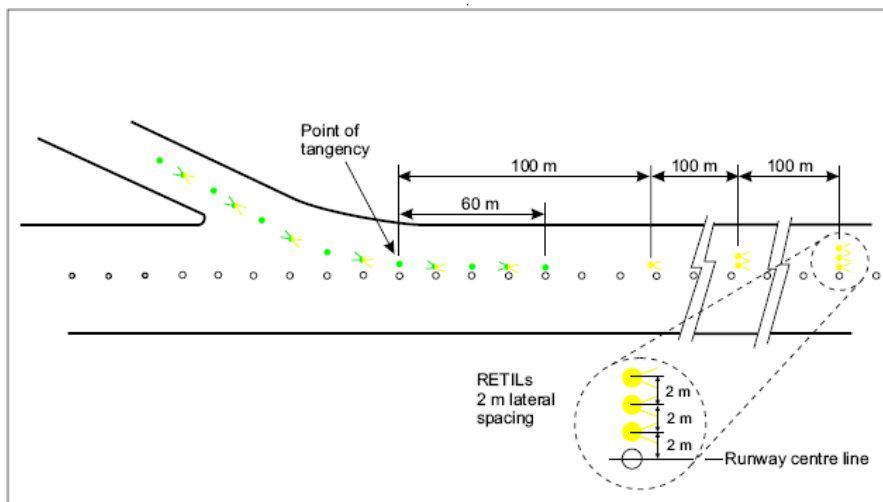


Figure 5-23. Rapid exit taxiway indicator lights (RETILs)

/11/04

5-42

Figuur 27: RETILs volgens ICAO Annex 14, §5.3.14.1

Op dit moment is het echter gebleven bij een experiment op Gatwick en zijn ze opgenomen in het AIP van Madrid/Barajas (zie §2.4.4). Landingsbanen met een groot aantal afritten hebben niet voldoende ruimte tussen deze afritten onderling om eenduidige verlichting te plaatsen. RETIL verlichting gaat in deze gevallen te dicht op elkaar komen of zelfs overlappen. Oplossing zou zijn het voorschrijven van een afrit voor het landende vliegtuig. Echter, dit zal per vliegtuigtype/grootte verschillend zijn. De torenverkeersleiding zou dan de RETIL verlichting moeten schakelen, afhankelijk van zijn of door de piloot aangegeven inschatting van de te gebruiken afrit. De RETIL verlichting begint 300 meter voor het tangentialpunt van de afrit. Gezien de onzekerheden rond toepassing van RETILs, alsook het feit dat ze elders in de wereld niet structureel worden toegepast, is de luchthaven Schiphol (AAS) geen voorstander van installatie van RETILs op de landingsbanen van Schiphol.

#### Kleur codering van de hartlijn verlichting van afritten

De hartlijn verlichting van de afrit heeft een kleurcodering (afwisselend groen/geel). De kleur codering eindigt bij de rand van de ILS SA. Formeel zou dit betekenen, dat het vliegtuig de baan "vrij" gemaakt heeft. Echter, indien de piloot (cockpit) het einde van de kleur codering gepasseerd is, is de rest van het vliegtuig (en dan vooral het voor ILS signaal beïnvloeding maatgevende kielvlak) nog binnen de ILS SA. Het vliegtuig moet dus verder rijden dan het huidige einde van de kleur codering.

Het doortrekken van de hartlijn kleurcodering lijkt een zinvolle optie, zeker omdat na een eerste onderzoek van MLT data is gebleken dat relatief veel vliegtuigen stoppen c.q. langzamer rijden net nadat de cockpit het einde van de kleurcodering is gepasseerd. Wellicht dat de piloot hierbij de overtuiging heeft dat hij de baan c.q. ILS Sensitive Area "vrij" gemaakt heeft, maar in de praktijk het kielvlak zich nog steeds binnen het beïnvloedingsgebied bevindt.

Het toepassen van hartlijn kleurcodering op baan afritten wordt voorgeschreven in ICAO Annex 14. Dit is een "standard" en moet daarom worden toegepast. In paragraaf 5.3.16.7 van Annex 14 staat dit omschreven (zie hieronder).

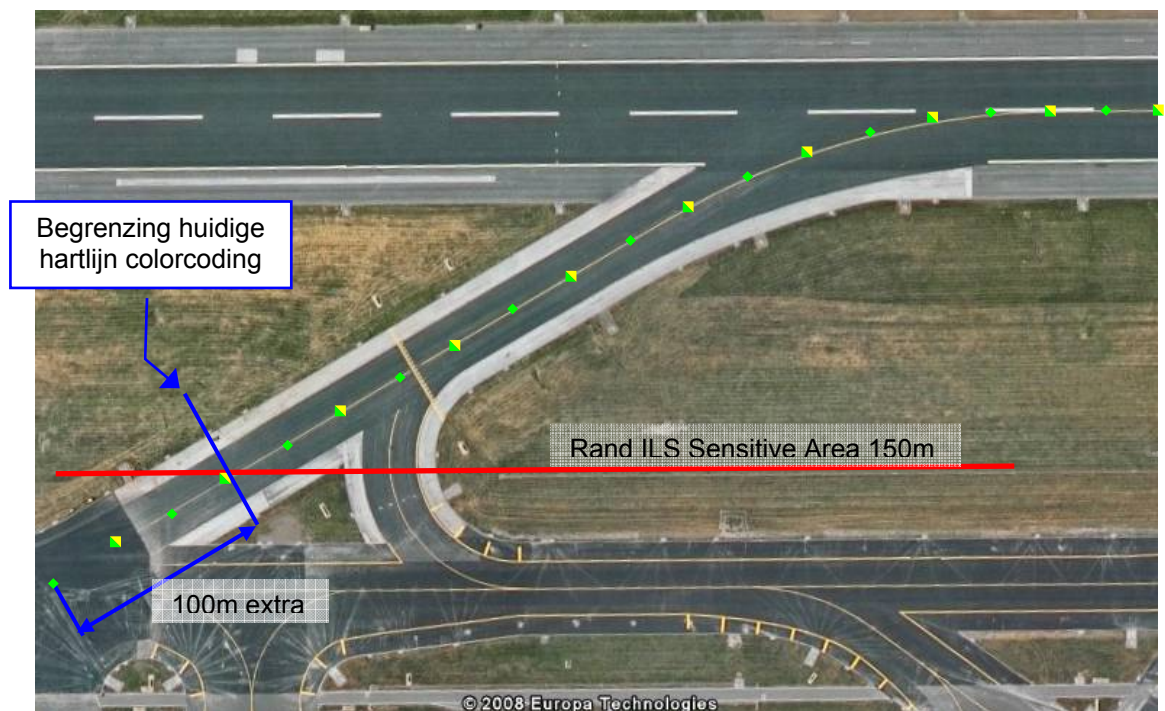
5.3.16.7 Taxiway centre line lights on an exit taxiway shall be fixed lights. Alternate taxiway centre line lights shall show green and yellow from their beginning near the runway centre line to the perimeter of the ILS/MLS critical/sensitive area or the lower edge of the inner transitional surface, whichever is farthest from the runway; and thereafter all lights shall show green (Figure 5-24). The light nearest to the perimeter shall always show yellow. Where aircraft may follow the same centre line in both directions, all the centre line lights shall show green to aircraft approaching the runway.

En is als volgt in het Nederlandse [eAIP] opgenomen:

*'alternating green/yellow centre line lights on RWY exits and RWY crossing TWYs between RWY centre line and edge of ILS sensitive area' (eAIP EHAM AD 2.9)*

Volgens deze "standard" is de kleurcodering vanaf het begin nabij de hartlijn van de baan tot aan de grens van de ILS Sensitive Area (op Schiphol 150 meter uit de baan). Verder doortrekken van de kleur codering zou volgens deze omschrijving niet kunnen, echter ICAO geeft geen maatvoering voor de ILS Sensitive Area (is immers locatie en ILS installatie afhankelijk). Hier is dus mee te "spelen" indien kan worden aangetoond dat het veiligheidsniveau minimaal gelijkwaardig is aan de bedoelingen van de ICAO eisen. Een voor dit onderwerp relatief eenvoudige Aeronautical Study zal moeten worden opgesteld en goedgekeurd worden door IVW.

Het doortrekken van de hartlijn kleurcodering tot aan bijvoorbeeld rijbaan B (199 meter uit de baan) is technisch eenvoudige mogelijk. De kleuren van de hartlijn verlichting worden verkregen door middel van (kleur)filters in de lichtarmaturen. Het aanpassen van deze filters is relatief eenvoudig. Mogelijk probleem is de tijdsduur waarbinnen dit moet plaatsvinden. Het is niet wenselijk om over de gehele luchthaven langdurig met verschillende afstanden voor kleurcodering te werken. Aanpassing van alle afritten zal in korte tijd moeten plaatsvinden.



Figuur 28: voorbeeld exit N4 verder doorlopende exit verlichting: alternating green/yellow

Conclusie 1: In deze deeloplossing wordt voorgesteld om alle vliegtuigen onder BZO de geel/groene exit lampen tot aan het eind te laten volgen en daar de overgang van lucht- naar grondoperatie te laten doen. Hierdoor is beter gezekerd dat het vliegtuig vrij is van de ILS SA en daarmee niet de ILS CatIII aanvlieprocedure van het achteropkomende vliegtuig beïnvloedt.

Conclusie 2: De luchthaven Schiphol (AAS) is voorstander om (in KDC verband) te onderzoeken of het doortrekken van de hartlijn kleurcodering een positief effect heeft op de landingsbaan capaciteit tijdens CAT II/III operaties. Indien dit het geval is, dan zal Schiphol, d.m.v. het opstellen van een Aeronautical Study, toestemming vragen bij IVW en voorstellen indienen voor eventuele wijziging/aanvulling van Annex 14.

### 3.2.1.5 MLS

MLS is een 'microwave landing system' met geheel andere karakteristieken dan het huidige 'Instrument Landing System'. Het kan *curved approach* naderingen ondersteunen en heeft hierdoor minder last van signaal verstoringen door statische en dynamische reflectoren (respectievelijk gebouwen en voertuigen/vliegtuigen). De MLS SA is hierdoor aanzienlijk kleiner dan die van een ILS systeem op een vergelijkbare landingsbaan qua lengte. De kleinere SA zal op vergelijkbare wijze als in §3.2.1.2 (beschrijving ILS+) leiden tot een lagere tijd voor het uitvoeren van de landing en daarmee tot een lagere benodigde separatie. Aanvullend heeft MLS het voordeel dat segment 1 van de CatIII nadering slechts 1 NM (zie [Eurodoc 13]) lang hoeft te zijn i.v.m. de geringe signaalverstoring. §2.5.1 heeft al laten zien wat het mogelijke effect is van MLS toepassing, met operationele input van de voorziene Heathrow operatie.

In het kader van deze studie heeft er afstemming plaats gevonden tussen LVNL en KLM over de toekomstige plannen met MLS (ref. [Afstemming MLS Capaciteit]) en de bestaande MLS-installaties op de landingsbanen 06 en 36R. De KLM vloot is weliswaar al wel uitgerust met Multi Mode Receivers (MMR), maar gebruikt deze niet voor de MLS toepassing.

Conclusie: Uit de afstemming kwam naar voren, dat er op dit moment geen business case is voor MLS op Schiphol en dat daarmee deze mogelijkheid om de Sensitive Area te verkleinen en de separatie onder BZO omstandigheden te verkleinen vervalft.

### 3.2.1.6 GBAS

De ICAO strategie is er op gericht dat navigatie met name zal zijn gebaseerd op GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Hieronder vallen onder ander GPS (Global Positioning System, operationeel) en Galileo (Europa, in ontwikkeling). Stand-alone GPS (en naar verwachting ook Galileo) kunnen niet voldoen aan de meest stringente eisen gesteld voor landingsoperaties. Met name de integriteits- en nauwkeurigheidseisen zijn hier debet aan. Om landingsoperaties op basis van GPS mogelijk te maken worden zogenaamde augmentatiesystemen ontwikkeld. GBAS (Ground Based Augmentation System) is een dergelijk systeem.

De GBAS grondinfrastructuur wordt gevormd door een aantal referentie/monitoring stations en een VHF datalink. De infrastructuur is fysiek niet gebonden aan de ligging van de landingsbaan (zoals wel het geval is bij ILS en MLS). Bovendien heeft GBAS de potentie om met één GBAS meerdere landingsrichtingen te bedienen. Daarnaast is het in beginsel mogelijk om verschillende naderingsprofielen naar het vliegtuig te zenden.

Vanzelfsprekend worden er aan de locatie van de verschillende onderdelen van GBAS specifieke siting criteria opgelegd. Echter, het definiëren van een SA zoals bij ILS zal naar verwachting niet nodig zijn. Dit betekent dat naar verwachting bij het vrijmaken van de baan, de OFZ criteria bepalend zijn.

De SARPs voor GBAS CAT I zijn afgerond en in ICAO Annex 10 opgenomen. Diverse technische en operationele trials vinden in o.a. Europa, V.S. en Australië plaats. De GBAS CAT III SARPs worden opgesteld en zijn naar verwachting in 2009/2010 gereed. De ECAC strategie van Eurocontrol laat de verwachting zien dat GBAS CAT III in de periode 2015-2020 technisch en operationeel haalbaar zou moeten zijn.



Conclusie: In de Eurocontrol navigatie strategie is GBAS CatIII mogelijk voorzien vanaf het jaar 2015 en daarom nog niet meegenomen in de oplossingsmogelijkheden om de landingscapaciteit onder CatIII condities te kunnen verhogen.

### 3.2.2 Procedure oplossingen

#### 3.2.2.1 Optimalisatie vrijmaken ILS SA

Op een aantal grote Europese vliegvelden is er voor LVP operaties in het AIP (zie ook [§2.4](#)) opgenomen, wat er onder LVP omstandigheden van de vlieger verwacht wordt. In het eAIP van Schiphol gebeurt dit voor BZO omstandigheden niet en bestaat hiervoor alleen een gedateerde AIC-A 07/95 (Capacity Enhancement by Reducing Runway Occupancy Times). Een AIC-A is echter geen onderdeel van de cockpit documentatie en wordt aan de vlieger niet direct bekend gemaakt.

Door expliciet in het eAIP op te nemen wat er van de vlieger onder BZO omstandigheden op Schiphol wordt verwacht, wordt de BZO informatie uniformer voor de Europese velden. Tegelijkertijd kan deze informatie helpen om de ROT-tijden ook onder deze zichtomstandigheden te reduceren, door aan te dringen op het zo spoedig mogelijk vrijmaken van de baan. Deze actie kan een onderdeel zijn van de ILS SA Awareness programma (zie ook [§3.2.3.1](#)).

Conclusie: de procedure beschrijving in het eAIP van BZO operaties bij het vrijmaken van de ILS SA voor vliegers kan verbeterd worden.

#### 3.2.2.2 Verkleining 2 NM afstand vrij aanvliegen

Segment 1 van de ILS CatIII nadering (ref. [f2.3.3](#)) is volgens de huidige definitie 2 NM lang en wordt gemiddeld in 56 seconden afgelegd (129 kts). Het aandeel van dit segment in de totale CatIII landingstijd is daarmee ongeveer 40%. ICAO schrijft voor dat dit segment minimaal 1 NM lang moet zijn en beveelt 2 NM aan (ICAO EUR DOC 013, §9.4.3.4). Reductie van deze lengte is daarmee mogelijk en aantrekkelijk i.v.m. capaciteitsverhoging, maar is al wel eerder besproken in het [OSO landingscapaciteit] document.

De reductiemogelijkheden zijn vervolgens vanuit de verkeersleider en vlieger bekeken en leverden de volgende bezwaren tegen een reductie van de afstand op:

- Vanuit cockpitprocedures is voor enkele veelvoorkomende vliegtuigen, zoals de B747 voorgeschreven, dat het 500 voet hoogte punt in de nadering kritisch is i.v.m. de Go/NoGO beslissing om te naderen bij ILS-verstoringen. Als er onder deze hoogte een verstoring optreedt, krijgt de vlieger eerst een visuele waarschuwing (knipperend waarschuwingslampje) en zal het vliegtuig mogelijk meebewegen met de verstoring. 500ft hoogte op een 3° glijpad komt overeen met een afstand tot de baandrempel van 1,41 NM (baandrempel wordt overvlogen op 50ft hoogte);
- Vanuit cockpit procedures is het 500ft punt een belangrijk beslismoment i.v.m. de landingsklaring. Als er op dat moment geen klaring is ontvangen, dan moet een MA worden ingezet. Ook omdat de werklast van de vlieger onder deze hoogte belangrijk toeneemt;
- De ILS signaal verstoring tussen 2 en 1 NM voor de baandrempel door een vliegtuig binnen de ILS SA is niet stabiel en fluctueert qua grootte. Mogelijk is deze zelfs te groot voor het autolandsysteem en zal deze automatisch uitschakelen tijdens de nadering. Dit is een niet gewenste toestand;
- De RC heeft voldoende tijd nodig om tijdens de nadering via RT instructies door te geven. Bij een kleinere afstand dan 2 NM is het mogelijk dat door een bezette frequentie de vlieger niet tijdig bereikt kan worden voor tijdskritische beslissingen. Het uitstellen van de landingsklaring tot 1 NM van de baan moet eerder tijdens de nadering worden aangekondigd en verhoogd dus ook de hoeveelheid RT.

Conclusie: verkleining van de 2 NM afstand vrije nadering, onder ILS CatIII condities, is niet mogelijk vanuit het perspectief van verkeersleider en vlieger.

#### 3.2.2.3 Gebruik maken van de volledige landingscapaciteit tijdens 2+1 baangebruik

Door de huidige proef met 2+1 baangebruik onder BZO C (ref. [POD 2+1 BZO C]) is het mogelijk om onder BZO C twee parallelle landingsbanen te gebruiken. Hierdoor is t.o.v. 1+1 baangebruik bij onveranderde landingscapaciteit per landingsbaan nu de dubbele landingscapaciteit mogelijk. De GC capaciteit is echter nog niet opnieuw beoordeeld (zie

[VEMER Groundlabels] en de discussie in §2.5.3). Door deze beoordeling is het waarschijnlijk mogelijk om de totale capaciteit ook onder BZO C te verhogen.

Conclusie: de GC capaciteit onder BZO C is niet vastgesteld voor 2+1 baangebruik en belemmert hierdoor mogelijk de totale capaciteit van starts en landingen onder deze omstandigheid.

### 3.2.3 MENS Oplossingen

#### 3.2.3.1 ROT & ILS SA Awareness campagne

Vliegers hebben tijdens de vliegopleiding kennis genomen van ILS SA en de bijbehorende markerings. De markerings voor vertrekkend verkeer voor de baan is bij iedere vlieger duidelijk. Het is echter niet goed doorgedrongen bij de vliegergemeenschap (zie ook discussie in [Awareness]) hoe de markerings er na een landing uitzien en wat ze betekenen. Tevens is het lastig in te schatten wanneer een vliegtuig met zijn staart uit de ILS SA is, omdat de laatste groen/gele lamp uit het zicht verdwijnt, voordat de cockpit de ILS SA verlaat. De alternerende groen/gele lampen geven voor de cockpit weliswaar aan waar de rand van de ILS SA zich bevindt, maar kunnen deze indicatie niet vergelijken met de positie van de staart. Het lijkt dat er hier ruimte is voor verbetering in de vorm van een awareness programma.

Een voorbeeld voor een inhoudelijke invulling van de ILS SA awareness campagne komt voort uit een discussie rondom de 'MLS trigger line' in [Reliable and Safe]. Deze discussie spitst zich toe op de vraag hoe een vlieger de baan vrij moet maken, als de MLS SA minder breed is dan de OFZ. De volgende safety requirements (opgesteld voor de MLS triggerline operatie) worden voorgesteld om ook toe te passen op het vrijmaken van de ILS SA:

- Vliegveld procedures zullen vereisen, dat piloten blijven taxiën, totdat het gehele vliegtuig voorbij het ILS CatII/III holding point is;
- Vliegveld procedures zullen vereisen, dat piloten de controller informeren als zij gedwongen zijn om voor het passeren van het ILS CatII/III holding point te stoppen.

Effectief komen deze voorstellen overeen met enkele voorschriften uit de AIP's van Londen, Frankfurt, Madrid en Rome uit §2.4, die op dit moment op deze velden al van kracht zijn. De awareness campagne zou daarmee de voorschriften onder slecht zicht omstandigheden binnen Europa ook meer kunnen harmoniseren.

Andere onderdelen van een ILS SA awareness-campagne zouden kunnen zijn:

- Maak het bestaan van de ILS SA expliciet bekend onder vliegers;
- Maak duidelijk wat de consequentie van vertraagd vrijmaak gedrag in de ILS SA voor het achterop komende vliegtuig is;
- Maak de BZO-preferente routes bekend bij de vliegers. Dit voorkomt dat ze de preferente routes zelf moeten uitzoeken. De eerste winst zou er dus uit bestaan, om aan de vliegers duidelijk te maken wat de procedures bij BZO zijn en dat de vlieger in ieder geval de lampen op de exit moet volgen tot buiten de ILS SA. Een kreet als 'standard taxi routes apply' kan daarbij helpen (volgens de standaard routes uit de Ground Movement Chart [GMC]). Een digitale taxiroute klaring (vergelijk pre-departure clearance) is een volgende stap, die echter nu nog buiten de scope valt bij gebrek aan een geschikte datalink;
- Voorkom verwarring over splitsingen in de taxiroutes (ook hier helpt het 'standard taxi routes apply' principe uit de vorige bullet). Als er geen verwarring is over de te volgen route zal de vlieger minder snel het vliegtuig in de ILS SA stilzetten en is het taxiënde verkeer mogelijk meer in de hand te houden.

Conclusie: een ROT & ILS SA awareness programma is wenselijk om de lokale Schiphol BZO procedures duidelijker te maken, met als doel het sneller vrij maken van de baan en de ILS SA.

#### 3.2.3.2 Bepaling van de protection area grens

Uit [Reliable and Safe] is bekend dat de randen van de MLS-gebieden met lijnen worden weergegeven op de A-SMGCS displays. Hierdoor is het voor een ieder helder waar de begrenzing van deze gebieden ligt, onafhankelijk van de vorm, waardoor deze mogelijk optimaler gebruikt kunnen worden. De cognitieve werklast wordt gereduceerd, doordat de presentatie van de SA-grens direct kan worden vergeleken met de primaire radar presentatie van het vliegtuig op de exit. Dit gebeurt voor ILS op dit moment nog niet. In de situatie met SA-lijn presentatie hoeft niet te worden gewacht, totdat een vliegtuig parallel aan de baan op de eerste taxibaan rijdt, voordat de volgende landingsklaring gegeven kan worden. Een HF-studie

moet uitwijzen of dat op Schiphol ook de beste manier van presenteren is voor de ILS SA en wat de complexere geometrie betekent voor de cognitieve belasting.

Conclusie: Door een afbeelding van de ILS SA op het A-SMGCS display is het voor de verkeersleider waarschijnlijk mogelijk om directer en sneller vast te stellen wanneer een vliegtuig vrij is van de ILS SA. Het advies is om dit in een HF-studie verder te onderzoeken.

### **3.2.3.3 Nauwkeuriger handhaven van de separatie tijdens BZO**

De separaties die tijdens BZO-omstandigheden B, C en D op final naar de landingsbaan gebruikt dienen te worden door de VKL zijn anders dan de standaard separaties, die dagelijks gehanteerd worden t.b.v. wake vortex separatie (3, 4 en 5 NM). De VKL heeft minder ervaring met grotere separaties en kan deze minder nauwkeurig inschatten. Ondersteuning daarbij d.m.v. CRDA zou de VKL in deze omstandigheden kunnen helpen om wel de correcte separatie aan te houden en hiermee de baancapaciteit beter te benutten (er wordt minder extra buffer genomen). De VKL heeft ook een iets lagere werklast omdat het opbouwen van de juiste separatie niet ondersteund hoeft te worden door rekenwerk (= tellen van de 2 NM tickmarks op de extended centreline).

Conclusie: CRDA kan helpen om de onder BZO toe te passen separatie nauwkeurig te kunnen aanpassen en handhaven.

## 4 Conclusies & Vervoltraject

### 4.1 Conclusies

De volgende conclusies zijn afgeleid uit de vorige hoofdstukken:

1. Het werkelijke beeld van het verkeersgedrag onder BZO C is niet vast te stellen aan de hand van een statistische analyse, maar wel op basis van gedetailleerde radar data. De onderzochte verkeersdata heeft betrekking op het jaar 2006 en bevat daardoor voor de slechtste zichtomstandigheden een relatief beperkte hoeveelheid vluchten. Hiervan afgeleide capaciteitsgetallen zijn theoretisch bepaald, door uit te gaan van gerealiseerde pieken in landingstijden;
2. Een verhoging van de maximale landingscapaciteit tot en met zichtfase BZO C zorgt voor een betere sustainability van de landingsoperatie;
3. Een Sensitive Area Awareness campagne, gekoppeld met het opnieuw vaststellen van de ILS CatIII tijd voor een landing, zal de eerste stap vormen in het verbeteren van de landingscapaciteit;
4. Parallel naderen bij BZO C biedt goede mogelijkheden voor capaciteitsverhoging, omdat baan 27 in dit scenario niet gebruikt kan worden. Juist deze baan lijkt de capaciteit tijdens ILS CatIII naderingen te beperken. Daarom is het effect van de vervolgstappen in termen van capaciteit in §4.2 weergegeven voor baangebruik met en zonder baan 27;
5. Het aanpassen van de ILS SA vorm aan de netto benodigde vorm van dit gebied (zonder verandering van veiligheidsniveau, gegarandeerd d.m.v. een safety assessment) is effectief in het verhogen van de landingscapaciteit;
6. Door toepassing van een breder ILS LLZ antenne array (SWA) is het mogelijk om de ILS SA breedte over de gehele lengte van de baan te reduceren.

De studie geeft aan dat er een aantal oplossingen is, die kunnen leiden tot een capaciteitsverhoging variërend tot 22 vliegtuigen per uur per baan onder BZO C. Deze oplossingen zullen nader moeten worden getoetst op operationele haalbaarheid. Dit dient in een vervoltraject te worden opgepakt, aangezien zowel afdeling OPS als HF gedurende de studie geen capaciteit beschikbaar hadden. HF ondersteuning is gewenst i.v.m. veranderingen in de ILS SA vorm en de radar werkwijze voor het vaststellen 'vrij van de ILS SA area'.

### 4.2 Vervolgstappen

In deze paragraaf is een bundeling in een aantal stappen gemaakt van de deeloplossingen uit hoofdstuk 3. Deze stappen laten zien in welke volgorde de verbeteringen doorgevoerd zouden moeten worden, wat de stappen opleveren en wat er voor elke stap moet gebeuren.

Ref.	Deeloplossing	Vervolgstap				
		0	1	2a	2b	3
§3.2.1.1	<a href="#">Landingsbaan exit locatie</a>	-	X	X	X	X
§3.2.1.2	<a href="#">ILS+</a>	-	X	X	V	V
§3.2.1.3	<a href="#">Niet landen op baan 27 tijdens BZO</a>	-	O	O	O	O
§3.2.1.4	<a href="#">Verbeterde Visuele Guidance (tijdens BZO)</a>	-	V	V	V	V
§3.2.1.5	<a href="#">MLS</a>	-	X	X	X	X
§3.2.1.6	<a href="#">GBAS</a>	-	X	X	X	X
§3.2.2.1	<a href="#">Optimalisatie vrijmaken ILS SA</a>	-	V	V	V	V
§3.2.2.2	<a href="#">Verkleining 2 NM afstand vrij aanvliegen</a>	-	X	X	X	X
§3.2.2.3	<a href="#">Gebruik maken van de volledige landingscapaciteit tijdens 2+1 baangebruik</a>	-	V	V	V	V
§3.2.3.1	<a href="#">ROT &amp; ILS SA Awareness campagne</a>	-	V	V	V	V
§3.2.3.2	<a href="#">Bepaling van de protection area grens</a>	-	X	X	V	V
§3.2.3.3	<a href="#">Nauwkeuriger handhaven van de separatie</a>	-	X	X	O	O
Capaciteit (bew./hr)	Baan 27 is in gebruik	18.4	19.3	-	20.3	21.6
	Baan 27 is niet in gebruik		20.7	-	21.9	21.9
	V = vereist concept onderdeel					
	O = optioneel concept onderdeel					
	X = niet toepasbaar concept onderdeel					

#### 4.2.1 STAP0 Huidige situatie

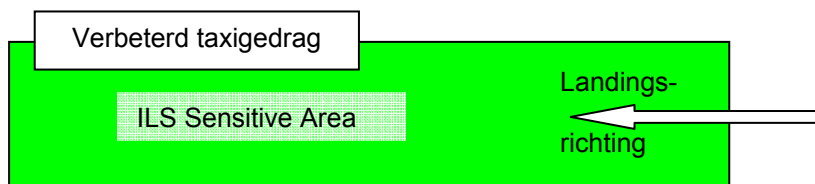
- De ILS SA is een rechthoek rondom de landingsbaan;
- De huidige GC-capaciteit is 47 bewegingen per uur;
- Er loopt op dit moment een proef voor 2+1 baangebruik tijdens BZO C;
- Onder BZO C is de landingscapaciteit 17 landingen per uur per baan.



Figuur 29: Stap 0

#### 4.2.2 STAP1 Taxigedrag aanpassen en baan 27 niet gebruiken

- Deze stap kan per direct worden gestart;
- Verleng de colorcoding van de hartlijnverlichting tot aan de centreline van de eerste taxibaan. De vlieger zal verder door taxiën om de ILS SA werkelijk vrij te maken. Deze wijziging zal met IVW moeten worden gecoördineerd i.v.m. huidige ICAO regelgeving;
- Verander het SA-vrijmaak gedrag door een awareness campagne voor vliegers (m.b.t. ROT en ILS SA vrijmaak gedrag). De vliegers moeten worden bewust gemaakt van hun aandeel in het realiseren van een hogere baancapaciteit door de baan en ILS SA zo snel als mogelijk vrij te maken. Het kennisniveau over de markering van de rand van de ILS SA moet hiervoor omhoog;
- Stel de GC-capaciteit onder BZO C opnieuw vast door uit te gaan van de maximale nominale mogelijkheden van het GC-systeem onder deze zichtomstandigheden (met groundlabels) en van 2+1 baangebruik. De separatie op final dient hierbij niet meegenomen te worden als limiterende eis, om grond- en landingscapaciteit onafhankelijk te kunnen bepalen. Hiertoe dient de [VEMER Groundlabels] uitgebreid te worden naar in ieder geval BZO C;
- De gewenste GC-capaciteit is ~ 47-70 bewegingen per uur gebaseerd op 2+1 baangebruik;

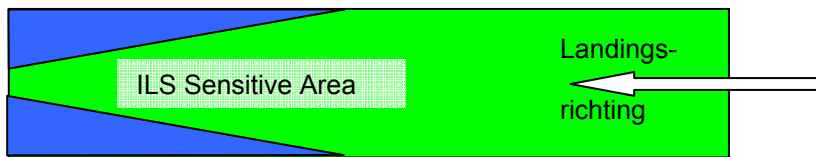


Figuur 30 Stap 1

#### 4.2.3 STAP 2a Fishtail vorm van de sensitive area

- De stap is parallel uit te voeren met stap 1;
  - Inschatting voor uitvoerperiode: binnen 2-5 jaar;
  - Valideer de resultaten van het NLR-onderzoek naar een niet rechthoekige ILS SA en stel vast welke veiligheidsmarge hierop toegepast dient te worden;
  - Onderzoek de operationele haalbaarheid van een geometrische aanpassing van de ILS SA (m.a.w. hoe te monitoren dat de SA daadwerkelijk vrij is op het grondradarbeeld). Laat deze aansluiten bij de nu in ontwikkeling zijnde ICAO-definitie van een niet rechthoekige ILS SA (ICAO review van Annex 10, Attachment C, concept amendement 84). Hiervoor is een HF-studie nodig;
  - Voer een Safety Assessment uit voor acceptatie van de nieuwe ILS SA vorm door IVW.
- STAP 2b Invoering:
- Meet opnieuw de gerealiseerde tijden van de 3 ILS CatIII segmenten in de operatie als gevolg van de veranderingen in de voorgaande stappen. Hieruit moet blijken dat vluchten geen excessief lange tijd nodig hebben om de ILS SA vrij te maken (zie resultaten [§2.5.2](#));

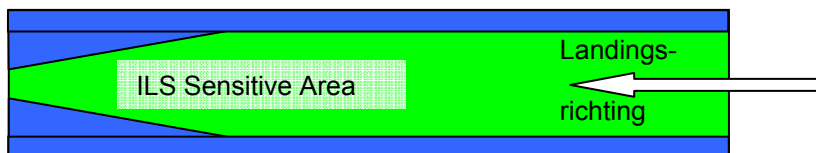
- Reduceer de separatie op final, gebaseerd op de reeds gerealiseerde lagere ROT en/of ILS SA-tijd (beter taxigedrag en toepassing van de fishtail);
- De gewenste GC-capaciteit is ~70 bewegingen per uur gebaseerd op 2+1 baangebruik;



Figuur 31: stap 2b

#### 4.2.4 Stap 3 Introductie ILS+ - Super Wide Aperture antenne

- Inschatting voor uitvoerperiode: binnen 5-10 jaar;
- Valideer de resultaten van het NLR-onderzoek naar een niet rechthoekige ILS SA en stel voor de Super Wide Aperture Antenne vast welke veiligheidsmarge hierop toegepast dient te worden. Tevens moet worden verzekerd, dat techniek en onderhoud van dit antenne type toereikend zijn voor lokale toepassing;
- Reduceer de SA-breedte naar de breedte van de huidige OFZ (120m), door toepassing van de Super Wide Aperture antenne. Deze reductie van de SA geeft ruimte tussen de taxibaan en de SA t.b.v. oriëntatie door de vlieger buiten de SA. Voer ook hier een safety assessment uit (vergelijk SA-vorm verandering §4.2.3);
- Of reduceer de SA-breedte naar de minimale SA\_breedte van de SWA antenne van ongeveer 100m (met een afhankelijkheid in de landingsoperatie met het werkelijk vrijmaken van de OFZ);
- Houd rekening met de operationele downgrading consequentie van het vervangen van een ILS door een ILS+: door het installeren van een nieuwe antenne kan er tijdelijk geen gebruik worden gemaakt van CatIII capabilities op de nieuw uitgeruste baan;
- De gewenste GC-capaciteit is ~72 bewegingen per uur gebaseerd op 2+1 baangebruik;



Figuur 32: stap 3

### 4.3 Aanbevelingen

Bij het uitwerken van de stappen volgens §4.2, is het van belang de database van landingen onder BZO C uit te breiden naar een groter aantal dan in de huidige studie. Hierdoor neemt de statistische relevantie van de capaciteitsonderbouwing toe, is het duidelijker hoe vaak BZO C nu werkelijk optreedt (gemiddeld aantal uren en dagen per jaar) en welke maatregelen het meest efficiënt zullen zijn.

Bij de opties voor het verkleinen van de ILS Protection Areas, is er niet gekeken naar de gevolgen van de introductie van New Large Aircraft, zoals de A380. Bij het uitwerken van de vervolgstappen is het van belang te bepalen of dit niet alsnog gewenst is.

## 5 Referenties

- [ACE]** Enhancing Airside Capacity,  
Edition 2.0, 15-09-2003, Eurocontrol
- [Afstemming MLS  
Capaciteit]** SPL.OZ.08.02,  
Afstemming MLS capaciteit op Schiphol tussen LVNL en KLM
- [AXIS]** Simulatie resultaten van de ILS SA m.b.v. AXIS  
Sensitive Areas SPL.xls  
LVNL/NAV/NSD
- [Baanbeveiliging]** CONOPS Baanbeveiliging  
D/R&D 04/030  
ATM R&D / Research
- [Bordenregeling]** Regeling houdende regels inzake borden op landsterreinen,  
Staatscourant 26 november 2001, nr.229
- [CSS 2020]** Capaciteitsstudie Schiphol 2020
- [Eurodoc 13]** EUR DOC 013, European Guidance Material on Aerodrome  
Operations Under Limited Visibility Conditions, 2<sup>nd</sup> edition, april 2005
- [GMC]** Amsterdam / Schiphol Airport  
Ground Movement Chart, eAIP, AD2, AM-GMC-A2s.pdf
- [ILS areas]** ATM/S&I/NAV/2002/2207  
ILS Critical en Sensitive Areas  
R. Vroeijenstijn, 4 april 2002
- [ILS SA Awareness]** Do pilots understand what the LSA is?  
Ref. <http://www.pprune.org/forums/archive/index.php/t-46041.html>
- [ILS Areas]** Interne brief LVNL ATM/S&I/NAV/2002/2207  
ILS Critical en Sensitive Areas  
R. Vroeijenstijn, 04-04-2002
- KNMI BZO** 'Improved Low visibility and Ceiling Forecasts at Schiphol Airport',  
Final Report, part 1  
KDC – LVP project team, july 2008  
KDC/2008/0089, KNMI publication 222
- [NASA SVS]** Concept op Operations for Commercial and Business Aircraft,  
Synthetic Vision Systems, NASA, version 1.0, January 2001  
Table 2.1: Operational Implications of Runway Visibility Ranges
- [Optimization ILS SA]** Improvement of the Landing Capacity by optimization of the size and  
shape of the ILS Sensitive Area, NLR-CR-2008-255 (Volume 1 & 2)  
NLR Noordoostpolder, Avionics Department  
J. Verpoorte en J. Heystek
- [OSO  
landingscapaciteit]** Landingscapaciteit in relatie tot de landingsklaring  
Brief aan OSO, 20-02-2006
- [POD 2+1 BZO C]** POD 'Implementatie 2+1 baangebruik tijdens BZO fase C', versie 1  
0, R. Dekker  
ATM/PRO/AP1204, 17-02-2006 ontwerp
- [Punctuality Drivers]** Report on Punctuality Drivers at Major European Airports  
Performance Review Unit (Eurocontrol), May 2005
- [ROT datacrunch]** 070221 rot-datacrunch v01i08.xls  
Excel sheet met ondersteunende berekeningen t.b.v. ROT-bepaling
- [Runway Occupancy]** Analysis of Runway Occupancy,  
ATC-NL, R. Deleu, 12-09-2005
- [Reliable and Safe]** So it's reliable, but is it safe? – A more balanced approach to ATM  
Safety assessment. Presentatie ATM R&D Seminar, Eurocontrol,  
Barcelona
- [VDV]** Voorschriften Dienst Verkeersleiding  
LVNL
- [Voorstudie]** Voorstudie 'Verhoging inbound capaciteit tijdens BZO C en D'  
R. Deleu
- [Visit Heathrow]** Minutes of Meeting visit NATS/Heathrow  
KDC/2007/0125, LVNL/NATS

## 6 Afkortingenlijst

A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System
ANSP	Air Navigation Service Provider
ATC	Air Traffic Control
BASE	Cloud base
BZO	Beperkt Zichtomstandigheden
CL	Centre Line
DDM	Difference in Depth of Modulation
DH	Decision Height
GBAS	Ground Based Augmentation System
GC	Ground Control
ICAO	International Civil Aviation Organization
ILS	Instrument Landing System
ILS CA	Instrument Landing System Critical Area
ILS SA	Instrument Landing System Sensitive Area
IMC	Instrument Meteorological Conditions
LLZ	ILS Localizer
LVNL	Luchtverkeersleiding Nederland, ATC-NL
LVP	Low Visibility Procedures
MA	Missed Approach
MLS	Microwave Landing System
MLT	Multi Lateration
MMR	Multi Mode Receiver
MTOW	Maximum Take-off Weight
OFZ	Obstacle Free Zone
OM	Outer Marker
PRU	Performance Review Unit (Eurocontrol)
QSY	Switch to [Frequency]
RC	Runway Controller
RET	Rapid Exit Taxiway
RHP	Runway Taxi-Holding Point
ROT	Runway Occupation Time
RVR	Runway Visual Range
SPL	Schiphol
SWA	Super Wide Aperture
THR	Threshold
TMA	Terminal Control Area
TWR	Tower
VDV	Voorschriften Dienst Verkeersleiding
VEMER	Veiligheid Efficiency Milieu Effect Rapportage
VKL	Verkeersleider



## 7 Documentgegevens

Documentgegevens	
Aangemaakt in proces	KDC
Documenttype	KDC research rapport
Titel	Rapportage KDC Onderzoek Verhoging Landingscapaciteit, tijdens marginaal en slecht zicht condities
Deel	-
Initiatie	KDC (Sectoroverleg)
Kader	Onderzoeksagenda KDC
Documentnummer	KDC/2008/032
Versie nummer	1.0
Versie datum	17-11-2008
Status	Definitief

### Korte inhoud

De landingscapaciteit is zeer afhankelijk van zichtcondities. De invloedsfactoren bij voornamelijk slecht zicht condities (ILS CatIII omstandigheden) zijn in deze strategie vormende studie onderzocht, om inzichtelijk te maken welke stappen er nodig zijn voor capaciteitsverhoging. De grootte en vorm van de protection area van het Instrument Landing System is hierbij van groot belang.

### Trefwoorden

Landingscapaciteit			
Slecht zicht			
ILS			
Sensitive Area			
BZO			
Runway Occupancy Time			

### Rubricering

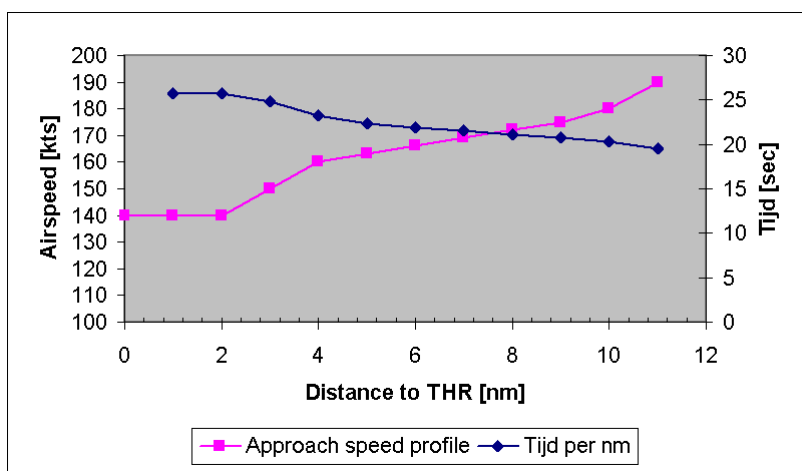
Vertrouwelijk

## 8 Wijzigingshistorie

Versie	Versie datum	Onderdeel	Opmerking
0.1			Initieel document
0.12	31-03-08	Alles	Versie commentaar KLM
0.14	02-04-08	Alles	Draft PT10
0.2	18-04-08	Alles	Volledige versie
0.3	24-04-08	Alles	Commentaar op 0.20, indeling rapport
0.4	23-06-08	Alles	Verwerken resultaten NLR-studie
0.5	17-07-08	Alles	Review commentaar LVNL
0.6	10-10-08	Alles	Review OPS, KLM, AAS
1.0	18-11-08	Alles	Final document

## Appendix A: Theoretische Landingsseparatie

Voor het doen van een theoretische benadering van de landingsseparatie voor verschillende landingsystemen (ILS, MLS en GBAS) is uitgegaan van een naderingssnelheidsprofiel (zie figuur A-1), zoals dat door de TWR-verkeersleider algemeen ervaren wordt. Hierbij wordt geen rekening gehouden met het verschil tussen grond- en luchtsnelheid, wat bij slecht zicht condities meestal klopt, omdat er dan weinig wind is. Door toepassing van dit profiel wordt inzichtelijk, dat het toevoegen van één extra mijl aan een korte final van 3 NM (bijna 25 sec) meer tijd kost dan voor een lange final van bijv. 8 NM (ongeveer 21 sec).



Figuur A-1: Approach speed profiel op een lange final, zonder wind effect

Aan de hand van het genoemde snelheidsprofiel is te bepalen hoe lang een vliegtuig doet over het afleggen van 1 NM afstand op een bepaalde afstand van de baandrempel, aangenomen dat er een constante versnelling tussen de punten wordt aangehouden. In dat geval gelden de volgende formules om het tijdsverschil tussen opeenvolgende punten te kunnen bepalen:

$$\Delta v = v_1 - v_0$$

$$\Delta t = 2 * \frac{s_1 - s_0}{v_1 + v_0}$$

Uit deze relaties is het nu mogelijk om de tijd-afstand relatie te laten zien in een tabel (zie tabel A-1).

Tabel A-1: Tijd-afstand relatie voor de approach met niet constante snelheid

Std practice EHAM	Afstand (s <sub>i</sub> ) [NM]	Snelheid (v <sub>i</sub> ) [kts]	Δt [sec]	T tot 2 NM THR [sec]	Afstand tot 2 NM THR [NM]
Punt RWY THR	0	140	-	-	N.v.t.
	1	140	25.7	-	n.v.t.
ILS punt BZO B/C	2	140	25.7	-	0
	3	150	24.8	24.8	1
OM	3.89	160	20.7	45.5	1.89
	5	163	24.7	70.2	3
	6	166	21.9	92.1	4
	7	169	21.5	113.6	5
	8	172	21.1	134.7	6
	9	175	20.7	155.5	7
	10	180	20.3	175.8	8
	11	190	19.5	195.2	9

Voor de verschillende landingsystemen ILS, MLS en GBAS zijn vanuit de discussie met NATS (zie [Visit Heathrow]) afschattingen opgenomen voor de minimale afstand tot de baandrempel voor de landingsklaring, de ROT en de Sensitive Area voor het betreffende landingsstelsel.

Door de afstanden via het snelheidsprofiel te vertalen in tijd, is het vervolgens mogelijk om ILS / MLS / GBAS in het tijdsdomein met elkaar te vergelijken. Alleen door deze stap is ook met een niet constante snelheid op final uiteindelijk ook een uitspraak te doen over een maximale uurcapaciteit.

Tabel A-2:

Fase/Component	Tijd /conditie	Effect op separatie
Eindnadering/ILS (2 NM)	51.4 / BZO B/C/D	+2.0 NM
Eindnadering/MLS (1 NM), volgens [MLS Heathrow]	26 / BZO B/C/D	+1.0 NM
Eindnadering GBAS	26 / BZO B/C/D	+1.0 NM
ROT	55 / goed zicht, gemiddelde ROT  66 / BZO B/C [voorstudie], gemiddelde ROT (RWY36C, 2250m landingsafstand)  80 / BZO B, max. ROT  100 / BZO C, gemiddelde ROT	+ 2.22 NM  + 2.89 NM  + 3.44 NM  +4.37 NM
Vrijmaken sensitive area ILS	27.2 / BZO C (theorie)	1.21 NM
Vrijmaken sensitive area MLS	20 (afschatting)	0.81 NM
Vaststellen vrij op radar (0.3 NM)	7.7	0.3 NM

Het resultaat van de vergelijking is samengevat in figuur 10 (in §2.5.1) voor een Medium-Medium vliegtuig combinatie op final, waarbij uit is gegaan van de gemiddelde ROT. Maxima in de ROT (volgens [Runway Occupancy]) geven een idee van de mogelijke variatie in de benodigde tijd voor de landing.

## Appendix B: Tijdsfactor ILS SA

Tabel B-1: Tijdsfactor  $f_{SA}$ , berekend voor alle banen en bijbehorende exits op Schiphol:

Baan/Exit/Hoek	Afstand tot LLZ	Tijdsfactor ( $f_{SA}$ )		
		Fishtail, SA150m	SA 120m	SA100m
		Vorm 1 (App. c)	Vorm 2 (App. c)	-
06/S3/30	2020	1.00	0.76	0.60
06/S4/30	1390	0.87	0.76	0.60
06/S6/30	760	0.49	0.49	0.49
06/S7/90	610	0.45	0.45	0.45
18C/W4/30#	1800	1.00	0.76	0.60
18C/W5/30#	1240	0.77	0.76	0.60
18C/W6/30#	680	0.44	0.44	0.44
18R/V1/30	1870	1.00	0.76	0.60
18R/V2/30	1270	0.75	0.75	0.60
18R/V3/50	820	0.52	0.52	0.52
27/N2/30	2110	1.00	0.76	0.60
27/N3/30	1580	0.94	0.76	0.60
27/N4/30	1065	0.65	0.65	0.60
27/N5/90*	145	0.34	0.34	0.34
36C/W1/90#	330	0.31	0.31	0.31
36C/W2/30#	820	0.55	0.55	0.55
36C/W3/90#	1510	0.99	0.78	0.63
36R/E1/30	2030	1.00	0.76	0.60
36R/E2/30	1510	0.92	0.76	0.60
36R/E5/90	850	0.57	0.57	0.57

Note \*: alle factoren worden bepaald door de ILS Critical Area

Note #: baanlayout 18C/36C volgens figuur 3, §2.1

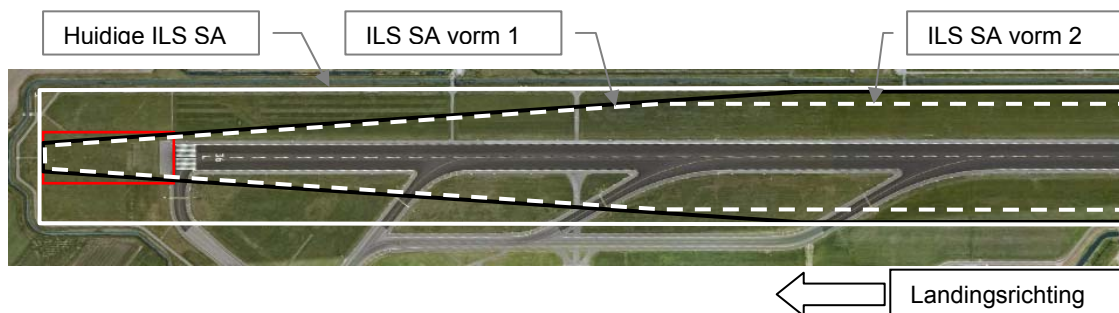
## Appendix C: Potentie van ILS SA verkleining

De mogelijke tijdreductie per landing bij een kleinere ILS SA is verderop in dit rapport numeriek uitgewerkt met beschikbare data van landingen uit 2006, die uitgevoerd zijn onder BZO C. Van deze vluchten zijn tijden afgeleid voor de drie vluchtfases bij ILS CatIII operaties (ref. [ROT Datacrunch] en §2.3.3), namelijk:

$t_{2\text{ NM}}$	tijdsinterval om de 2 NM final approach te vliegen;
$t_{\text{ROT}}$	tijdsinterval om vanaf het overvliegen van de baandrempel de runway shoulder t.p.v. de baan exit te passeren, zie ook ROT in §2.2.4;
$t_{\text{SA}}$	tijdsinterval om de ILS SA vrij te maken (afstand vanaf de runway shoulder tot de staart/vleugeltip vrij is van de ILS SA grens).

Om de potentie van de ILS SA verkleining aan te kunnen geven is het resultaat van de NLR-analyse (zie hierboven) vertaald in een aantal praktische SA-vormen en weergegeven in figuur C-1:

- Vorm 1. Verkleinen van de SA d.m.v. het toepassen van een fishtail vorm (zie onderstaand plaatje, vorm 1). Door SA-simulaties (van LVNL en NLR) is aangetoond, dat buiten de divergerende bundel de verstoring binnen de maximaal toegestane waarde blijft. De SA blijft maximaal 150m breed, maar dichterbij de ILS antenne kan de SA taps toelopen, waardoor verkeer op de betrokken exits eerder vrij kan zijn van de SA. Het bijbehorende LLZ antenne type is het huidige Thales array;
- Vorm 2. Een SA met een fishtail vorm, waarbij ook de SA-breedte over de gehele lengte van de baan kleiner is (vorm 2). Het bijbehorende LLZ antenne type is het SWA array, dat in figuur 21 reeds geïntroduceerd is. Een positief effect van vorm 2 t.o.v. vorm 1 is in het geval van baan 18R alleen op exit V1 aanwezig (zie figuur C-1);



Figuur C-1: Verkleiningsopties ILS SA voor EHAM RWY18R / Polderbaan (alleen LLZ-gebied)

Voor het bepalen van de afmetingen van de fishtail-vorm in figuur 22 is de schuine kant van de ILS SA (zie 'Helling 1'), zodanig gekozen, dat deze zo goed mogelijk de minimale vorm van de ILS SA benadert. Bij een praktische introductie in de operatie is het weliswaar mogelijk om de helling vlakker te maken, waardoor exits verder verwijderd van de LLZ antenne meer voordeel hebben en de ILS SA breedte bij de LLZ groter blijft. *Dicht bij de LLZ kan er in dat geval minder tijdswinst geboekt worden, maar kan er per baan wel worden geoptimaliseerd voor veelgebruikte exits.*

### Analyse aannamen

Bij de ILS SA-analyse in deze paragraaf is het volgende aangenomen:

1. In de 2006-dataset van landingen tijdens BZO C komen 12 vluchten voor die erg traag de SA vrijmaken. Bij nadere inspectie van deze vluchten bleek dat deze erg lang tussen baan en rand van de ILS SA (segment 3) zijn blijven stilstaan met een maximum tijd in de ILS SA van 1 minuut 28 seconden. Dit gedrag moet worden gecorrigeerd met een ILS SA Awareness campagne (zie ook §3.2.2.2 en §3.2.3.1), maar is verstoring voor het analyseren van het effect van een ILS SA verkleining. Om de verstoring weg te nemen, is van de genoemde vluchten de tijd in de SA vervangen door de maximale SA-tijd van vluchten zonder piek op dezelfde baan (namelijk de gemiddelde ILS SA tijd plus  $3\sigma$ );
2. Voor het analyseren van de SA-breedte ter plaatse van de exit is aangenomen, dat de gemiddelde exit positie (een RET exit heeft gemeten langs de centreline van de baan geen eenduidige positie) op de plaats van de kruising van de ILS CatI holding line met de exit centreline ligt. Bij een ILS SA breedte boven de 90m is de afstand van de exit tot de Localiser antenne daarmee een overschatting (de vliegtuigpositie waarbij de staart vrij is

- van de SA ligt in werkelijkheid iets dichterbij de antenne), waardoor de SA-breedte bij de exit enigszins wordt overschat (zie figuur C-3, conservatieve benadering voor de operationele winst);
3. De vermindering van de tijd in de SA wordt geschaald met de afstand die minder moet worden afgelegd, omdat er van wordt uitgegaan dat onder BZO de taxiselheid op de exit vrijwel constant is (afgeleid uit radarplots onder deze omstandigheden). Hierdoor zijn tijden en afstandsverhoudingen hetzelfde;
  4. De divergentie van de ILS SA, gezien vanuit de LLZ-antenne, wordt niet beïnvloed door de maximale breedte van de SA. Figuur 23 (vergelijking 36C en 18R) laat zien dat dit een redelijke aanname is.
  5. Theoretisch is het mogelijk (o.b.v. simulatieonderzoek) om met een SWA antenne een overall ILS SA breedte te verkrijgen, die kleiner is dan de afmetingen van de huidige OFZ, (120m breed aan weerszijden van de centreline van de landingsbaan). Figuur 22 (korte baan 36C) laat namelijk zien dat een ILS SA breedte van ongeveer 92m (300ft) ook mogelijk is met deze antenne. Voor deze analyse wordt echter aangenomen, dat het breedste gedeelte van de ILS SA minimaal 120m breed is om de landingsklaring niet afhankelijk te maken van het wel/niet vrij zijn van de OFZ. Deze aanname is wel vliegtuigtype afhankelijk (zie figuur 6), waardoor er een andere breedte voor de A380 geldt.

### Fishtail analyse

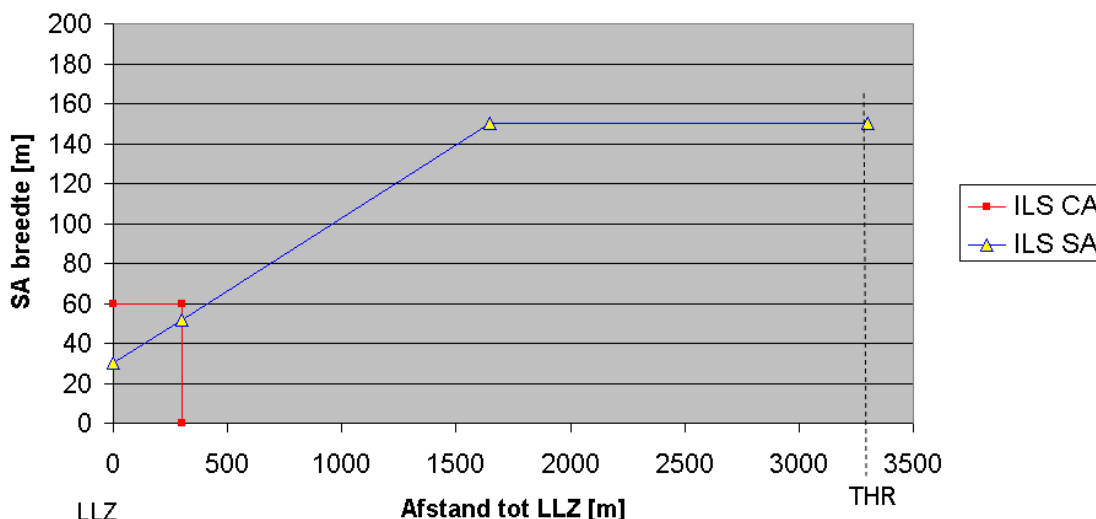
Uit de ILS SA simulaties, ref. [Optimization ILS SA] en [AXIS], zijn de minimaal benodigde afmetingen van de SA bepaald voor alle landingsbanen van Schiphol. De divergerende vorm van de fishtail (gezien vanuit de localiser antenne) kan lineair worden benaderd door de beschrijving in de volgende tabel

Tabel C-1:

Baan	Breedte bij antenne [m]	Afstand max. breedte vanaf LLZ [m]	Max. Breedte* [m]
06 ILS	30	1600	151.5
18C ILS	30	1630	150.4
18R ILS	30	1720	161.3
27 ILS	30	1680	150.9
36C ILS	30	1520	140.3
36R ILS	30	1650	151.4
18C Watts antenne	36	1860	102.2

\*) De Afstand tussen LLZ & baandrempel heeft invloed op de maximale breedte van de SA, doordat de koerssector is afgeregeld (lineair verloop van de DDM van punt T tot een vast punt op 105m uit de baan as). De getallen zijn rechtstreeks overgenomen uit de [AXIS] simulatie

De algemene vorm van de ILS protection area is weergegeven in de volgende figuur:

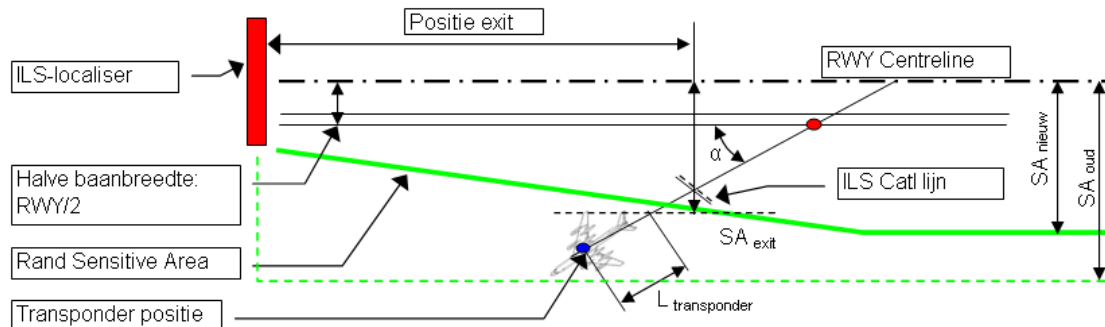


Figuur C-2: Algemene vorm van ILS protection area

Aan de hand van tabel B-1 met de overall SA-dimensies is het nu mogelijk om voor elke exit een verhouding of ILS SA factor (de  $f_{SA}$ ) af te leiden voor de taxi-afstanden tussen de shoulder van de baan en de rand van de SA, bij de nieuwe en huidige SA-vorm. Volgens analyse aanname 3 is deze afstandsverhouding gelijk aan de tijdsverhouding en wordt beschreven door de volgende formule en figuur C-3:

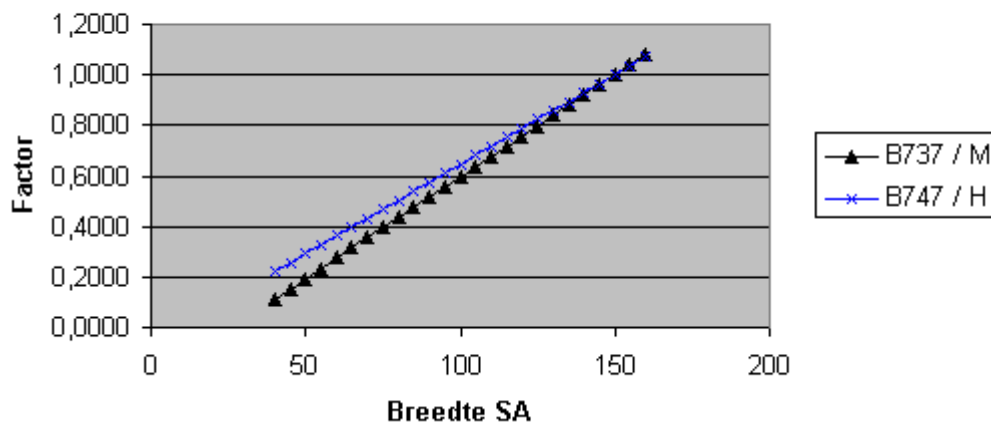
$$f_{SA} = \frac{\min(SA_{exit} - RWY/2 + L_{Transponder} \cdot \sin \alpha ; SA_{nieuw})_{exit}}{SA_{oud} - RWY/2 + L_{Transponder} \cdot \sin \alpha}$$

Hierin is de teller gelijk aan het minimum van de taxilengte op de exit.



Figuur C-3: bepaling van de  $f_{SA}$  tijdfactor

### Tijdsfactor Fsa



Figuur C-4: Effect van romplengte op de  $f_{SA}$  tijdfactor

Uit bovenstaande figuur C-4 is af te leiden, dat de SA-tijdfactor enigszins verschilt tussen korte en langere vliegtuigrompen en de positie van de transponderantenne daarop. Bij de bestudeerde ILS SA breedten van 120m en groter, is de factor van de B737 aangehouden, omdat deze romplengte verhoudingsgewijs het meeste voorkomt en een foutmarge van minder dan 3% heeft t.o.v. de B747. De gebruikte afstanden voor de afstand transponder-kielvlak ( $L_{transponder}$ ) zijn ongeveer:

- 23.5m voor de B737
- 57.1m voor de B747

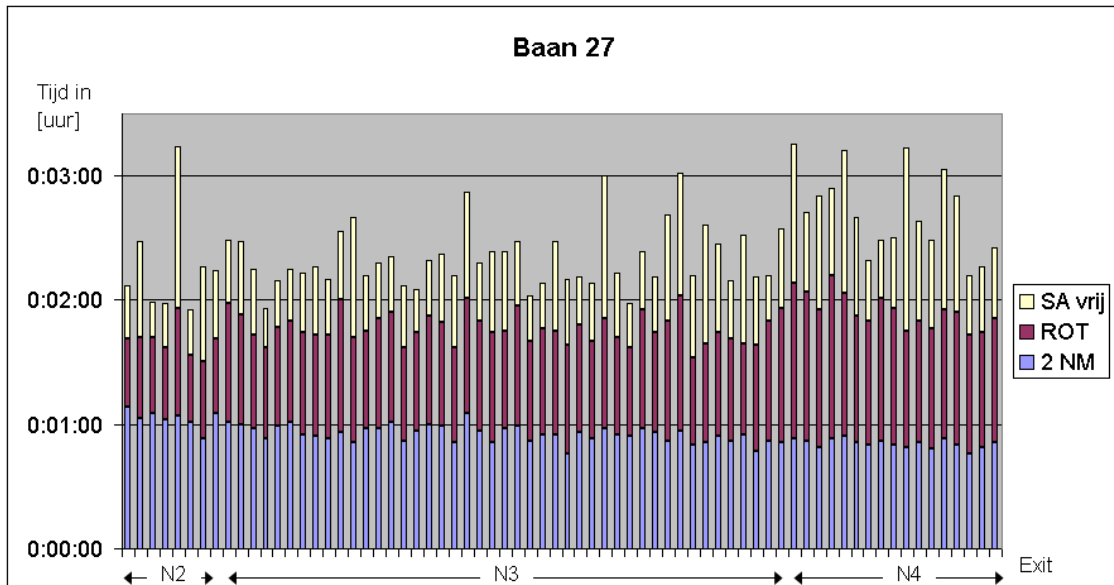
De berekende tijdsfactor  $f_{SA}$  voor alle banen en bijbehorende exits op Schiphol is weergegeven in Appendix B. De SA-tijdfactor kan nu worden vermenigvuldigd met de in de praktijk gerealiseerde tijd in de ILS SA om te kunnen bepalen hoeveel tijd er nodig is om met een versmalde ILS SA de SA vrij te maken. Op een vergelijkbare manier kunnen deze componenten ook voor het aanvliegen van de laatste 2 NM op final (segment 1) en de ROT (segment 2) opgesteld worden, zodat de volgende formule ontstaat voor de totaal benodigde tijd voor een ILS CatIII nadering, namelijk;

$$t_{\text{totaal}} = f_{2NM} \cdot t_{2NM} + f_{ROT} \cdot t_{ROT} + f_{SA} \cdot t_{SA} \quad \text{Formule F-1}$$

Formule F-1 is voor elke individuele vluchten afzonderlijk doorgerekend. De  $f_{2NM}$  &  $f_{ROT}$  in deze formule zijn op dit moment op 1 gesteld, omdat er voor deze twee fases geen verbetervoorstellen beschikbaar zijn gekomen in deze studie. Hiermee vereenvoudigd de formule tot:

$$t_{\text{totaal}} = t_{2NM} + t_{ROT} + f_{SA} \cdot t_{SA} \quad \text{Formule F-2}$$

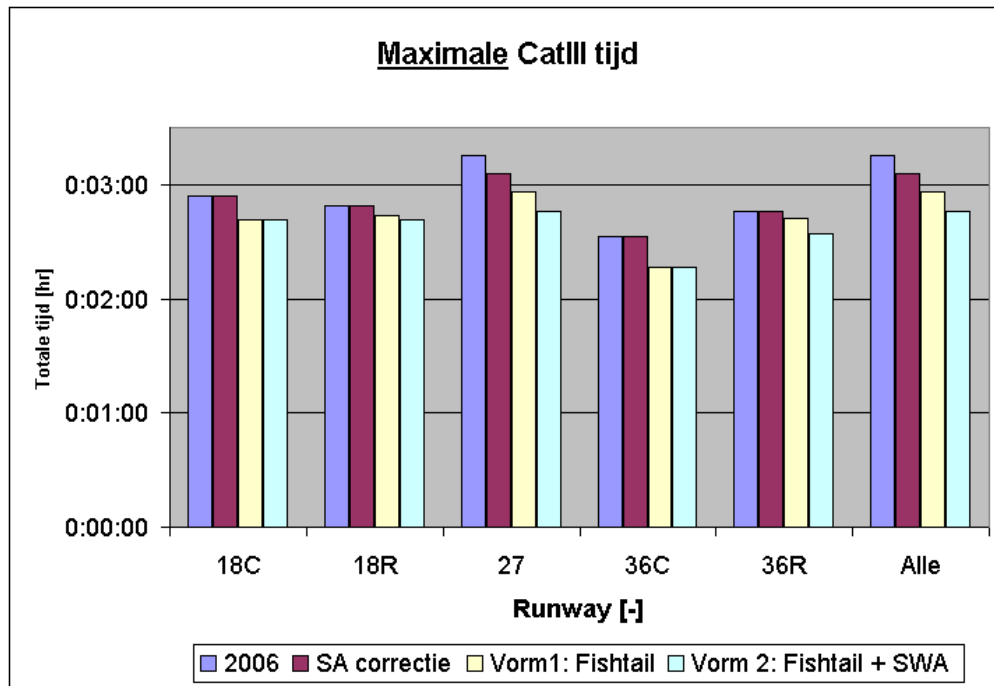
Als voorbeeld is de tijdanalyse van de landingen op baan 27 in figuur C-5 inzichtelijk gemaakt, met daarin ook de tijdelementen afzonderlijk weergegeven. Omdat er in dit geval nog geen ILS SA reductie maatregel is toegepast is de waarde van de  $f_{SA}$  uiteraard gelijk 1.



Figuur C-5: Analyse resultaten landingsbaan 27 voor de geanalyseerde vluchten

Door de werkelijke  $f_{SA}$ 's van de verschillende ILS SA vormen te combineren met de gerealiseerde landingstijden op de verschillende landingsbanen van Schiphol is het mogelijk om de impact van de verschillende ILS SA vormen te evalueren, wat resulteert in figuur C-6. Hierbij zijn de getoonde tijden altijd de maximaal voorkomende tijden die enig vliegtuig op die baan nodig had. Voor de inschatting van het risico op een MA moeten deze getallen dan ook als maximum worden meegenomen.





Figuur 28: Resultaten ILS SA verkleining op de maximaal voorkomende tijd voor een nadering

Door de relatief kleine dataset die beschikbaar is voor vorm 2, is de statistische relevantie ervan niet erg groot. De invloed op de capaciteit is daarom met minder grote zekerheid vast te stellen