

Augustus 2016 15.282.09

**Operational requirements Schiphol ground
infrastructure 2016-2020**
Eindrapport

BURG
N
EL
RID
TTGART HBT.
ON
LSINKI
FRANCISCO-DALL
ARIS
VENEDIG
DALLAS
AMSTERDAM



39-34
113-37
113-3
683-
113-
731-
68-
1-
478-469
721-725

Operational requirements Schiphol ground infrastructure 2016-2020

Resultaten

Opgesteld voor

Knowledge & Development Centre Mainport Schiphol

Postbus 75002

1117 ZN Schiphol

Opgesteld door

To70 BV

Postbus 85818

2508 CM Den Haag

In samenwerking met

MovingDot en AirBC

Projectteam

Sjoerd de Groot, Sigmund Lentze, Gustavo Mercado, Cornel van Ravenswaaij, Henk Waltman, Leon de Poorter en Ruud Ummels

Den Haag, september 2016

Samenvatting

Dit rapport biedt een analyse en evaluatie van de toekomstige prestatie van het airside-gedeelte van Luchthaven Schiphol in 2016 en 2020. Het project dat is uitgevoerd in 2 fasen, zal informatie aan dragen voor een roadmap van noodzakelijke investeringen om 500.000 vliegtuigbewegingen in 2020 mogelijk te maken.

De analysemethoden bestaan uit: (1) het identificeren en analyseren van knelpunten in de grondinfrastructuur en belangrijke operationele werkwijzen door middel van expert sessies en (2) het evalueren van verschillende baancombinaties en scenario's door middel van fast-time-simulatiemodellen. Resultaten van de analyses kunnen gebruikt worden om vergelijkingen te maken tussen de vier meest preferente baancombinaties en ook de effecten van verschillende mogelijke infrastructurele aanpassingen op vertragingen.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
	Leeswijzer	5
2	Uitgangspunten in voorbereiding van de simulaties	6
3	Invoergegevens	8
3.1	Vluchtschema's	8
3.2	Runway performance	9
3.3	Taxistromen	10
3.4	Omslagpunt	11
3.5	A-Pier	13
4	Knelpunten	16
4.1	Resultaat expert sessie	16
4.2	Resultaat simulaties	17
4.3	Gevoeligheidsanalyse	22
4.4	Samenvatting	23
5	Oplossingen	26
5.1	Resultaat expert sessie	26
5.2	Resultaat simulaties	26
5.3	Samenvatting	33
5.4	Baten	34
6	Prestatie baancombinaties	36
6.1	Resultaat expert sessie	36
6.2	Resultaten simulaties	37
6.3	Effect van de A-pier	42
6.4	Oplossingen	45

1 Inleiding

Het KDC heeft To70, MovingDot en AirBC (de laatste alleen in fase 1) de opdracht gegeven voor het uitvoeren van een studie naar de grondinfrastructuur op Schiphol. Het project diende informatie aan te dragen voor een roadmap van noodzakelijke investeringen om 500.000 vliegtuigbewegingen in 2020 mogelijk te maken. De werkzaamheden bestonden uit:

1. Het identificeren van knelpunten in de grondinfrastructuur met betrekking tot de afhandelingscapaciteit die het gevolg zullen zijn van de verwachte verkeerstoe name voor de periode 2016-2020;
2. Het onderzoeken van mogelijke oplossingen voor deze knelpunten om zo het verkeer op de grond veilig en efficiënt af te handelen.

De werkzaamheden bestonden deels uit het kwantificeren van knelpunten en het effect van oplossingen middels fast-time simulatie en deels uit het kwalitatief valideren van de resultaten van de simulatie middels brainstormsessies.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de scenario's die in deze studie behandeld zijn. Het project is uitgevoerd in twee fases. Voor ieder scenario is weergegeven in welke fase van het project ze is behandeld.

	36L, 36C ↑ 06, 36R ↓	18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓	24, 18L ↑ 18R, 27 ↓	18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓
2016	Fase 1	Fase 1	-	-
2020	Fase 1	Fase 1	-	-
2020 + A-Pier	Fase 2	Fase 2	Fase 2	Fase 2

Leeswijzer

Dit rapport beschrijft op hoofdlijnen de resultaten van de studie. Daarnaast zijn de gedetailleerde resultaten van de knelpunten en de mogelijke oplossingen alsmede animaties beschikbaar gesteld aan het KDC.

Hoofdstuk 2 beschrijft de uitgangpunten die overeen zijn gekomen in de voorbereiding van de simulaties. In hoofdstuk 3 staan de belangrijkste invoergegevens. Hoofdstuk 4 geeft de resultaten van de eerste fase van de studie inclusief een aanvullende gevoeligheidsanalyse naar verstoringen, in hoofdstuk 5 staan de resultaten van de mogelijke oplossingen. Hoofdstuk 6 bevat de resultaten van de tweede fase van de studie waarin de effecten van de aanleg van de A-Pier is meegenomen inclusief aanvullende analyses naar de effecten van een mogelijke oplossing.

2 **Uitgangspunten in voorbereiding van de simulaties**

De operatie van Schiphol wordt gekenmerkt door het veelvuldig wisselen van baancombinaties.

Gedurende de dag wisselen start- en landingspieken elkaar af, respectievelijk 2 banen voor startend verkeer en 1 voor landend verkeer, of 1 voor startend verkeer en 2 voor landend verkeer, ook wel 2+1 baangebruik genoemd. Indien het weer het toelaat wordt gebruik gemaakt van de banen die de minste geluidsoverlast geven (preferentieel baangebruik).

Het grootste deel van de tijd¹ wordt gebruik gemaakt van de eerste twee preferenties, te weten starten vanaf baan 36L (en 36C in een startpiek) en landen op baan 06 (en 36R in een landingspiek) of starten vanaf baan 24 (en 18L) en landen op baan 18R (en 18C).

Iedere overgang naar een andere baancombinatie vereist een aanpassing van de verkeersstromen. Het komt het regelmatig voor dat inbound en outbound pieken elkaar overlappen en/of dat verkeer moet worden herklaard naar een andere baan. Naast wisselingen als gevolg van het verkeersaanbod, komt regelmatig ander baangebruik voor in verband met wijzigende weersomstandigheden, bijvoorbeeld starten baan 24 en landen op baan 27 bij westenwind, na de eerste preferenties de meest voorkomende baancombinatie.

Ervaring leert dat knelpunten in de grondafhandeling met name optreden tijdens wisselingen van baancombinaties. Tijdens baanwisselingen zijn er veelal verkeersstromen vanaf twee landingsbanen en naar twee startbanen. Er komt dan veel verkeer samen op bepaalde plekken in het veld, waarvan de kop van baan 24 en de kop van baan 36C de meest aansprekende voorbeelden zijn. Tijdens deze perioden is er strikt genomen geen sprake van 2+2 baangebruik, maar wel van 2+2 stromen van taxiënd verkeer.

Om lange wachtrijen bij de startbannen te voorkomen wordt op Schiphol gebruik gemaakt van gate-holding. Het moment waarop de pushback daadwerkelijk begint wordt beïnvloed door vertragingen van de Airline operators of van ATC. De punctualiteit van de Airline operators is in deze studie grotendeels meegenomen door tijd variaties te hanteren gebaseerd op actuele data. Om allen vertragingen inzichtelijk te kunnen maken en de prestaties van de grondinfrastructuur zonder de invloed van tactische oplossingen te kunnen meten, is er in deze studie voor gekozen om het outbound verkeer zonder enige vertraging aan de pier of tijdens de pushback direct naar de startbaan laten taxiën. Bij drukte wordt eventuele vertraging dus bij de startbaan geabsorbeerd.

Daarnaast treden knelpunten in de grondafhandeling op wanneer aankomende vliegtuigen eerder op Schiphol komen en de voor hen bestemde gates nog bezet zijn. Volgens Schiphol zijn er precies genoeg VOP's, maar als het verkeer niet volgens planning opereert, moeten vliegtuigen op (remote) holdings of rijbanen worden opgehouden of omgeleid. Dit vraagt om non-standaard handelingen van ground control, zoals niet standaard push-backs en alternatieve taxiroutes. Deze variabelen leiden tot een verhoogde werklust van ATC, Airport operations, Airline operators en grondafhandelingsmaatschappijen.

¹ Rond 63% van de tijd, op basis van ADS-B gegevens van 1 november 2007 tot 31 oktober 2014.

In deze studie is er voor gekozen om:

- De meest voorkomende baanpreferenties te modelleren:
 - 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓
 - 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓
 - 18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓
 - 18L, 24 ↑ 18R, 27 ↓
- Het baangebruik zo te modelleren dat er maximale belasting van het taxiënd verkeer op de grondinfra is, dit houdt in dat er 2+2 stromen van taxiënd verkeer zijn,
- Tijd variaties te hanteren gebaseerd op actuele data voor zowel landing time als off-block time om de aankomst- en vertrektijden en de variatie die daarin optreedt te modelleren, en
- Gebruik te maken van standaard taxi-stromen om knelpunten inzichtelijk te maken voordat ze in de operatie tactisch worden opgelost om knelpunten zo werkelijk mogelijk te identificeren.

Deze uitgangspunten zijn besproken tijdens de kick-off meeting en geaccordeerd door LVNL en AAS. De gehanteerde uitgangspunten leiden ertoe dat, met name in de off-peak, de werkelijke vertragingen worden onderschat. Bijvoorbeeld bij het gedwongen stoppen met startcombinatie 24, 18L in verband met inbound druk. Er wordt dan gekozen voor een inboundcombinatie (24 starten, 18R, 18C landen) maar door het nog relatief grote outbound aanbod ontstaat ophoping van heavy verkeer op taxiway A ter hoogte van de stemvork. Dus in plaats van 1+2 stromen in werkelijkheid met ophoping, zien we in de simulatie 2+2 stromen van taxiënd verkeer die de ophoping maskeren. Tegelijkertijd zorgt het afhandelen langs standaard routes en het ontbreken van de start-up functie tot extra vertragingen op taxibanen, dit wordt in de praktijk voorkomen door tactische maatregelen. Een inschatting van de over- en onderschatting is niet te geven zonder aanvullende analyse.

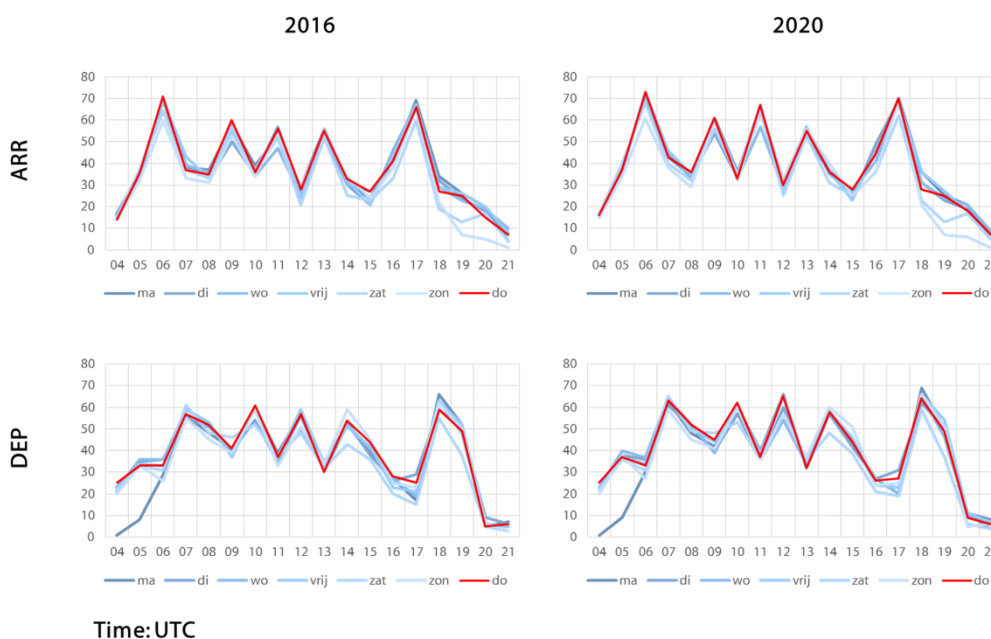
Naast de gemodelleerde knelpunten treden er ook knelpunten op bij minder preferente baancombinaties en onder specifieke omstandigheden, zoals in geval van werkzaamheden aan de infrastructuur of bij de-icing. Deze omstandigheden vereisen separate analyses.

3 Invoergegevens

Dit hoofdstuk beschrijft op hoofdlijnen de invoergegevens voor deze studie.

3.1 Vluchtschema's

De vluchtschema's voor 2016 en 2020 zijn ontwikkeld in het sectorplanning proces 2015 en aangeleverd door de LVNL. De schema's zijn representatief voor een drukke week in de maand van juli. Alle tijden in dit rapport zijn UTC. Onderstaande figuren geven het aantal bewegingen per uur voor 2016 en 2020, uitgesplitst naar landingen en starts. Donderdag is hierbij in rood weergegeven als de meest representatieve dag.



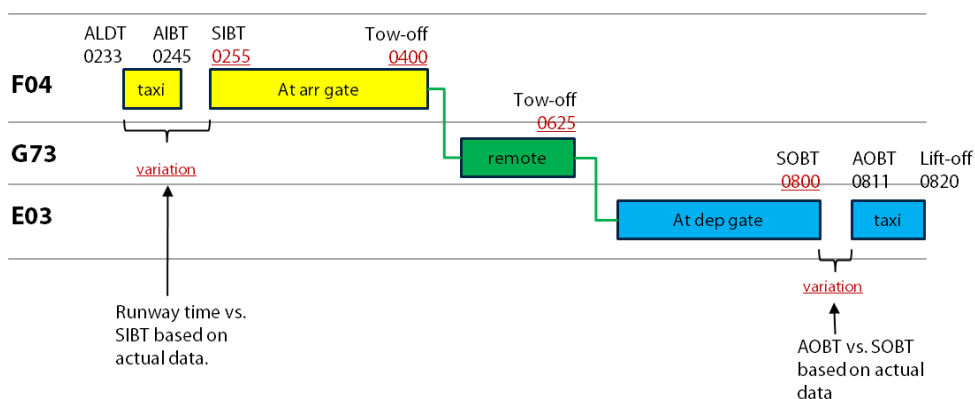
Onderstaande tabel geeft het totaal aantal bewegingen per dag. Er wordt ruim 5% groei in het verkeer verwacht richting 2020:

JULI 2016	ARR	DEP	TOT	TOWS	JULI 2020	ARR	DEP	TOT	TOWS	TOT-delta	TOWS-delta
ma 18	712	644	1356	33	ma 13	754	688	1442	30	+86 / +6%	-3 / -9%
di 19	719	710	1429	46	di 14	751	741	1492	43	+63 / +4%	-3 / -7%
wo 20	703	707	1410	36	wo 15	737	740	1477	29	+67 / +5%	-7 / -19%
do 21	724	718	1442	45	do 16	761	756	1517	40	+75 / +5%	-5 / -11%
vr 22	713	719	1432	51	vr 17	756	765	1521	38	+89 / +6%	-13 / -25%
za 23	645	648	1293	42	za 18	691	686	1377	34	+84 / +6%	-8 / -19%
zo 24	623	693	1316	32	zo 19	659	733	1392	30	+76 / +6%	-2 / -6%

Met behulp van een voorbeeld wordt uitgelegd hoe de schema's vervolgens zijn gebruikt in de simulatie. De onderstaande gegevens voor één vlucht komen direct uit het sectorplanning proces. In rood zijn de invoergegevens voor de simulaties weergegeven.

area	stand	start	end	type	arr	dep	actype
F PIER	F04	14/07/2020 0255	14/07/2020 0400	A	KLM856	KLM661	789
G BUFFER	G73	14/07/2020 0420	14/07/2020 0625	T	KLM856	KLM661	789
E PIER	E03	14/07/2020 0645	14/07/2020 0800	D	KLM856	KLM661	789

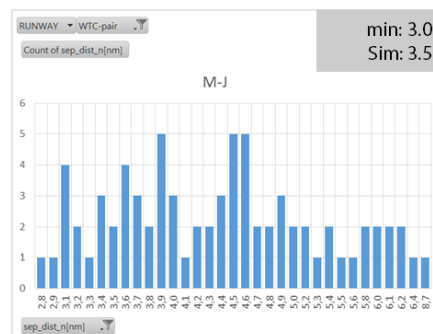
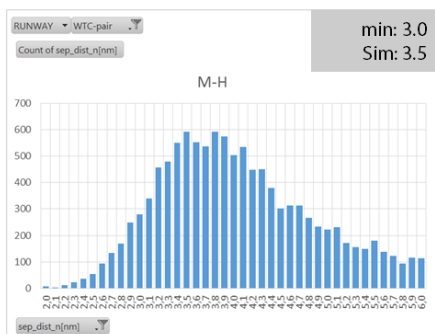
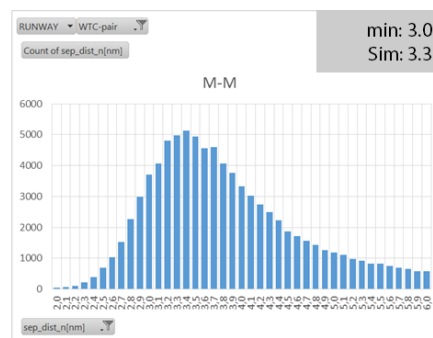
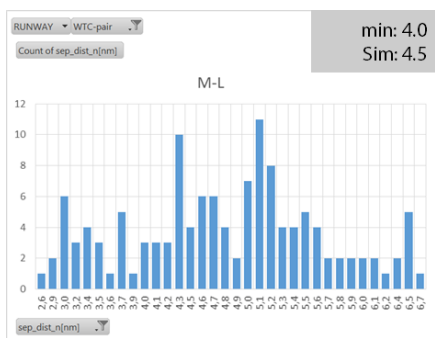
Deze gegevens zijn vervolgens vertaald naar de simulatie. Dit wordt weergegeven middels onderstaand schema. Hierin komen de tijden uit de flight schema's (in rood) terug.



Bovenstaand schema geeft ook aan dat voor zowel de taxitijd als de off-block tijd variaties zijn toegepast. Hierin is onderscheid gemaakt tussen verschillende airline groepen; KLM 737's, KLM intercontinentale vluchten (heavies), KLM regionale vluchten, Delta Airlines, Easyjet, Transavia en overige carriers. Dit is gekalibreerd op basis van schemadata uit 2014 van Schiphol en operationele data van LVNL.

3.2 Runway performance

De runway performance is gebaseerd op performance data van de periode januari tot augustus 2015. Als voorbeeld zijn de waargenomen separatie afstanden voor medium verkeer en de gehanteerde waarden in de simulatie hieronder weergegeven.



3.3 Taxistromen

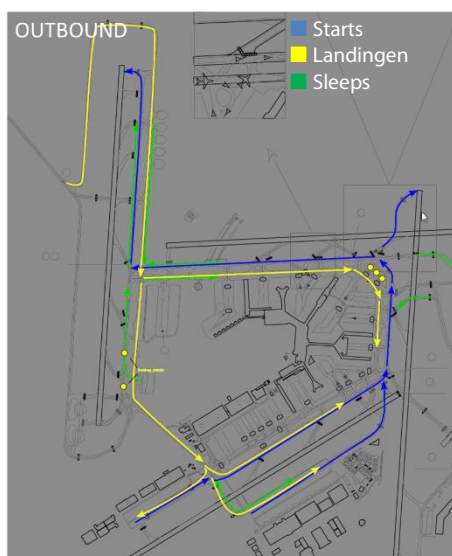
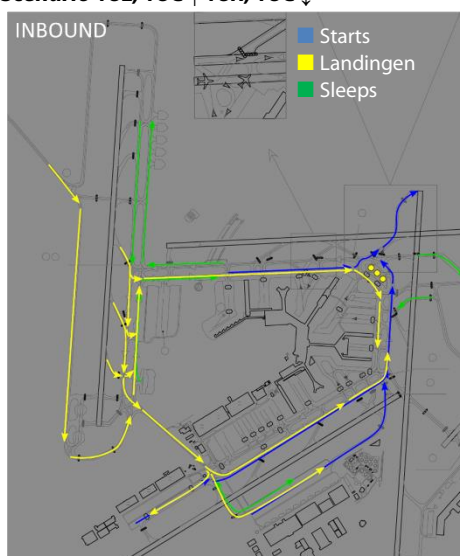
Onderstaande figuren geven de gehanteerde taxistromen weer voor de verschillende scenario's met in geel landend verkeer, in blauw startend verkeer en in groen sleepverkeer.

Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓



Scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓



Scenario 24, 18L ↑ 18R, 27 ↓**Scenario 18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓**

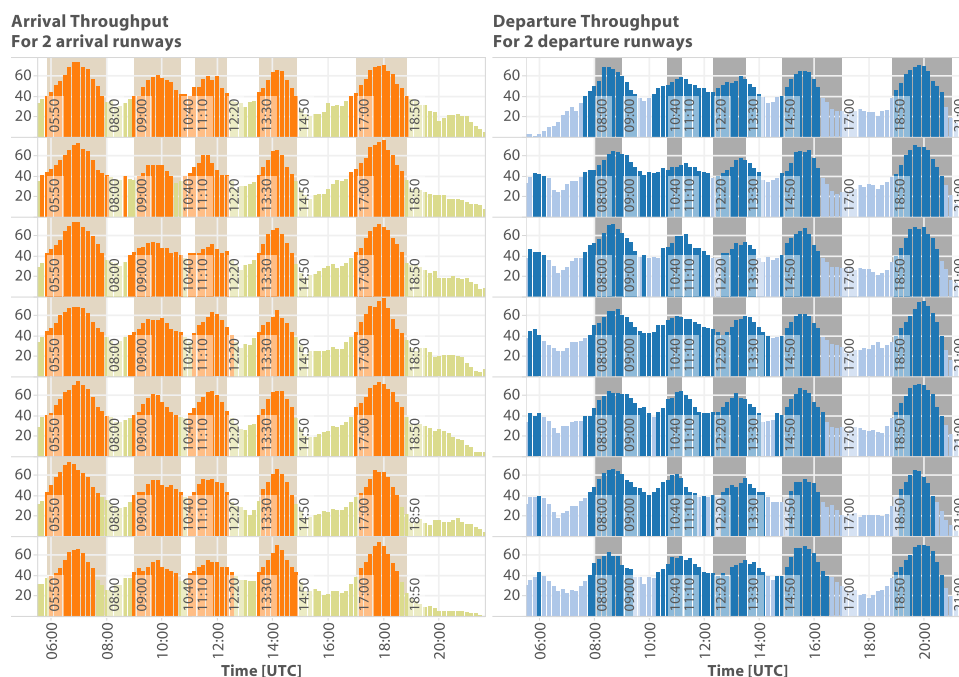
3.4 Omslagpunt

In tegenstelling tot de overige baancombinaties laat de baancombinatie 18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓ het niet toe om 2+2 taxistromen te modelleren. Om toch de te verwachten knelpunten zo duidelijk mogelijk te kunnen onderkennen, zijn voor deze baancombinatie, waarbij slecht 3 banen beschikbaar zijn, 2+1 baancombinaties voor de start- en landingspieken beoordeeld. Concreet betekent dit, dat gekeken is naar óf 18R,18C landen en 18L starten óf 18R landen en 18C,18L starten. Om een modellering in te richten die zo dicht mogelijk bij de praktijk komt en tegelijkertijd de te verwachten grondafhandelingsaspecten goed zichtbaar maakt, zijn omslagmomenten van de landings- naar de startpiekconfiguratie en vice versa bepaald.

De taxistromen rondom 18C zijn afhankelijk van het gebruik van de baan. Als wordt gestart van 18C moet het verkeer dat is geland op 18R naar Schiphol centrum taxiën via de route noord om 18C, via taxibaan Y en C, om te voorkomen dat er zich voor het startend verkeer obstakels bevinden in het gebied net voorbij het einde van de startbaan. Als wordt geland op 18C moet het verkeer dat is geland op 18R naar Schiphol centrum taxiën via de route zuid om 18C, via taxibaan Z, om te voorkomen dat er zich obstakels bevinden in de eindnadering net voor het begin van de landingsbaan.

Bij de overgang van de landings- naar startpiekconfiguratie moet voor verkeer dat is geland op 18R, op meetpunt VM zijn bepaald hoe de taxiroute om baan 18C gaat worden. Datzelfde geldt voor de overgang van start- naar landingspiekconfiguratie. In de modellering is een omslagpunt bepaald om van inbound- naar outbound mode en vice versa om te schakelen. Dit omslagmoment is bepaald op basis van de volgende uitgangspunten:

- Als het aanbod van inbound verkeer meer dan 40 per uur bedraagt, worden twee landingsbanen actief (inbound mode). Hierbij is rekening gehouden met een korte periode waarin vertrekkend verkeer dat al onderweg is naar 18C, hiervan nog moet vertrekken. Voor vertrekkend verkeer van 18C is de aanname dat die korte periode ongeveer 12 minuten is. In onderstaande figuur is te zien wanneer de modes gebruikt worden.

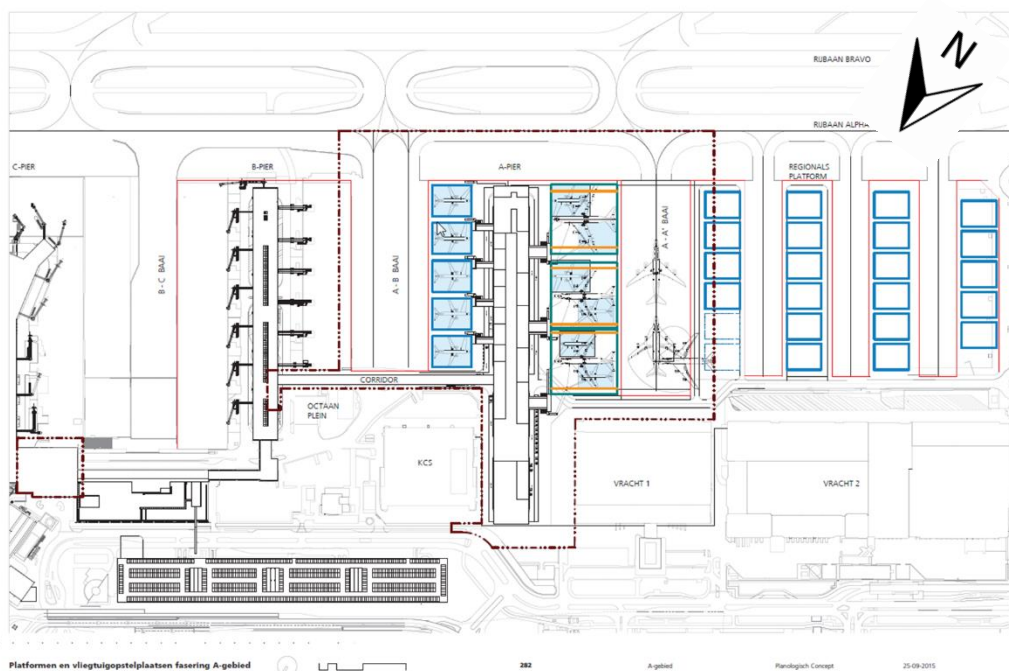


- Als het aanbod van outbound verkeer meer dan 40 bedraagt, worden twee startbanen actief (outbound mode). Hierbij is rekening gehouden met een korte periode waarin binnenkomend verkeer dat al onderweg is naar 18C, hier nog moet landen. Indien het laatste vliegtuig zich op 5 NM final van 18C bevindt, wordt het dan eerstvolgende vliegtuig dat is geland op 18R en bij VM rijdt, via taxibaan Y gestuurd. Overweging: 5 NM vliegen is ongeveer 2 minuten. Dit komt ongeveer overeen met de tijd die nodig is om te taxiën van VM naar Y2.
- Indien het laatst vertrekkende vliegtuig van 18C zich op taxibaan D ter hoogte van W2 bevindt, dan wordt het eerstvolgende op 18R gelande vliegtuig dat bij VM rijdt, via taxibaan Z gestuurd.

Overweging: vanaf taxibaan D ter hoogte van W2 tot einde take-off roll 18C is ongeveer een minuut en inbound verkeer vanaf VM komt dan nooit in de buurt van Z2.

3.5 A-Pier

Bij aanvang van deze studie (fase 1) had Schiphol de investeringsbeslissing voor de A-pier nog niet genomen waardoor deze aanvankelijk niet in de simulaties voor 2020 werd meegenomen. Inmiddels is het de verwachting dat de A-pier in 2020 al wel in gebruik zal zijn, vandaar dat deze in fase 2 wel is meegenomen. Bij de aanleg van de A-pier zullen er immers infrastructurele aanpassingen gedaan worden die invloed hebben op het gebruik van de taxibanen rondom de A-pier. Een ontwerptekening van de A-pier en de aangrenzende taxibanen en opstelplaatsen die als uitgangspunt is gehanteerd, is in onderstaande figuur weergegeven.



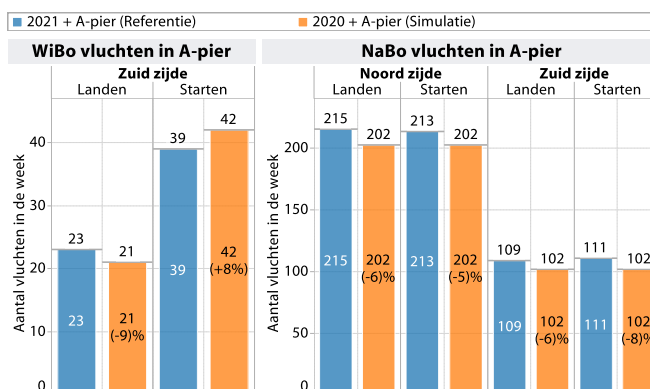
Voor het modelleren van de A-Pier zijn een aantal aannames gedaan, welke zijn gebaseerd op invoergegevens die geleverd zijn door AAS:

- De regional VOP's op het B-platform zijn naar het zuidwesten verschoven en uitgerust met nieuwe rijlijnen voor gebruik en nieuwe entries van en naar taxiway A. Alle posities op het platform zijn power-in/power-out, behalve de A30 posities. Ook is er een rij met VOP's komen te vervallen. Het verkeer dat voorheen op deze opstelplaatsen stond zal nu moeten worden doorgeschoven naar andere VOP's.
- Aan de noordzijde van de A-Pier is er plaats voor vijf narrowbody toestellen. Voor gebruik van deze VOP's is de preferentie SkyTeam en Transavia vluchten afkomstig uit "ongescreende" landen.
- De zuidzijde van de A-pier wordt tijdsafhankelijk gebruikt gemaakt van drie widebody VOP's (van 7:00 tot 15:00 LT) of zes narrowbody VOP's (van 16:00 tot 21:00 LT). Voor de widebody VOP's is de preferentie de KLM vluchten afkomstig van "niet-Schengen unscreened" landen. Voor de

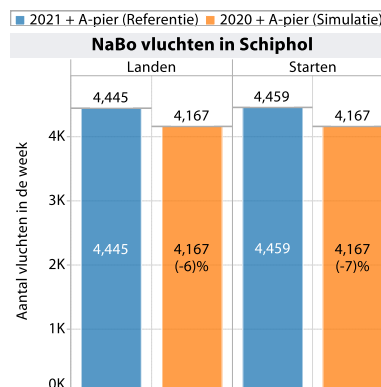
narrowbody VOP's is de preferentie de KLM City Hopper vluchten met Schengen-Schengen connecties.

Bij aanvang van de studie is het traffic bestand opgesteld op basis van het 2020 schema. Dat hield echter geen rekening met de gate allocatie voor de A-pier. Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen van deze studie was het noodzakelijk een gate allocatie te introduceren in het schema die wel rekening houdt met de A-pier. Daarvoor heeft AAS een schema voor 2021 opgeleverd dat wel vluchten bevat die naar de A-Pier gaan. Dat nieuwe schema is gebruikt als referentie om het 2020 schema in te vullen. Op basis van callsigns zijn allen vluchten die naar de A-pier gaan in het referentie schema handmatig gekoppeld met een vlucht in het 2020 schema. In het geval van geen bijpassende vlucht werd er gekeken naar alternatieven die wel voldeden aan de bovengenoemde aannames.

Om de allocatie methode te kunnen controleren is het verder gekeken naar de globale verschillen tussen schema's. De figuur rechts toont aan dat deze verschillen niet significant zijn. Wel opvallend is het consistente verschil bij het aantal narrowbody vluchten. Het 2020 schema bevat rond 6% minder vluchten t.o.v. het referentie schema.



Om deze verschillen te verklaren is het gekeken naar het totaal aantal narrowbody vluchten in het hele veld (zie figuur rechts). Als beide schema's worden vergeleken dan komt de 6% verschil ook terug. De verschillen in schema's met betrekking tot het aantal narrowbody toestellen op de A-pier komt dus door de ontwikkeling van het verkeer op de luchthaven. Op basis van deze resultaten is geconcludeerd dat de 2020-allocatie voor de A-pier wel representatief is voor het beoogde gebruik.



Een laatste aanname betreft de sleepbewegingen van en naar de A-pier. AAS heeft aangegeven dat hiervoor geen concrete plannen zijn. Voor de widebody toestellen is er echter duidelijk sprake van sleepbewegingen in de A-pier (23 aankomende vs. 39 vertrekkende vluchten in het referentie schema). Voor de narrowbody toestellen is in het referentieschema gekeken naar het aantal starts en landingen die doordeweeks gebruik maken van de A-pier. Omdat de verschillen tussen aantal starts en landingen per dag niet significant zijn is aangenomen dat er geen sleep bewegingen van narrowbody toestellen van en naar de A-pier zullen zijn.

Fase 1

juli 2015 – februari 2016

In hoofdstuk 4 worden de knelpunten geïdentificeerd en gekwantificeerd. Tevens geeft een aanvullende gevoeligheidsanalyse het effect van verstoringen weer. Hoofdstuk 5 beschrijft de mogelijke oplossingen van de knelpunten alsmede de kwantificering van effecten.

De scope van deze fase was beperkt tot de volgende baancombinaties:

- 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓
- 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓

4 Knelpunten

4.1 Resultaat expert sessie

Tijdens een sessie met operationeel experts zijn de operationele knelpunten in de grond infrastructuur geïnventariseerd. Hierbij is besproken waar, wanneer en waarom de knelpunten optreden, dit om de simulaties zo in te richten dat er relevante situaties optreden.

Voor scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ treden de volgende knelpunten op:

- Kop 36C in verband met kruisende verkeersstromen, de enkele taxiway Quebec en vooral tijdens de avondpiek, maar bijvoorbeeld ook bij sleepverkeer vanaf het Yankee platform;
- Rondom A20, wanneer er sleepverkeer vanaf Juliet is, zijn er kruisende stromen met startend verkeer dat pas vanaf A21 kan worden ontvlecht;
- Papa holding; er zijn te weinig remote holding posities waardoor met verkeer op de rijbaan moet worden gehold. Verkeer komt soms dusdanig vroeg binnen dat de gates nog bezet zijn. Dit komt vooral voor bij de overlap van pieken.

Voor scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ treden de volgende knelpunten op:

- Kop 24; er is sprake van kruisende verkeersstromen met outbound verkeer richting 24 vanuit het noorden op taxiway A en vanuit het zuiden richting 18L op taxiway B en daarnaast inbound verkeer in de richting van de Charlie en Delta platformen. Dit komt vooral voor tijdens de outbound piek;
- De heavy piek in de middag veroorzaakt een blokkade van/naar de D-pier, inclusief de stemvork.

Als knelpunten worden verder genoemd:

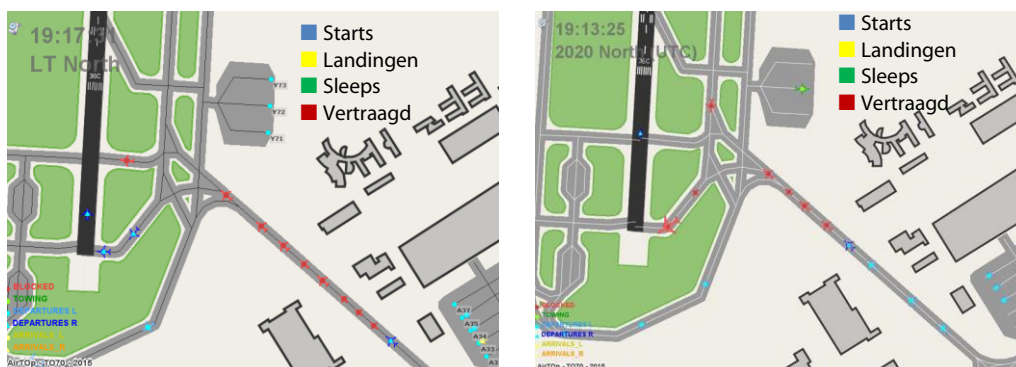
- Bij de GH-baai zijn er (te) veel VOP's voor één rijbaan;
- Voor de stemvork (D-pier) is de batchplanning afgeschaft waardoor bij de overlap van pieken knelpunten optreden. Dit vraagt ook om non-standaard afhandeling om het verkeer toch efficiënt af te handelen.
- Een tekort aan VOP's om al het verkeer af te kunnen handelen waardoor vliegtuigen op (remote) holdings of rijbanen worden opgehouden. Dit leidt tot bufferafhandelingen en pushback en sleepbewegingen over taxibanen;
- A20/A21 tijdens de-icing, verkeer gaat dan van Centrum eerst naar het Juliet-platform en vervolgens weer terug naar Centrum;
- Werkzaamheden op verwachte en onverwachte momenten waarbij er cruciale delen van de infrastructuur niet beschikbaar zijn en non-standaard oplossingen moeten worden toegepast.

In deze studie is ervoor gekozen de meest gangbare baancombinaties en standaard taxistromen te modelleren om de knelpunten te kwantificeren. Aangezien de baancapaciteit en daarmee het verkeersaanbod afneemt bij minder gangbare baancombinaties is het de verwachting dat de grondcapaciteit dan niet de beperkende factor is. Daarnaast wordt in de simulaties veel aandacht besteed aan tijd variaties van het aanbod van verkeer om daarmee niet-nominale situaties na te bootsen, en dan met name het vroeger aankomen dan schematijd van verkeer gebaseerd op actuele data.

4.2 Resultaat simulaties

Kop 36C

Dit knelpunt treedt op bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ omdat verkeersstromen naar 36C en 36L elkaar kruisen en niet ontvlecht kunnen worden; verkeer vanaf taxiway Quebec kruist verkeer op taxiway A richting 36L. Dit komt vooral voor als de mix van 36C/36L verkeer niet optimaal is (zoals tijdens de avondpiek), bij overlap van pieken (wanneer de aandacht wordt afgeleid van kop 36C in verband met grotere inbound verkeersdruk) en als de mix van N/S verkeer niet optimaal is (de GCS controller die druk is met A/B platform doet taxiway Quebec erbij).



Aangezien het bekend is dat dit knelpunt optreedt, kent deze baancombinatie beperkingen voor de startcapaciteit met 35 bewegingen per startbaan, terwijl de declared capacity 37 bewegingen per baan bedraagt.

- In 2016 is de totale vertraging per dag 461 minuten, de gemiddelde vertraging per vliegtuig is 38 seconden en de kans op vertraging is 36%;
- Op vijf momenten gedurende de dag gaan er meer dan 50 bewegingen door het studiegebied. Opvallend is dat dit rond 08:00 nauwelijks vertragingen veroorzaakt terwijl rond 20:00 de vertragingen het grootst zijn. De oorzaak hiervan kan gevonden worden in de hoeveelheid sector 2 verkeer. Als rekenvoorbeeld: rond 11:00 gaan er gemiddeld circa 60 bewegingen door het gebied met een kans op vertraging van circa 40% en gemiddeld circa 30 seconden vertraging, in totaal zo'n 12 minuten; rond 08:00 gaan er gemiddeld circa 75 bewegingen door het gebied met een kans op vertraging van ruim 70% en circa 3,5 minuut vertraging, in totaal ruim 180 minuten vertraging;
- In 2020 neemt de totale vertraging toe tot 679 minuten, gemiddeld 53 seconden per vliegtuig en een kans van 39%.
- 36C verkeer heeft een groter aandeel in deze vertraging dan 36L verkeer:

	36C		36L	
	2016	2020	2016	2020
Totaal (min)	393	557	68	121
Gemiddeld (sec)	55	74	14	23
Kans (%)	53	56	11	14

- in de avondpiek (19:00-21:00) is de gemiddelde vertraging voor 36C verkeer meer dan 4 minuten met een kans van circa 95%; dit neemt toe tot meer dan 6 minuten in 2020 met een kans van bijna 100%;
- in 2020 manifesteert dit knelpunt zich ook in de middagpiek met een gemiddelde vertraging voor 36C verkeer oplopend naar 2 minuten.

Kop 24

Dit knelpunt komt bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ vooral voor tijdens de outbound piek. Er is dan kruisend outbound verkeer op taxiway A richting 24 en op taxiway B richting 18L en daarnaast inbound verkeer richting de Charlie en Delta aprons. Ook is S7 niet te gebruiken als runway entry. De praktijk laat daarnaast zien dat gedurende de heavy piek in de middag de doorgang van/naar de stemvork wordt geblokkeerd. Dit laatste zien we niet in de simulaties terug aangezien er dan 2+2 taxistromen wordt gehanteerd.



*Interactie tussen outbound verkeer 24 en 18L,
inbound verkeer 18R en 18C naar aprons*

- In 2016 is de totale vertraging per dag 56 minuten voor inbound verkeer plus 249 minuten voor outbound verkeer. De gemiddelde vertraging per vliegtuig is 11 seconden voor inbound verkeer en 25 seconden voor outbound verkeer. De kans op vertraging is 12% voor inbound verkeer en 39% voor outbound verkeer;
- Op vier momenten gedurende de dag gaan er meer dan 65 bewegingen door het studiegebied. Vooral in de ochtend rond 09:00 en in de avond rond 20:00 zijn de vertragingen het grootst. Als rekenvoorbeeld: rond 09:00 gaan er gemiddeld circa 85 bewegingen door het gebied met een kans op vertraging van circa 60% en gemiddeld circa 2 minuten vertraging, in totaal ruim 100 minuten vertraging;
- in 2020 neemt de totale vertraging af tot 47 minuten voor inbound verkeer en 249 minuten voor outbound verkeer; dit wordt deels veroorzaakt door een afname van het verkeer dat gebruik maakt van de C-pier.

Papa holding

Het knelpunt Papa-holding komt vooral voor bij de overlap van pieken bij zowel scenario Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ en scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ en wordt veroorzaakt door verkeer dat te vroeg aankomt wanneer de gates nog bezet zijn. Is de Papa holding vol, dan staat er verkeer stil op rijbanen wat de doorstroming op taxiway A en B belemmert.



- In de simulatie komt treedt dit knelpunt slechts incidenteel op;
- Bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ maken in 2016 gemiddeld per dag 58 vliegtuigen gebruik van de Papa-holding. Dit neemt toe tot 62 in 2020. Er staan overwegend één of twee vliegtuigen geparkeerd op de Papa-holding, een enkele keer vier en eenmaal zelfs vijf. De gemiddelde wachttijd in 2016 is 9,8 minuten en loopt op naar 10,0 minuten in 2020;
- Bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ maken in 2016 gemiddeld 21 vliegtuigen gebruik van de Papa-holding. Dit neemt af tot 17 in 2020. Dit komt overeen met de verwachting dat de holding meer wordt gebruikt bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ en scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓.
- De gemiddelde wachttijd in 2016 is 4,8 minuten en neemt af naar 4.4 minuten in 2020.

Stemvork (D-pier) blokkade

Er is slechts één enkele rijbaan beschikbaar voor de aan- en afvoer van verkeer binnen de stemvork. Dit kan leiden tot knelpunten op taxiway A of B aangezien vliegtuigen moeten wachten totdat de rijbaan en gate beschikbaar zijn. Afhandeling van het verkeer in de stemvork valt of staat met een goede gate planning.



Een voorbeeld waarbij een inbound vliegtuig stil staat op A9 en moet wachten totdat het outbound vliegtuig de stemvork heeft verlaten

- Dit knelpunt treedt bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ incidenteel op en dan vooral voor inbound verkeer. In de – voor de simulaties – aangeleverde gateplanning blijkt batchplanning succesvol te zijn toegepast. Het knelpunt is vooral een risico bij (extreme) verstoringen. Het uitgangspunt om de nominale situatie te onderzoeken in het simulatiemodel en de goede gate planning, maken dat de simulatie onvoldoende gevoelig lijkt voor dit knelpunt;
- De totale vertraging is ruim 11 minuten in 2016 en de kans op vertraging is circa 3%; in 2020 loopt dit op tot circa 13 minuten met een kans van 4%;
- Bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ draagt het knelpunt bij aan het algemene knelpunt 'Kop 24'. De totale vertraging is circa 9 minuten in 2016 en de kans op vertraging is 11%; in 2020 loopt dit op tot ruim 10 minuten met eveneens een kans van 11%.

C-pier blokkade

Een aantal pushbacks (C13, C15, C16 en C18) eindigen op taxiway A. Dit vraagt extra monitoring van de ground controller en kan ook leiden tot een knelpunt op taxiway A. Dit knelpunt is niet ter sprake gekomen tijdens de expert sessie, maar werd in de simulatie gevonden en met operationele expertise bevestigd.

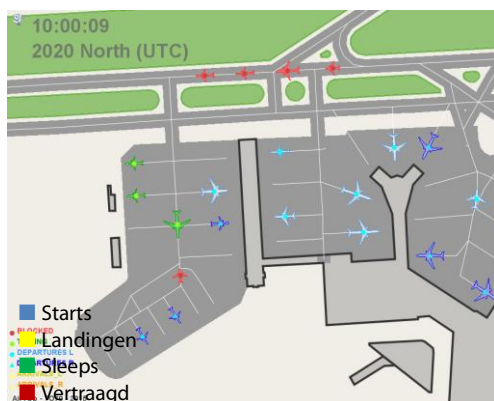


- Er is een kans op vertraging van enkele minuten door interactie van een pushback kop C pier, verkeer op taxiway A en inbound en outbound verkeer tussen pier B en C;
- In 2016 is de totale vertraging per dag 59 minuten voor inbound verkeer plus 29 minuten voor outbound verkeer. De gemiddelde vertraging is 8 seconden voor inbound verkeer en 7 seconden voor outbound verkeer. De kans op vertraging is 11% voor zowel inbound als outbound verkeer;
- Op twee momenten gedurende de dag zijn zowel de gemiddelde vertraging als de kans daarop voor dit studiegebied groot, in de ochtend rond 08:00 en in de avond rond 19:30. Als rekenvoorbeeld: rond 08:00 gaan er gemiddeld circa 40 bewegingen door het gebied met een kans op vertraging van circa 18% en gemiddeld circa 20 seconden vertraging, in totaal ruim 2 minuten vertraging;
- In 2020 neemt het gebruik van de C-pier af ten opzichte van 2016; 2763 bewegingen ten opzichte van 2894 bewegingen, een afname met 131 bewegingen of bijna 5%. Deze afname kan ook leiden tot een afname van de totale vertraging tot 48,1 minuut voor inbound verkeer en een afname tot 23,1 minuut voor outbound verkeer.

Een vergelijkbaar knelpunt treedt ook op bij de F pier waar pushbacks van F9, F3 en F8 op taxiway A eindigen.

GH-baai blokkade

Net als bij de stemvork is hier slechts een rijbaan beschikbaar van/naar de apron. Bovendien zijn hier vijftien VOP's, een hoog aantal voor één rijbaan. Dit leidt tot knelpunten op taxiway A en B.



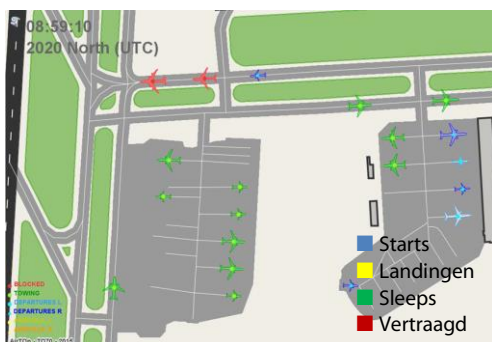
Een voorbeeld waarbij vier vliegtuigen staan te wachten op taxiway B omdat het eerste vliegtuig niet naar de apron kan omdat het outbound verkeer de rijbaan gebruikt

- Typisch voor dit knelpunt is dat het op andere momenten plaatsvindt dan de overige knelpunten. Dit komt omdat het vooral Easyjet verkeer betreft dat het piekenpatroon niet zozeer volgt. In de simulatie is de kans op vertraging groot en de (gemiddelde) vertraging klein;
- Bij baangebruik 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ in 2016 is de totale vertraging per dag 23 minuten voor inbound verkeer plus 4 minuten voor outbound verkeer. De gemiddelde vertraging is 22 seconden voor inbound verkeer en 2.4 seconden voor outbound verkeer. De kans op vertraging is 23% voor inbound verkeer en 7% voor outbound verkeer;
- Bijvoorbeeld om 17:00 gaan er gemiddeld circa 12 bewegingen door het gebied met een kans op vertraging van circa 23% en gemiddeld circa 20 seconden vertraging, in totaal ruim 1,5 minuten vertraging;
- In 2020 neemt dit toe tot een totale vertraging van 35 minuten voor inbound verkeer plus 7,5 minuut voor outbound verkeer, gemiddeld 26 seconden per vliegtuig voor inbound verkeer en 4 seconden voor outbound verkeer, met een kans van respectievelijk 30% en 8%.
- In vergelijking tot scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ is de kans op vertraging bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ kleiner, maar de omvang groter. In 2016 is de totale vertraging per dag 28 minuten voor inbound verkeer plus 2,5 minuut voor outbound verkeer. De gemiddelde vertraging is 7 seconden voor inbound verkeer en 2.4 seconden voor outbound verkeer. De kans op vertraging is 9% voor inbound verkeer en 4% voor outbound verkeer;
- In 2020 neemt dit toe tot een totale vertraging van 43,6 minuten voor inbound verkeer plus 4 minuten voor outbound verkeer, gemiddeld 10 seconden per vliegtuig voor inbound verkeer en 3 seconden voor outbound verkeer, met een kans van respectievelijk 12% en 4%.

Sleepverkeer

Ook het Juliet platform heeft slechts een enkele rijbaan als entry/exit. Daarnaast komen bij sleepverkeer ook kruisende stromen voor wat knelpunten kan veroorzaken. Er zijn in 2016 circa 40 sleepbewegingen per dag, dit aantal neemt af tot 35 in 2020. Vanwege de beperkte aantallen treedt het knelpunt slechts incidenteel op. Bovendien wordt het sleepverkeer gestuurd op relatief rustige periodes. In deze situatie is

er geen parallel zuidelijk gebruik van taxiway A en B zodat in de simulatie geen aantoonbaar knelpunt optreedt.



Outbound taxiend verkeer voor 36L (rood) en sleepverkeer voor Centrum op taxiway A (groen). Aangezien het eerste outbound vliegtuig via taxiway A naar 36L gaat staat deze te wachten totdat het sleepverkeer richting Centrum voorbij A21 is

In scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ treedt dit knelpunt in de simulaties niet op. Het sleepverkeer beweegt dan mee met de stroom op taxiway A (en B).

4.3 Gevoeligheidsanalyse

Om het model verder te testen op de gevoeligheid van 'extreme' verstoringen is een analyse uitgevoerd waarbij al het inbound verkeer tien minuten eerder landt. Dit levert de volgende resultaten op voor scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓:

	Arrival		Departure	
	Baseline 2020	Early arrivals	Baseline 2020	Early arrivals
Congestion probability [%]	18%	23%	22%	21%
Average aircraft delay [min]	0.48	0.98	0.70	0.69
Total delay per day [min]	509	1073	1896	1929

Voor scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ zien we vergelijkbare resultaten:

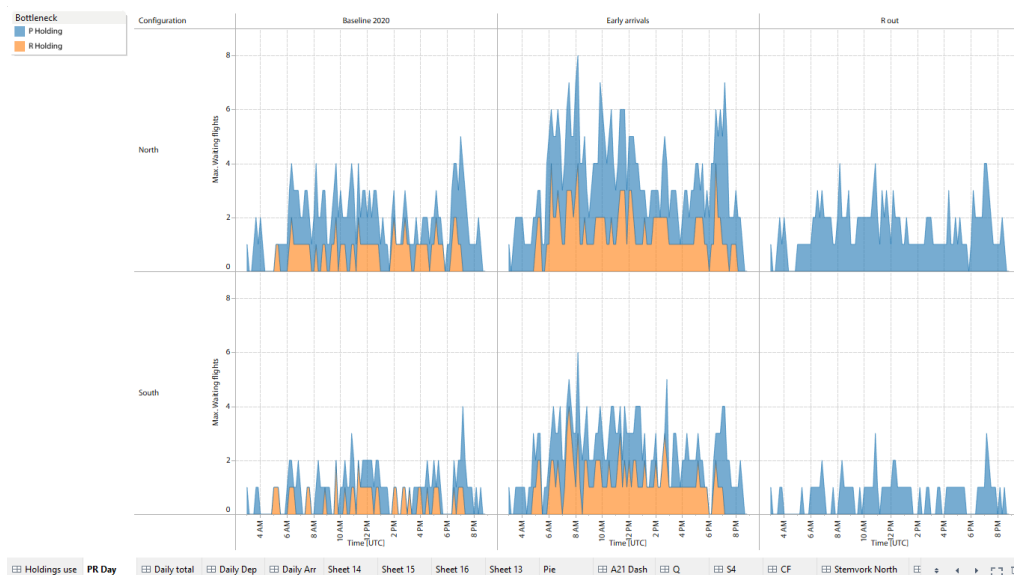
	Arrival		Departure	
	Baseline 2020	Early arrivals	Baseline 2020	Early arrivals
Congestion probability [%]	13%	15%	22%	21%
Average aircraft delay [min]	0.22	0.44	0.64	0.62
Total delay per day [min]	260	518	1664	1661

Deze analyse toont aan dat vertragingen significant kunnen toenemen als het inbound verkeer structureel te vroeg binnen komt, nog meer dan al in het model was meegenomen.

Onderstaande tabel geeft het dagelijkse gebruik van de Papa- en de Romeo-holding alsmede de gemiddelde wachttijd in minuten.

	Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓			Scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓		
	Baseline	Early arrivals	Geen Romeo	Baseline	Early arrivals	Geen Romeo
<i>Aantal vluchten per dag:</i>						
P-holding	45	102	62	12	39	17
R-holding	14	48	-	7	32	-
Totaal per dag	59	150	62	19	71	17
<i>Gemiddelde wachttijd:</i>						
P-holding	9.74	4.93	10.04	5.13	2.85	4.36
R-holding	7.81	4.14	-	4.18	3.37	-

De bijbehorende figuur geeft het gebruik van de holdings weer gedurende de dag.



Als vluchten structureel 10 minuten vroeger komen dan aangenomen, neemt de behoefte aan holding capaciteit toe, gedurende lange periodes zijn vijf of meer plekken in gebruik, incidenteel zijn acht plekken nodig.

Ook voor het knelpunt bij de stemvork zien we bij 'early arrivals', vooral voor scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓, een significante toename van de vertraging en de kans op vertraging.

4.4 Samenvatting

Richting 2020 nemen de vertragingen verder toe zonder aanpassingen aan de grond infrastructuur. Hierbij zijn de vertragingen tijdens scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ groter dan tijdens scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓. Uit de simulatie blijkt dat vooral het outbound verkeer gevoelig is voor vertragingen.

	Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓		Scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓	
	Inbound	Outbound	Inbound	Outbound
2016	479 min / 17% kans	1636 min / 20% kans	240 min / 12% kans	1572 min / 21% kans
2020	509 min / 18% kans	1896 min / 22% kans	260 min / 13% kans	1644 min / 22% kans

De gevoeligheidsanalyse toont bovendien aan dat als structureel 10 minuten extra te vroeg aankomt en de bestemde gates nog bezet zijn, het inbound verkeer gevoelig ook bijzonder is voor vertragingen.

	Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓		Scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓	
	Inbound	Outbound	Inbound	Outbound
2020	509 min / 18% kans	1896 min / 22% kans	260 min / 13% kans	1644 min / 22% kans
Early arrival	1073 min / 23% kans	1929 min / 21%	518 min / 15% kans	1661 min / 21% kans

De simulaties bevestigen grotendeels de knelpunten zoals deze werden geïdentificeerd tijdens de expert sessie. De belangrijkste knelpunten, zowel benoemd in expertsessies als in de simulaties zijn de kop 36C en de kop 24. De knelpunten van het sleepverkeer en de stemvork komen niet duidelijk naar voren. Een 'nieuw' knelpunt is geïdentificeerd aan de kop van de C-pier. Onderstaande tabel geeft per knelpunt de totale vertragingminuten en kans op vertraging.

		Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓		Scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓	
		Inbound	Outbound	Inbound	Outbound
Kop 36C	2016		460.8 / 36%	4.0 / 2%	
	2020		678.5 / 39%	6.4 / 3%	
Kop 24	2016			55.5 / 12%	249.2 / 39%
	2020			46.9 / 13%	249.2 / 40%
Stemvork	2016	10.9 / 3%	0.1 / 0%	9.0 / 11%	12.1 / 6%
	2020	12.7 / 4%	0.2 / 0%	10.4 / 11%	14.8 / 7%
	Early arrival	22.6 / 8%	0.1 / 1%	12.4 / 12%	12.0 / 7%
C-pier	2016	58.7 / 11%	28.8 / 11%	29.9 / 8%	50.4 / 13%
	2020	48.1 / 10%	23.1 / 9%	19.0 / 8%	42.2 / 12%
GH-baai	2016	23.4 / 23%	4.2 / 7%	28.2 / 9%	2.5 / 4%
	2020	35.0 / 30%	7.5 / 8%	43.6 / 12%	4.0 / 4%
Sleepverkeer	2016		3.7 / 2%	0.8 / 1%	
	2020		5.2 / 2%	2.2 / 1%	

Het verkeersbeeld in de simulaties, in het bijzonder de heatmaps, zijn zowel op het taxibanenstelsel als op de aprons operationeel herkenbaar.



Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ 2020

Kwalitatieve aanvullingen op de resultaten gelden voor minder voorkomende verkeersstromen en vanwege de invloed van tactische maatregelen. Deze zijn:

- De verwachte verstoringen door Juliet sleepverkeer bij A20 bij parallel zuidelijk gebruik van TWY A/B;
- Incidentele verstoringen bij de Papa-holding, vanwege de beperkte capaciteit en tactische maatregelen;
- Verstoringen bij de D-pier, zowel in het geval de batch planning niet of verstoord wordt toegepast, als wanneer outbound verkeer (in het bijzonder Heavies) alleen gebruik maakt van baan 24;
- Verstoringen bij de H-baai, indien het verkeer meer in de pieken groeit en tactische maatregelen daardoor minder effectief zijn.

Oplossingen voor de geïdentificeerd knelpunten kunnen worden gezocht in het ontvlechten van stromen zoals voor kop 36C en kop 24, maar ook daar waar slechts een enkele rijbaan een baai ontsluit en middels het creëren van extra holding-ruimte.

5 Oplossingen

5.1 Resultaat expert sessie

Tijdens een sessie met LVNL en Schiphol zijn de resultaten van de baseline simulaties gepresenteerd. Vervolgens zijn mogelijke oplossingen gericht op de belangrijkste knelpunten, op het tijdig en voldoende ontvlechten van verkeerstromen en het creëren van holding-ruimte besproken. Dit betrof:

- Verschillende uitvoeringen van een dubbele taxibaan Quebec voor het oplossen van het knelpunt bij kop 36C;
- Een (derde) parallelle taxibaan ter hoogte van de C-pier tot aan de stemvork voor het oplossen van het knelpunt bij kop 24;
- Aanvullende exit en entries voor 18L/36R en 06/24 voor de ontlasting van taxiway A en B;
- Remote-holding- en buffer-posities toevoegen zoals Romeo, maar ook op plekken buiten Centrum;
- Dubbele rijbanen voor de GH-baai en de stemvork om opstoppingen op de doorgaande rijbanen te voorkomen;
- Het doortrekken van de C-pier en de F-pier zodat er geen pushbacks zijn op taxiway A.

Hieruit is gezamenlijk een selectie gemaakt van zeven oplossingen met de hoogste prioriteit; dubbele Quebec, extra entry runway 24, Romeo-holding, dubbele rijbaan stemvork, extra rijbaan GH-baai, verlengde C-pier en verlengde F-pier. Vervolgens zijn hier twaalf aanvullende simulaties voor uitgevoerd.

5.2 Resultaat simulaties

Dubbele Quebec

Het voorlopige ontwerp voor een dubbele Quebec is aangeleverd door Schiphol. Hierbij wordt rekening gehouden met de A-, A'-, A''- en R-pier. Aangezien de ontwikkeling van deze pieren niet voorzien is vóór 2020 is dit niet meegenomen in de simulatie. Wel is het huidige Romeo platform verplaatst en is de Romeo-holding ontworpen.



De dubbele Quebec maakt het mogelijk outbound taxistromen volledig te ontvlechten. De verwachting is dat vertraging hierdoor significant afneemt en de startcapaciteit van scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ toeneemt.

Dit zien we ook in de simulatie:

- De totale vertraging neemt met 234 minuten af tot 444 minuten, de gemiddelde vertraging neemt met 18,6 seconden af tot 34,2 seconden en de kans op vertraging neemt af van 39% tot 34%;
- Gedurende de hele dag laat de simulatie een afname van de vertraging zien, deze is het meest evident in de avondpiek waar de gemiddelde vertraging afneemt van ruim 5 minuten tot circa 2 minuten en er geen vertraging meer is voor 36L verkeer;
- Bovendien laten de heat-maps zien dat buiten het studiegebied voor dit knelpunt geen vertraging meer optreedt, waar dat wel het geval is bij een enkele Quebec.



Vandaar dat ook gekeken is naar effecten voor de gehele luchthaven met en zonder dubbele Quebec:

- De totale vertraging bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ voor outbound verkeer neemt af van 1069 minuten naar 892 minuten voor 36C verkeer en van 827 minuten tot 718 minuten voor 36L verkeer;
- Bovendien neemt ook de totale vertraging voor inbound verkeer af van 509 minuten naar 481 minuten;
- Ook heeft dubbele Quebec het verwachte positieve effect op de runway throughput, met name voor 36L, waar deze zonder dubbele Quebec niet boven 39 bewegingen per uur kwam komt deze nu tot 42 bewegingen per uur;
- De gemiddelde taxitijd naar 36C neemt toe met circa 22 seconden, voor 36L neemt deze af met circa 26 seconden. De toename voor 36C wordt vooral veroorzaakt omdat de afstand naar de baan vanuit het zuiden bijna 600 langer is. De afname voor 36L verkeer is vooral een gevolg van de betere doorstroming van het verkeer welke de beperkt langere afstand (50 meter) meer dan compenseert.

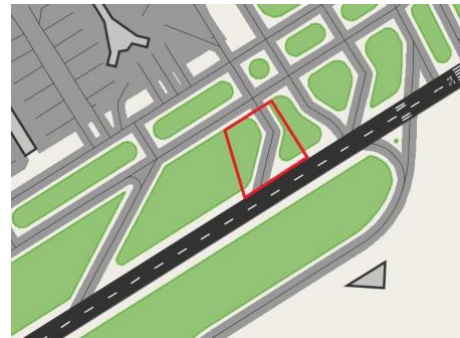
Als de volledige realisatie van de A-pieren is voltooid en het totaal aantal opstelplaatsen in het gebied is toegenomen, zal de verkeersdruk rond kop 24 bij starten 24 en 18L toenemen. Een dubbele Quebec biedt dan de optie om verkeer voor 18L via de westkant van het veld te laten rijden, zonder dat dit in conflict komt met inbound verkeer van 18R en/of 18C. Hiermee wordt de druk op het gebied rond kop 24 aanzienlijk verminderd.

Extra entry RWY 24

De extra entry voor baan 24 is gesitueerd tussen S4 en S5 zoals hier rechts weergegeven.

Het doel van deze is het vrijhouden van taxibaan B voor inbound verkeer richting de aprons en outbound verkeer richting 18L. De oplossing heeft een beperkt positief effect.

- De totale vertraging neemt voor inbound verkeer af met ruim 4 minuten tot 42,5 minuut en voor outbound verkeer met 11 minuten tot 238 minuten. De gemiddelde vertraging blijft nagenoeg gelijk met 8 seconden voor inbound verkeer en 22 seconden voor outbound verkeer. De kans op vertraging neemt iets af tot 11% voor inbound verkeer en 38% voor outbound verkeer;
- Voor de gehele luchthaven met en zonder extra entry neemt de totale vertraging bij Scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ voor outbound verkeer af van 1644 minuten naar 1606 minuten en van 260 minuten tot 252 minuten voor inbound verkeer.

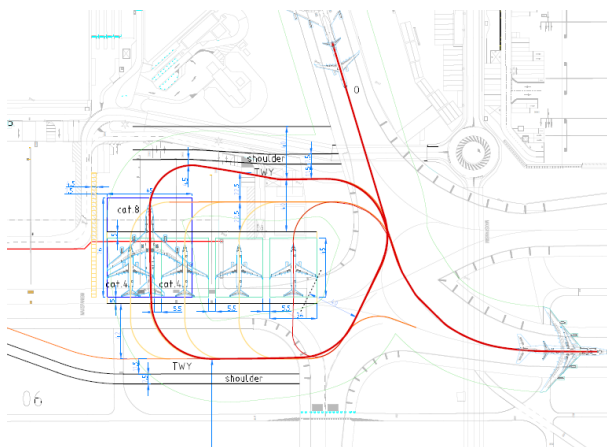


De heatmaps laten echter zien dat opstoppingen op taxiway B nog steeds veelvuldig voorkomen.

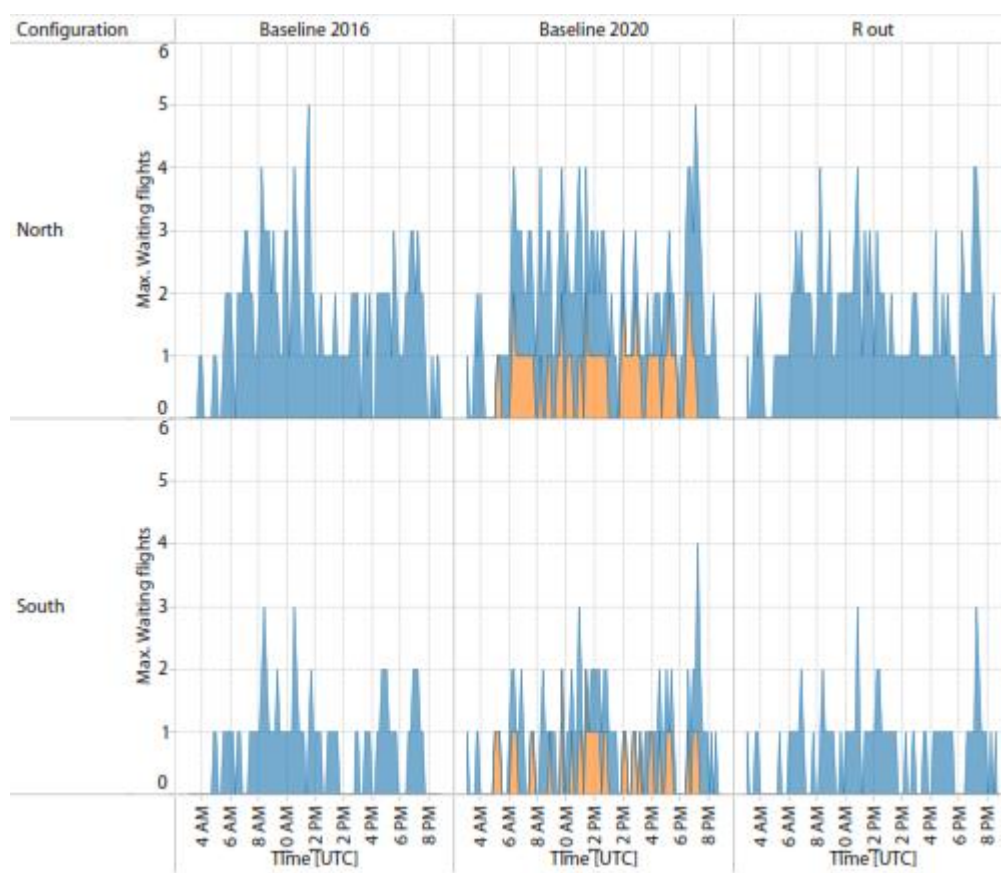


Romeo-holding

In de baseline was rekening gehouden met de aanleg van de Romeo-holding.



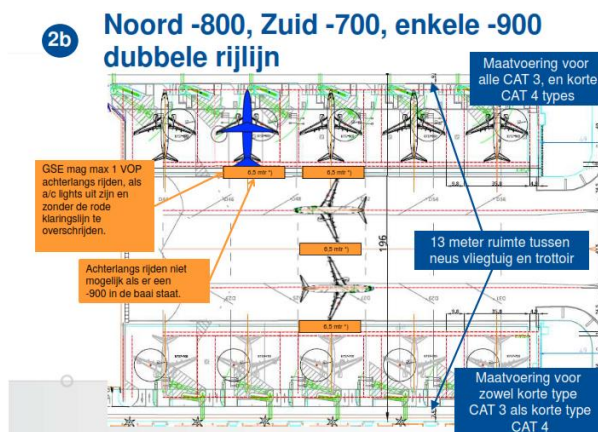
Om een beeld te krijgen van het effect van de Romeo-holding zijn aanvullende analyses uitgevoerd voor een situatie zonder deze holding. Onderstaande figuur geeft het gebruik van de holding weer gedurende de dag met en zonder Romeo.



- Zoals bij de knelpunten beschreven wordt bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ meer gebruik gemaakt van holdings (58 keer per dag in 2016 tot 62 keer per dag in 2020) dan tijdens scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ (21 en 17 keer);
- De Romeo-holding zorgt ervoor dat er minder gebruik hoeft te worden gemaakt van de Papa-holding. Het gebruik van de Papa-holding neemt bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ af van 62 naar 45 keer per dag en bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ van 17 naar 13 keer per dag. Er staan overwegend één of twee vliegtuigen geparkeerd op de Papa-holding, en nooit meer dan vier. De gemiddelde wachttijd neemt tijdens scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ af van ruim 10 minuten per vliegtuig af naar ruim 9 minuten.

Dubbele rijbaan stemvork

Het ontwerp voor de dubbele rijbaan binnen de stemvork is aangeleverd door Schiphol. Hierbij wordt de noordelijke rijbaan gebruikt voor de VOP's aan de noordzijde, de zuidelijke rijbaan voor de VOP's aan de zuidzijde en de middelste rijbaan voor 737-900's. De verwachting is dat met deze oplossing minder knelpunten op taxiway A en B voorkomen.



Het knelpunt kwam slechts beperkt naar boven in de baseline modellen aangezien batchplanning in de simulatie is toegepast en (extreme) verstoringen niet zijn onderzocht. In de praktijk wordt de batchplanning niet altijd consequent toegepast. Vandaar dat de verwachtingen voor deze oplossing gering zijn in vergelijking met de verwachte opbrengst in de praktijk.

Echter:

- Bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ neemt de totale vertraging voor inbound verkeer af met ruim 5 minuten tot 7,4 minuten; er is (en blijft) nauwelijks vertraging voor outbound verkeer;
- Bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ neemt de totale vertraging voor inbound verkeer af met ruim 6 minuten tot circa 4 minuten; voor outbound verkeer neemt de vertraging weliswaar toe met ruim 2,5 minuut tot 17,4 minuten; deze toename zou voorkomen kunnen worden door beide rijbanen voor beide kanten van de stemvork te gebruiken.

Dit zien we ook duidelijk terug in de heatmaps voor deze oplossing.

Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓



Scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓



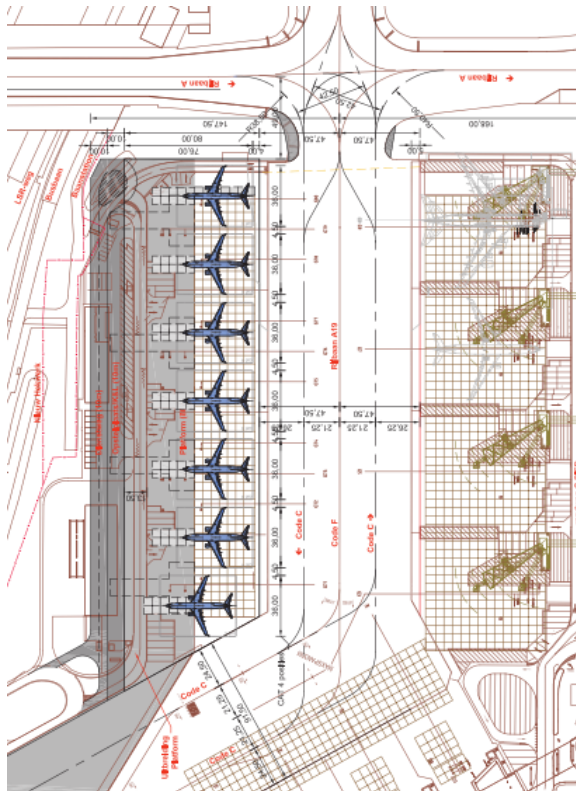
Ondanks dat de batchplanning wordt toegepast en het knelpunt niet significant lijkt in de baseline, levert deze oplossing wel degelijk iets op. Bovendien zijn er nog optimalisaties mogelijk zodat de oplossing nog meer op zou kunnen leveren.

Extra rijbaan GH-baai

Het ontwerp voor de GH baai is aangeleverd door Schiphol. Hierbij wordt de oostelijke rijbaan gebruikt voor outbound verkeer en de westelijke rijbaan voor inbound verkeer. Beide rijbanen lopen door tot taxibaan B. Rijbaan A19 blijft behouden voor Code F verkeer (Boeing 747-8, Airbus A380-800).

Ook hier is de verwachting dat dit met deze oplossing minder knelpunten op taxiway A en B voorkomen. Dit zien we ook in de simulatie:

- De totale vertraging bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ neemt af met ruim 24 minuten voor inbound verkeer tot 10,8 minuten en met 5 minuten voor outbound verkeer tot 2,5 minuut. Voor inbound verkeer neemt de gemiddelde vertraging af met 26 seconden tot 8 seconden, outbound verkeer neemt eveneens met een factor drie af tot 1,5 seconde. De kans op vertraging voor inbound verkeer neemt af van 30% tot 10% en halveert voor outbound verkeer tot 4%;
- Bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ neemt de vertraging ook significant af. Voor inbound verkeer een afname van ruim 21 minuten tot 22,4 minuten, voor outbound verkeer is het effect verwaarloosbaar. De gemiddelde vertraging halveert tot 5 seconden, de kans op vertraging neemt van 12% af tot 8%.
- Voor de gehele luchthaven neemt de totale vertraging bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ voor outbound verkeer af met 16 minuten en bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ met 12 minuten.;
- Deze maatregel heeft een effect aan de randen van de pieken, vooral voor de avondpiek.

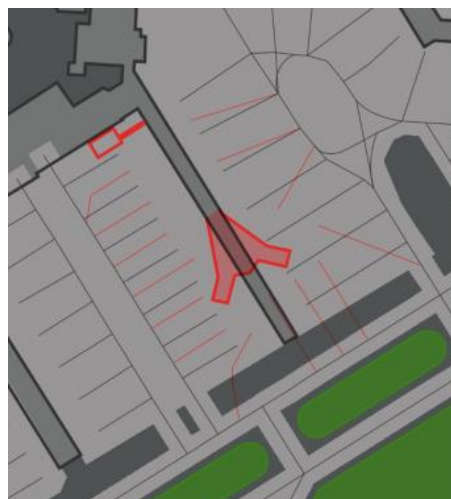


Verlengde C-pier

De verlengde C-pier is zo ingericht dat het aantal VOP's gelijk blijft. Hierdoor zijn er geen pushback meer op taxibaan A en worden doorgaande stromen niet verstoord.

We zien dat dit ook de verwachte resultaten oplevert in de simulatie.

- De totale vertraging bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ neemt voor inbound verkeer af met bijna 20 minuten tot 28,6 minuten en voor outbound verkeer met ruim 17 minuten tot 6 minuten;



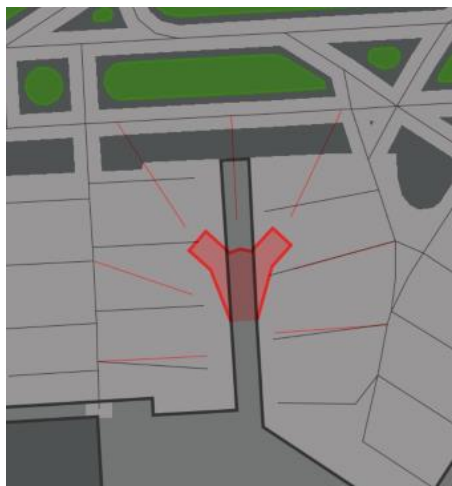
- Bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ neemt de totale vertraging toe, met 2 minuten tot 21 minuten voor inbound verkeer en met 5 minuten tot 47 minuten voor outbound verkeer.

Verlengde F-pier

De verlengde F-pier is zo ingericht dat het aantal VOP's gelijk blijft. Hierdoor zijn er geen pushback meer op taxibaan A en worden doorgaande stromen niet verstoord.

We zien dat de simulatie de verwachte resultaten oplevert, net als bij de verlengde C-pier.

- De totale vertraging bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ neemt de totale vertraging af met 4 minuten tot 7,8 minuten voor inbound verkeer en met 6 minuten tot 0,8 minuten voor outbound verkeer;
- Bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ neemt voor inbound verkeer toe met 2 minuten tot 15 minuten en voor outbound verkeer blijft de vertraging nagenoeg gelijk.



5.3 Samenvatting

Onderstaande tabel geeft per oplossing en baancombinatie de afname in vertraging voor de specifieke studiegebieden.

	Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓	Scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓
Dubbele Quebec	234,2	n/a
Extra entry RWY 24	n/a	15,4
Extra rijbaan GH-baai	29,2	20,9
Verlengde C-pier	36,6	+ 7,4
Verlengde F-pier	+ 2,2	9,8
Dubbele rijbaan stemvork	5,2	3,8

De totale vertraging bij scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ is 2405 minuten per dag; bij scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ is dit 1904 minuten per dag. Onderstaande tabel geeft per oplossing en baanrichting de afname in vertraging voor de gehele luchthaven.

	Scenario 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓	Scenario 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓
Dubbele Quebec	314	n/a
Extra entry RWY 24	n/a	46
Extra rijbaan /H-baai	16	12
Verlengde C- en F-pier	51	+7
Dubbele rijbaan stemvork	3	+15

Het valt op dat oplossingen lokaal tot een grotere afname van vertraging kunnen leiden dan voor de gehele luchthaven, dit is het geval voor de extra rijbaan GH-baai en de dubbele rijbaan. De reden hiervoor is dat deze oplossing elders op de luchthaven tot een toename van vertraging heeft geleid.

5.4 Baten

EUROCONTROL adviseert een gemiddelde 'delay cost' van ruim € 50 per minuut voor grond delay². Hierbij wordt geen rekening gehouden met een eventueel effect op het netwerk. Wordt dit wel meegenomen dan loop de 'delay cost' op tot ruim € 90 per minuut voor grond delay.

Dit zou betekenen dat de totale kosten van vertragingen op de grond tussen de 21,3 en 38,4 miljoen euro op jaarbasis bedragen. Hierbij is naast de kentallen van EUROCONTROL rekening gehouden met het gemiddeld baangebruik tussen november 2007 en oktober 2014.

De onderzochte oplossingen leveren de volgende jaarlijkse besparing op:

	Baten		
	<i>exclusief network effect</i>		<i>inclusief network effect</i>
Dubbele Quebec	€ 1.128.000	-	€ 2.031.000
Extra entry RWY 24	€ 307.000	-	€ 553.000
Extra rijbaan GH-baai	€ 138.000	-	€ 248.000
Verlengde C- en F-pier	€ 137.000	-	€ 246.000

De resultaten voor de dubbele rijbaan voor de D-pier zijn niet berekend aangezien de simulatieresultaten onvoldoende basis vormen om hier een uitspraak over te doen.

² Standard Inputs for EUROCONTROL Cost Benefit Analyses, September 2013

Fase 2

februari – augustus 2016

Hoofdstuk 6 is gericht op drie onderzoeksvragen die relevant zijn voor 2020 verkeersschema:

1. De verschillen in prestaties van de meest voorkomende baancombinaties;
2. De effecten van de A-pier; en
3. De effecten van aanleg van een westelijke ontsluiting op de J-platform.

De scope van deze fase betreft de volgende baancombinaties:

- 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓
- 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓
- 18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓
- 18L, 24 ↑ 18R, 27 ↓

6 Prestatie baancombinaties

6.1 Resultaat expert sessie

Tijdens een sessie met operationeel experts zijn de knelpunten van twee nieuwe baancombinaties geïnventariseerd, met name 24, 18L ↑ 18R, 27 ↓ en 18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓. Hierbij is besproken waar, wanneer en waarom de knelpunten optreden. Dit om de simulaties zo in te richten dat er relevante situaties optreden.

In scenario 24, 18L ↑ 18R, 27 ↓ treden de volgende knelpunten op:

Kop 24

- Er is sprake van kruisende verkeersstromen met, vanuit het noorden op taxiway A, outbound verkeer richting baan 24 en inbound verkeer van baan 27 en, naar het noorden op taxiway B, outbound verkeer richting baan 18L en inbound verkeer naar het C- en D-apron. Dit komt vooral voor tijdens de outbound piek.



P-holding

- In het gebied rondom de P-holding komen veel, soms conflicterende verkeersstromen bij elkaar zoals landend verkeer op baan 27 dat naar gates moet zuid van de E-pier, hierbij zorgt vooral verkeer dat de baan vrijmaakt via taxiway N2 voor extra complexiteit. Daarnaast vertrekkend verkeer onderweg naar baan 24 en entry E5 van baan 18L, verkeer dat op de P-holding moet wachten tot de gate vrij is en sleepverkeer onderweg naar bestemmingen west van de E-pier.

A21

- Bij bezette gates aan de G- of H-pier of als verkeer bezig is met een push back in de GH-baai moet binnenkomend verkeer met deze bestemming wachten op taxiway B tussen A20 en A21. Hierdoor kan sleepverkeer met bestemming J-, U- of Y-platform niet ongehinderd doorrijden.

In scenario 18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓ treden de volgende knelpunten op:

Kop 36C

- Kruising taxiway A,B,Z en Q (inbound mode); in verband met bij elkaar komende verkeersstromen van binnenkomend verkeer op 18R en 18C.

A21/A22 (inbound mode)

- Kruispunt taxiways A,B, C en D ter hoogte van A21/A22; in verband met bij elkaar komende verkeersstromen van binnenkomend verkeer op baan 18C (W6), en op 18C naar gates noord van de D-pier en sleepverkeer van en naar het U-platform en naar het Y-Platform.

A21/A22 (outbound mode)

- Kruispunt taxiways A, B, C en D ter hoogte van A21/A22; in verband met bij elkaar komende verkeersstromen van vertrekkend verkeer naar baan 18C via taxiway B en D (noordkant van het veld) en taxiway B en D (vanaf taxiway Q) en inkomend verkeer van baan 18R via taxiway C naar taxiway A (noordkant van het veld).

P-holding

- In het gebied rondom de P-holding komen veel verkeersstromen bij elkaar zoals vertrekkend verkeer onderweg naar entry E6 van baan 18L, sleepverkeer onderweg naar bestemmingen west van de E-pier, of naar Schiphol Oost via baankruising E5 en verkeer dat op de P-holding moet wachten tot de gate vrij is.

6.2 Resultaten simulaties

Vergelijking van prestaties

De resultaten van de expert sessie zijn gebruikt om de simulatiemodellen te bouwen van de twee nieuwe baan combinaties. De twee baan combinaties van fase 1 zijn vervolgens verwerkt zodanig dat allen infrastructurele aanpassingen voor 2020 (A-pier en R-holding) beschikbaar zijn in allen modellen. De volgende vergelijking laat zien hoe de baancombinaties van fase 1 en fase 2 presteren tegen elkaar.

De metriecken die een eerste indicatie van de prestaties van een baancombinatie geven zijn de gemiddelde taxi (of sleep) tijdsduur (gehinderd + ongehinderd) en de gemiddelde tijdsduur van vertragingen (gehinderd). Daarnaast is de gemiddelde taxi (of sleep) afstand ook relevant. Deze metriecken worden in de volgende tabellen weergegeven.

Tabel 6-1 Gemiddelde taxi/sleep tijdsduur (gehinderd en ongehinderd) per vlucht, t.o.v. baancombinatie

Baan combinatie	Gemiddelde taxi/sleep tijdsduur [min]				Gemiddelde vertraging [min]				% van tijd vertraagd
	Starts	Landingen	Sleeps	Totaal	Starts	Landingen	Sleeps	Totaal	
36L 36C ↑ 06 36R ↓	10,7	5,7	9,5	8,3	1,68	0,89	0,36	1,24	15%
18L 24 ↑ 18R 18C ↓	6,5	12,1	9,4	9,3	1,77	0,55	0,26	1,11	12%
18L 18C ↑ 18R 18C ↓	10,2	14,5	9,3	12,2	3,44	0,27	0,24	1,77	15%
18L 24 ↑ 18R 27 ↓	5,8	9,9	9,5	7,9	1,77	0,54	0,45	1,12	14%

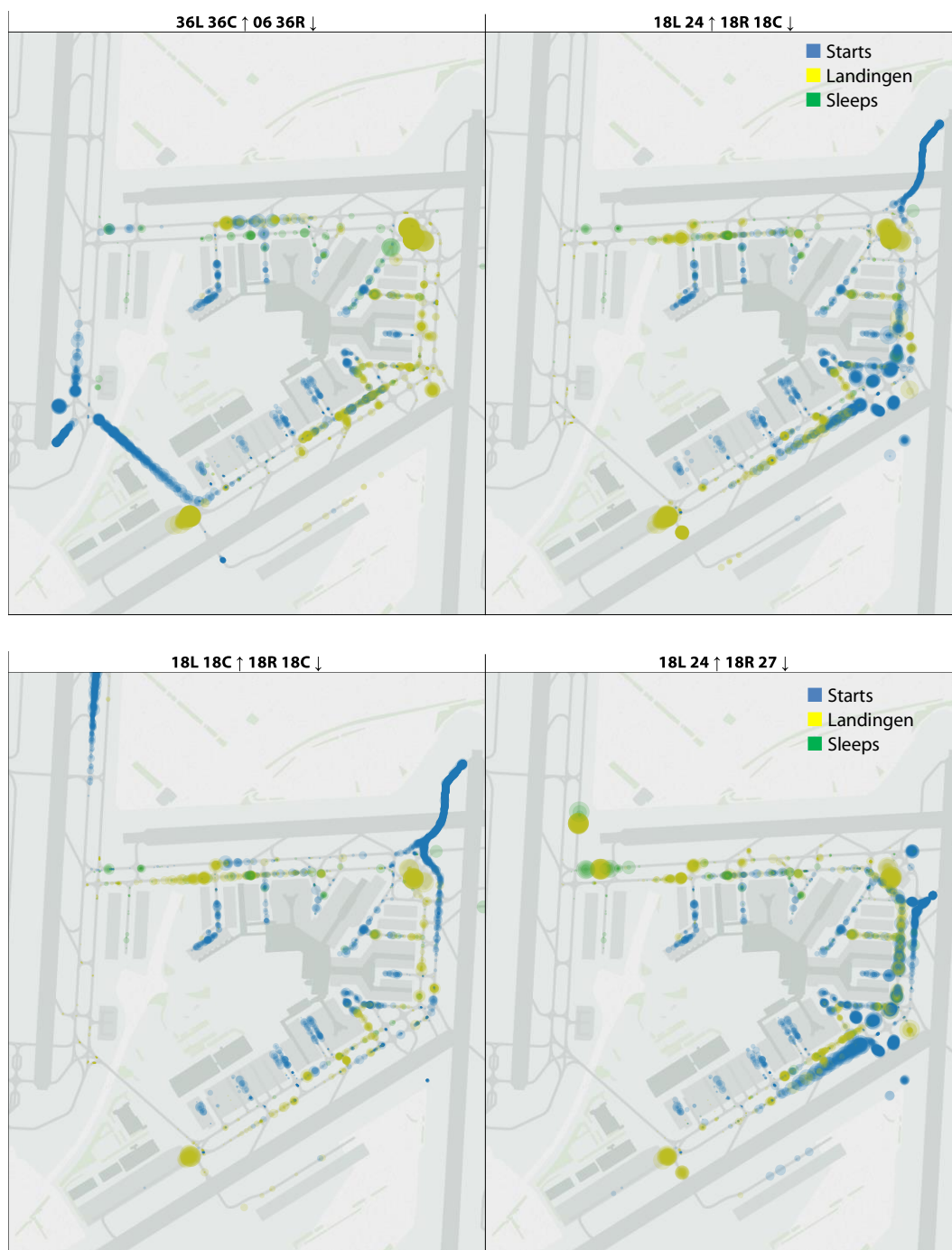
Tabel 6-2 Gemiddelde afgelegde afstand per vlucht, t.o.v. baancombinatie

Baan combinatie	Gemiddelde afgelegde afstand [km]			
	Starts	Landingen	Sleeps	Totaal
36L 36C ↑ 06 36R ↓	5,1	2,0	2,4	3,5
18L 24 ↑ 18R 18C ↓	2,4	6,1	2,5	4,2
18L 18C ↑ 18R 18C ↓	3,5	7,7	2,4	5,5
18L 24 ↑ 18R 27 ↓	2,0	4,8	2,4	3,3

Als we kijken naar de twee meest preferente baancombinaties, dan zien we dat een vlucht voor 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ gemiddeld meer vertraagd is dan een vlucht voor 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ (15% vs 12% van de tijd). Kortere afstanden voor starts en langere voor landingen zorgen op 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ ervoor dat outbound verkeer sneller naar de baan kan terwijl inbound verkeer nog de tijd krijgt om de benodigde delay te absorberen op weg naar de gate.

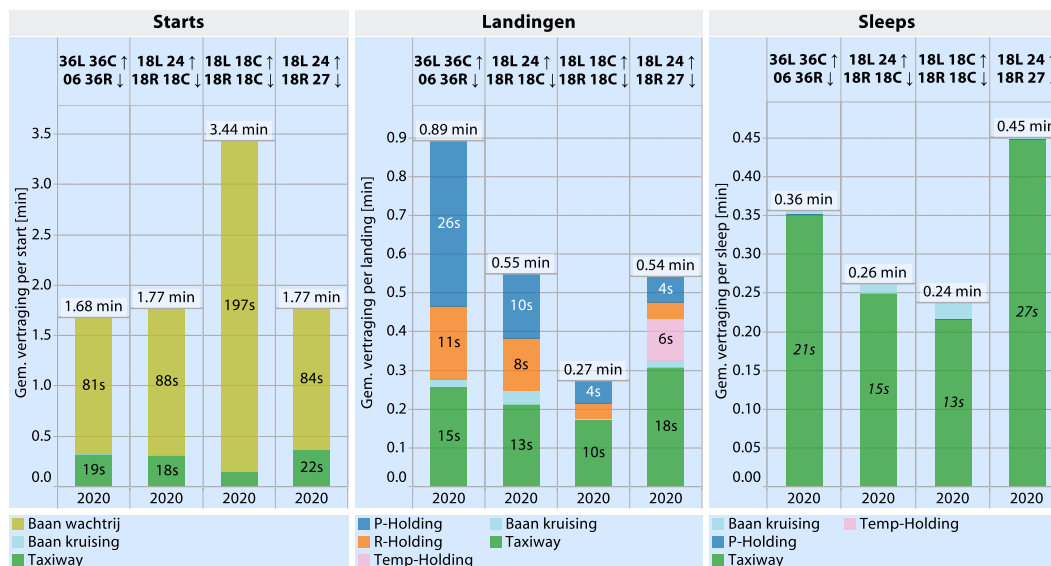
In de zuid variant 18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓ wordt door landend verkeer de langste afstand afgelegd, en de gemiddelde vertraging voor landingen is laag. Dit komt omdat de delay onderweg kan worden geabsorbeerd. Het startende verkeer heeft een relatief hoge gemiddelde vertraging. De vertraging komt door het feit dat deze combinatie één specifieke start baan 18L heeft, met een tweede, 18C, die wisselend wordt gebruikt voor startend en landend verkeer. Daarbij zijn in de simulatie gedwongen keuzes gemaakt bij de overgang van landen naar starten, die relatief grote wachtrijen bij startbaan 18C tot gevolg hebben. Andere baancombinaties hebben twee specifieke start- en landingsbanen.

De volgende figuren geven per baancombinatie de locaties aan waarin de vertragingen het meest plaats vinden.



De duidelijkste verschillen in de figuren zijn de knelpunten als gevolg van wachtrijen op de startbannen en het gebruik van de holdings. De volgende figuren maken de vluchtfase waarin de vertraging optreedt inzichtelijker. De gemiddelde vertraging van een vlucht is per baancombinatie getoond.

Figuur 6-1 Gem. vertragingen per baancombinatie

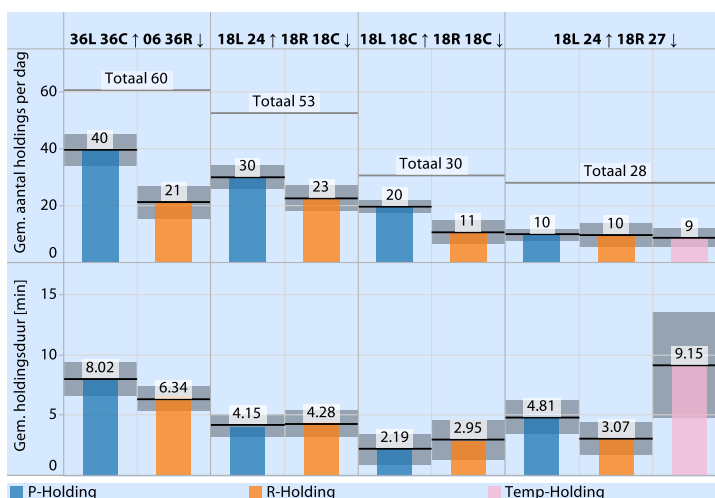


Op 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ is landend verkeer aanzienlijk meer vertraagd dan op 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓. De kortere taxi afstanden zorgen voor langere conflicten en langer gebruik van de holdings.

In de zuid varianten, heeft 18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓ de meeste vertragingen voor startend verkeer, maar de minste voor landend verkeer. Dit komt door de langere wachtrijen op de startbaan die wisselend als landingsbaan gebruikt moeten worden (18C). Met lange wachtrijen op de startbaan is de baancapaciteit maximaal benut. Daarnaast is er in de simulatie voor gekozen om outbound delay niet aan de gate af te wachten, maar aan het begin van de baan. Hierdoor zijn gates eerder beschikbaar voor landend verkeer (minder vertraging voor inbounds). Door het wisselend gebruik van baan 18C kan inbound verkeer ook tot vertraging in de TMA leiden, waardoor het absorberen van vertraging op de grond minder vaak nodig is.

Voor baancombinatie 18L, 24 ↑ 18R, 27 ↓ is de totale vertraging van startend en landend verkeer vergelijkbaar met 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓, maar is sleep verkeer het meest gehinderd. Dit komt door gebruik van de tijdelijke holding posities op taxiway C, tussen C3 en taxiway B, en op taxiway B, tussen A20 en A21. In deze baancombinatie moet sleep verkeer af en toe wachten achter een holdende kist.

Metrieken van het gebruik van de holding posities maken de vergelijking tussen baancombinaties inzichtelijker. De figuur rechts laat per baancombinatie de hoeveelheid holdings per dag zien en wat de gemiddelde holdingsduur is. Tabel 6-3 geeft aan per baancombinatie hoe vaak en hoeveel holdingposities in gebruik zijn.

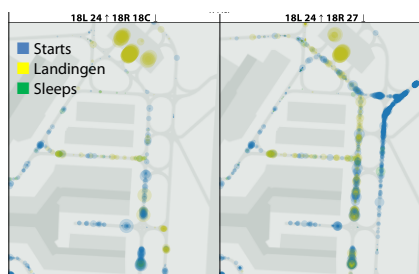
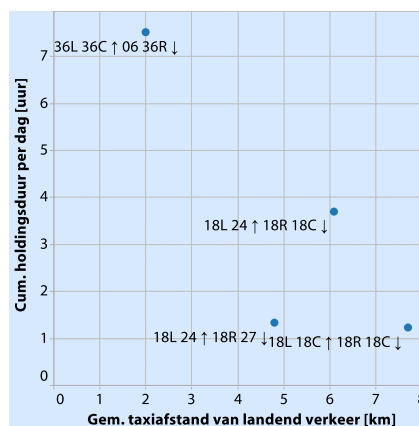


Tabel 6-3 Gemiddelde frequentie van holding gebruik, uitgedrukt als percentage van de tijd.

Baancombinatie	Aantal toestellen in holding	P-holding	R-holding	Tijdelijke holding
36L 36C ↑ 06 36R ↓	1	17,1%	8,2%	
	2	2,7%	0,9%	
	3	0,2%	0,1%	
	4	0,1%		
18L 24 ↑ 18R 18C ↓	1	8,8%	6,3%	
	2	0,7%	0,5%	
	3	0,0%	0,1%	
	4		0,0%	
18L 18C ↑ 18R 18C ↓	1	3,9%	2,2%	
	2	0,1%	0,1%	
18L 24 ↑ 18R 27 ↓	1	4,0%	2,2%	5,1%
	2	0,1%	0,1%	0,2%

Gebruik van holding posities is het meest intensief voor 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓. Tabel 6-2 laat zien dat deze baancombinatie de kortste taxi afstand voor landend verkeer heeft. Omdat inbounds sneller naar de gate kunnen, moeten ze vertraging op de holdings absorberen.

Ondanks de kortere taxi afstanden voor 18L, 24 ↑ 18R, 27 ↓ t.o.v. 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ is het gebruik van holdings minder intensief. Figuur 6-1 (pag. 40) laat zien dat de totale vertraging van inbound verkeer vergelijkbaar is in deze baancombinaties, maar voor 18L, 24 ↑ 18R, 27 ↓ deels van de op de holdings geabsorbeerde vertraging is verschoven naar conflicten op de taxibanen. Dit komt door het knelpunt op taxiway A (tussen P-holding en de Stenvork, zie figuur rechts) dat is ontstaan door het inbound verkeer op baan 27 dat richting het zuiden moet. Door de relatief grote afstand tussen het knelpunt en de VOP's heeft dit verkeer minder behoefte aan de holding die bedoeld is voor dit verkeer (R-holding).

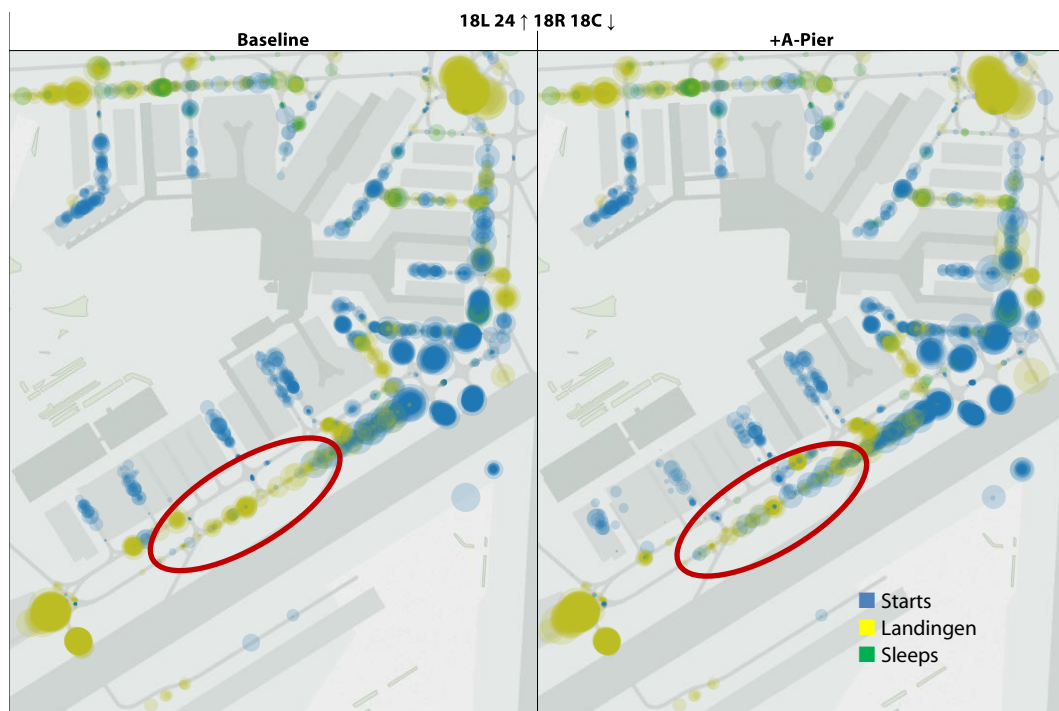
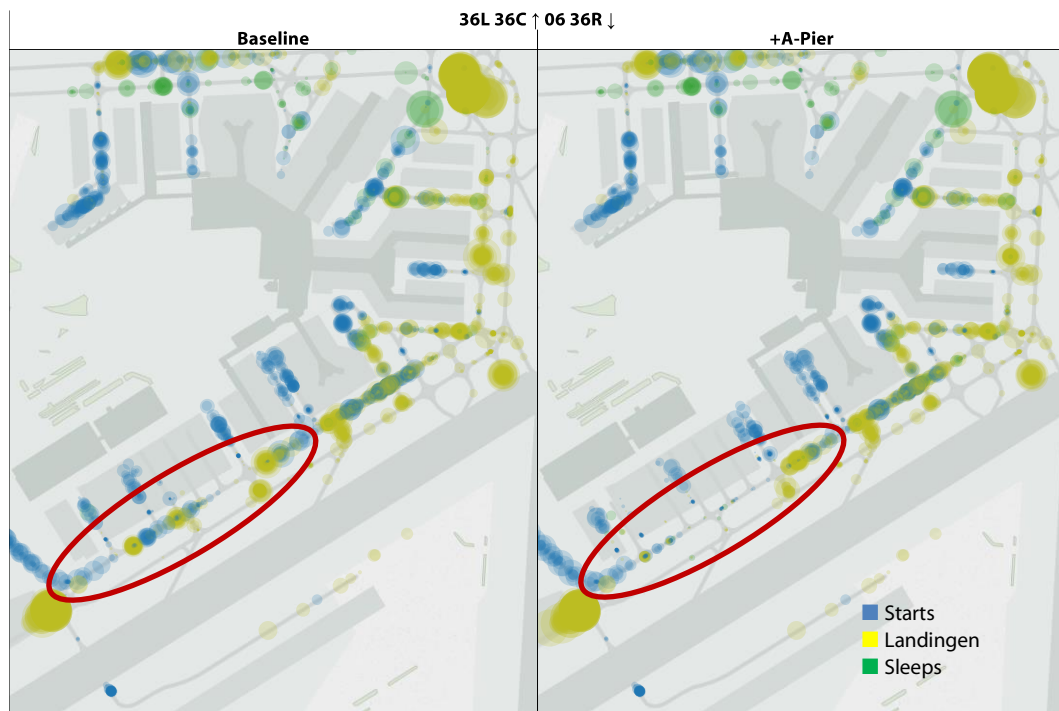


Een vermindering van het gebruik van P-holding op 18L, 24 ↑ 18R, 27 ↓ t.o.v. 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ is ook geconstateerd. De reden hiervoor is het gebruik van de tijdelijke holding posities in de nabijheid van kop 09. Het is opvallend dat het gebruik van deze posities net zolang is als de P- en R-holdings samen, en dat de variatie in de holdingsduur heel groot is.

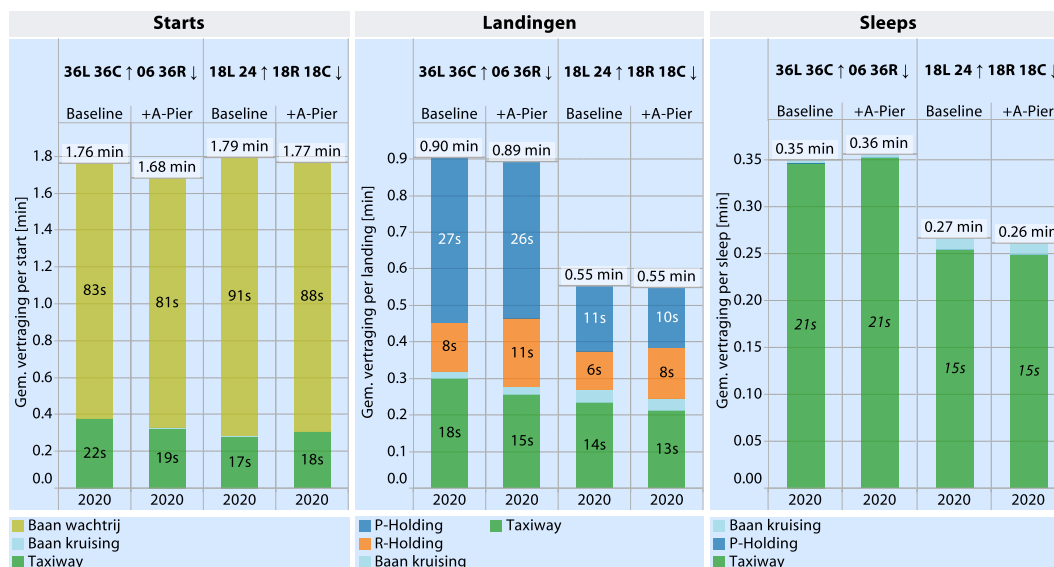
6.3 Effect van de A-pier

In fase 2 zijn de modellen van 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓ en 18L, 24 ↑ 18R, 18C ↓ verwerkt om de infrastructurele aanpassingen van de A-pier mee te nemen. Om het effect van de A-pier te bepalen is een vergelijking gemaakt tussen modellen ontwikkeld in fase 1 en in fase 2.

De volgende figuren laten zien dat het effect van de A-pier optreedt in de nabijheid van de pier zelf. Het effect in de rest van het veld is niet significant.



De gemiddelde vertraging van starts, landingen en sleeps wordt ook weinig beïnvloed door de nieuwe A-pier:



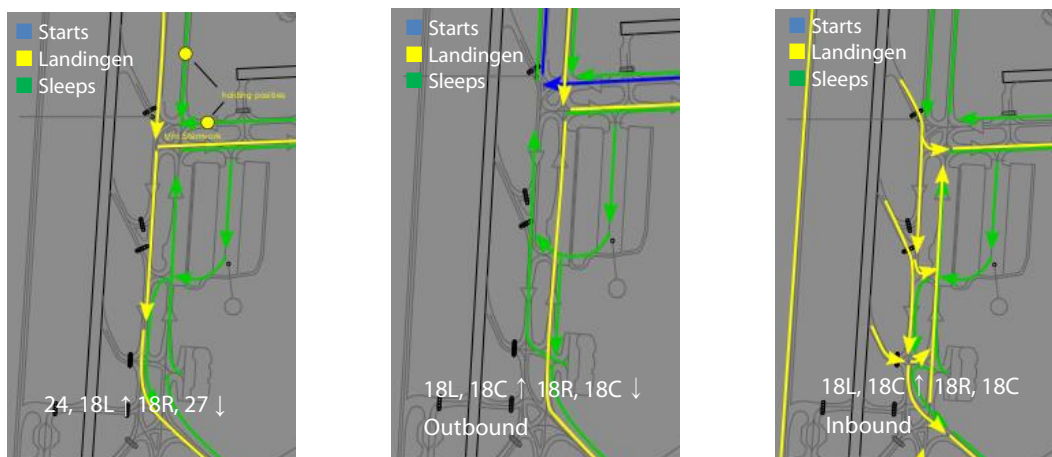
Een reductie van 1 à 2 bewegingen op P-holding en een toename van 5 bewegingen op R-holding zijn geconstateerd. Totaal is het gebruik van de holding posities 5 à 6% langer per dag (o.b.v. cumulatieve holdingsduur per dag).



6.4 Oplossingen

Juliet Platform

Voor het Juliet platform is er gekeken naar de effecten van aanleg van een ontsluiting aan de zuidwestzijde van het platform die aansluit op taxiway A ter hoogte van A24. Deze ontsluiting maakt "doorgaand" verkeer op het Juliet platform mogelijk. In overleg met de OE's is gekozen voor eenrichtingsverkeer op het platform in zuidelijke richting. Dit geldt voor alle VOP's met uitzondering van J80, J81, J82 en P10. Vanaf deze posities zou een standaard pushback (met de neus naar het zuiden) in de invloedssfeer van taxiway A komen ter hoogte van A20. Daarom zal verkeer van deze posities pushbacks krijgen met de neus naar het noorden en via het noorden het platform verlaten. De taxistromen voor het Juliet platform zijn hieronder weergegeven.



De oorspronkelijk onderzoeksvraag was het bepalen van de effecten van de ontsluiting op baancombinatie 36L, 36C ↑ 06, 36R ↓. Om meer variatie en dus betrouwbaarheid van de resultaten te kunnen garanderen, is het gekozen om de analyse uit te voeren ook voor baancombinaties 18L, 24 ↑ 18R, 27 ↓ en 18L, 18C ↑ 18R, 18C ↓.

De resultaten tonen aan dat deze ontsluiting geen significant effect heeft op live verkeer maar wel op sleep verkeer (J-platform is gebruikt als buffer voor sleep verkeer). Vertraging van sleep verkeer neemt met de ontsluiting af met 13 tot 33%, afhankelijk van de baancombinatie. Deze vermindering heeft een effect op gemiddeld 78 (varieert tussen 65 en 90) sleeps per dag.

