

15.282.01

Juni 2015

Capacity and Runway Predictions

Ontwikkeling Prototype

BURG

EL

RID

TTGART HBT.

ON

LSINKI

FRANCISCO-DALL

ARIS

VENEDIG

DALLAS

AMSTERDAM

0

39-34

113-31

113-3

683-

113-

731

687

478-489

721-725

Capacity and Runway Predictions

Ontwikkeling Prototype

Eindrapport

Knowledge & Development Centre Mainport Schiphol

Postbus 75002

1117 ZN Schiphol

To70 BV

Postbus 85818

2508 CM Den Haag

tel. +31 (0)70 3922 322

fax +31 (0)70 3658 867

E-mail: info@to70.nl

Den Haag, juni 2015

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Kansverwachting baangebruik en capaciteit	5
3	Gebruikersinterface.....	11
4	Validatie voorspellende waarde	15
5	Operationele Validatie.....	22
6	Discussie, Conclusies en Aanbevelingen	31
Bijlage 1 – Briefing voor experimentdeelnemers		35
Bijlage 2 – Aanvullende Informatie Scenario's		37

1 Inleiding

In opdracht van het KDC heeft To70 een prototype van een systeem (het Airport Forecasting Service systeem) ontwikkeld dat het baangebruik en de capaciteit van de luchthaven Schiphol tot 30 uur van tevoren voorspelt. Het systeem bestaat uit een generiek rekenmodel en een gebruikersinterface die is toegespitst op de gebruikersbehoeften van KLM Flight Dispatch, maar is ook toegankelijk voor medewerkers van Schiphol en LVNL. Dit document geeft een beschrijving van achtereenvolgens (de werking van) het model, de gebruikersinterface en een uitgevoerde validatie van het model.

Als resultaat van dit project maakt het systeem een kansverwachting van de capaciteit en het baangebruik, op basis van het verwachte weer, van praktijkgegevens over het baangebruik en van de capaciteitstabellen. Voor het maken van de kansverwachting van het baangebruik is een *machine learning algoritme* toegepast. Een netwerk van multinomiale logistische regressiemodellen maakt een kansverwachting voor de baancombinaties.

Het systeem maakt de verwachting van de capaciteit en baangebruik toegankelijk voor gebruikers via een web-interface. Deze interface is ontwikkeld in afstemming met KLM Flight Dispatch. De interface geeft een overzicht van de te verwachten capaciteit, afgezet tegen het verkeer in de komende 30 uur. Vanuit dit overzicht kan de gebruiker detailinformatie opvragen over de capaciteit, het baangebruik, zichtcondities en de achterliggende meteoverwachting.

De voorspellende waarde van het systeem is in eerste instantie gevalideerd door kansverwachtingen met het systeem te maken en deze vervolgens te vergelijken met het werkelijke baangebruik. Uit de validatie blijkt dat het baangebruikmodel correcte en betrouwbare resultaten geeft. Dit wil zeggen dat de bandbreedtes die voorspeld worden ook stroken met het werkelijke baangebruik. Als de onzekerheid uit meteo toeneemt, neemt als gevolg hiervan zowel de kwaliteit als betrouwbaarheid af. Dit komt met name voor naarmate de voorspellinghorizon groter wordt. Bij kansverwachtingen tot 10 uur vooruit, komt in minstens 95% van de gevallen de ingezette baancombinatie ook voor in de verwachting en in minstens 76% van de gevallen is de meest waarschijnlijke verwachte baancombinatie ook de ingezette baancombinatie. Bij verwachtingen over 27 uur zijn deze percentages gedaald naar respectievelijk 90% en 69%.

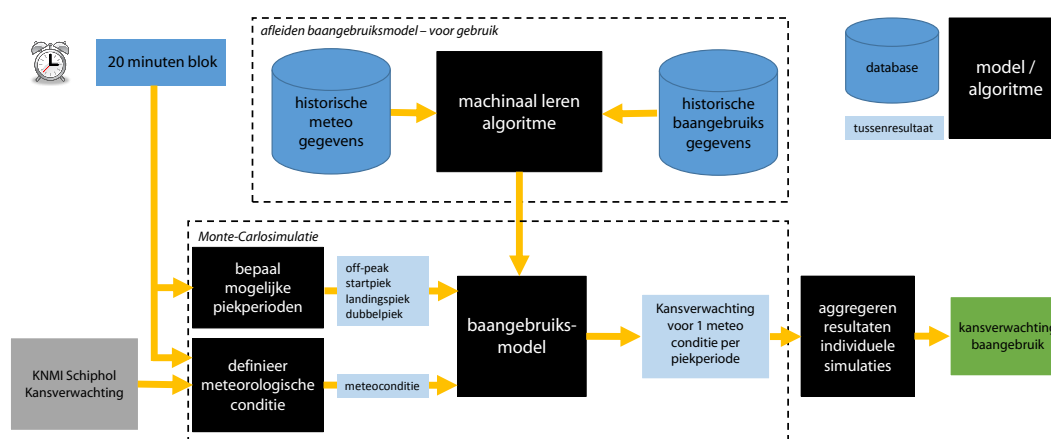
In een tweede validatieronde is gekeken naar de invloed van Airport Forecasting Service systeem (AFOS) op operationele beslissingen die KLM flow controllers en supervisors flight dispatch nemen. Tijdens de validatie zijn vijf dagen uit de operatie nagespeeld met het systeem. Drie deelnemers die nog niet eerder met het systeem hadden gewerkt hebben afzonderlijk aangegeven welke operationele beslissingen zij op basis van de informatie die het systeem levert zouden nemen. Deze beslissingen zijn vervolgens vergeleken met de beslissingen die in de praktijk zijn genomen. De steekproefomvang was te klein om met statistisch voldoende zekerheid vast te stellen wat het effect is, maar met behulp van het systeem nemen de gebruikers doorgaans dezelfde beslissingen. Wel lijkt het tijdstip waarop een beslissing wordt genomen verschillend. De resultaten tot nu toe wijzen uit dat met het systeem de beslissing om het netwerk te informeren over mogelijke annuleringen eerder wordt genomen, en dat brandstofadviezen later en gericht worden gegeven c.q. een specifieke periode en/of deel van de vloot. Daarnaast is aan de deelnemers gevraagd welke aanpassingen en verbeteringen zij graag zouden zien. Het merendeel van de suggesties betreffen kleine aanpassingen aan de gebruikersinterface.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de werking van het model dat een kansverwachting van het baangebruik en de capaciteit maakt. Hoofdstuk 3 licht de werking van de gebruikersinterface toe. De aanpak en resultaten van de validatie gericht op de voorspellende waarde van het systeem zijn opgenomen in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 beschrijft de operationele validatie. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies en aanbevelingen.

2 Kansverwachting baangebruik en capaciteit

Het model maakt een kansverwachting van het baangebruik tot 30 uur vooruit, per blok van 20 minuten. De kansverwachting wordt drie keer per uur verversst. Figuur 2-1 geeft een schematische weergave van het model, de invoergegevens en de uitkomsten. Het baangebruikmodel is een empirisch model, afgeleid van historische meteo- en baangebruikgegevens met behulp van een *machine learning algoritme*. Met het baangebruikmodel wordt een Monte-Carlosimulatie¹ uitgevoerd met telkens andere meteocondities (afgeleid uit de Schiphol Kansverwachting). De simulaties geven een reeks van mogelijke uitkomsten waaruit een kansverwachting van het baangebruik en bijbehorende capaciteit wordt afgeleid.



Figuur 2-1 Schematisch overzicht baangebruikmodel

De volgende paragrafen gaan meer in detail in op de werking van het model.

2.1 Kansverwachting baangebruik

Er wordt per 20 minutenblok een kansverwachting gegeven. De kansverwachting geeft per piekperiode en zichtconditie de mogelijke baancombinaties en de kans op inzet daarvan. Voor een verwachting tussen 6:00 en 23:00 lokale tijd bevat de kansverwachting baancombinaties die kunnen worden ingezet tijdens een startpiek, landingspiek, off-piek en dubbelpiek. Van 23:00 tot 6:40 bevat de verwachting baancombinaties die kunnen worden ingezet tijdens de nachtperiode. In de kansverwachting komen alle zichtcondities voor die volgens de meteoverwachting kunnen optreden.

Tabel 2-1 geeft een voorbeeld van een deel van een kansverwachting weer voor een landingspiek op 1 dec 2014 om 10:00 UTC. Volgens de KNMI Schiphol Kansverwachting (KNMI SKV, zie volgende paragraaf) is er 15% kans op goed zicht en 85% kans op marginaal zicht. Voor beide zichtcondities geeft de verwachting de baancombinaties en de kans op inzet daarvan. De kans op inzet is de kans binnen de betreffende zichtconditie. De kans per baancombinatie is het resultaat van twee factoren:

¹ Monte-Carlo is een simulatietechniek waarbij een proces niet één maar vele malen wordt gesimuleerd met verschillende startcondities. Het resultaat is een bandbreedte die het gehele gebied van mogelijk uitkomsten weergeeft.

- De onzekerheid in de verwachte windrichting en windsnelheid (KNMI SKV)
- Onder dezelfde meteocondities zijn in het verleden verschillende baancombinaties ingezet

In het voorbeeld is de verwachte windrichting 070° met een standaarddeviatie van 10°, met een snelheid van 10 kt met een standaarddeviatie van 2 kt en gust 15 kt. De baancombinatie met de grootste kans op inzet is 36L/36R+36C; de kans is 71% (85% kans op marginaal zicht x 84% kans om te worden ingezet bij marginaal zicht).

Tabel 2-1 Kansverwachting baangebruik voor 1 december 10:00 UTC voor een landingspiek

Piekperiode	Zicht	UDP	Tijdstip (UTC)	Baancombinatie	Kans	Capaciteit
L	G	Y	1/12/14 10:00	36L/06+36R	0.89	
L	G	Y	1/12/14 10:00	09/06+18R	0.05	
L	G	Y	1/12/14 10:00	36L/36R+36C	0.05	
L	G	Y	1/12/14 10:00	18L/18R+18C	0.01	
L	M	Y	1/12/14 10:00	36L/36R+36C	0.84	
L	M	Y	1/12/14 10:00	09/06+18R	0.10	
L	M	Y	1/12/14 10:00	18L/18R+18C	0.03	
L	M	Y	1/12/14 10:00	09/18R+18C	0.02	

2.2 Invoergegevens

Meteogegevens t.b.v. maken kansverwachting

Voor het maken van de kansverwachting van het baangebruik en de capaciteit gebruikt het model de KNMI's Schiphol Kansverwachting² als bron voor de meteorologische gegevens. De SKV geeft een probabilistische weersverwachting voor een periode tot 30 uur vooruit. Het KNMI geeft de SKV elk uur uit. Figuur 2-2 toont een voorbeeld van een SKV.

In de SKV wordt een onderscheid gemaakt tussen de korte- en langetermijnverwachting. De kortetermijnverwachting bevat gegevens tot 6 uur vooruit, met een update eens per uur. De langetermijnverwachting bevat informatie voor 6 tot maximaal 30 uur vooruit en wordt elke 3 uur ververs.

De SKV toont de windsnelheid en windrichting inclusief hun standaarddeviaties, windstoten, kans op cumulonimbus, onweer, sneeuw, regen, en de verwachte temperatuur, het dauwpunt en relatieve luchtvochtigheid en de kans op goed, marginaal zicht of BZO. Het model maakt enkel gebruik van de zicht- en windinformatie uit de SKV.

² Zie o.a. KNMI, *Improved Low visibility and Ceiling Forecasts at Schiphol Airport*. KDC, 2008.

KNMI PROBABILITY FORECAST SCHIPHOL

Friday 21 November 12 UTC till Saturday 22 November 18 UTC

Last update: Short term: 09.45 UTC Long term: 10.57 UTC

	12	13	14	15	16	17	18	21	00	03	06	09	12	15	18
Visibility < 5 km and/or ceiling < 1000 ft (%)	0	0	0	0	0	0	0	5	15	20	30	30	30	10	10
RVR < 1500 m and/or ceiling ≤ 300 ft (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	5
RVR < 550 m and/or ceiling < 200 ft (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RVR < 350 m (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Winddirection (deg)	← 090	← 100	← 100	← 100	← 100	← 100	← 090	← 100	↖ 110	↖ 120	↖ 130	↖ 140	↖ 140	↖ 150	↖ 150
Windspeed (kt)	9	10	10	10	10	9	8	9	9	9	10	10	11	10	9
Gusts (kt)		15	15	15	15						15	15	16	15	
Standarddeviation winddirection (deg)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
Standarddeviation windspeed (kt)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
CB (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thunderstorm (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperature (C)	7	7	8	7	7	6	5	5	5	5	4	6	8	9	9
Dewpoint (C)	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	4	6	7	8	8
Relative humidity (%)	76	81	76	76	76	81	87	87	87	87	100	100	93	93	93
Windchill	4	4	5	4	4	3	2	2	2	2	-0	3	5	6	6
Snow (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moderate or heavy snow (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Freezing precipitation (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	13	14	15	16	17	18	21	00	03	06	09	12	15	18

Figuur 2-2 Voorbeeld van de Schiphol Kansverwachting (bron: KNMI)

Historische baangebruik- en meteogegevens

De kansverwachting voor het baangebruik is gebaseerd op historische meteogegevens en baangebruikgegevens. Bron voor de meteogegevens is een archief van Meteorological Aerodrome Reports (METAR) voor Schiphol. Bron voor het baangebruik is een log van het Main Runway Indicator paneel van de LVNL. Dit paneel geeft op elk moment aan welke banen actief zijn.

2.3 Het baangebruikmodel

Het baangebruikmodel is een multinomiaal logistisch regressiemodel. Multinomiale regressiemodellen worden gebruikt om nominale (c.q. categorische) uitkomstvariabelen³ te modelleren op basis van voorspellers. De baancombinatie kan beschouwd worden als een nominale uitkomstvariabele. De meteorologische condities zijn de voorspellers. Voor meer informatie over multinomiaal logistische regressie, waaronder de principes en andere toepassingen, wordt verwezen naar statistische tekstboeken⁴. De verdere beschrijving van het model richt zich op de toepassing van multinomiaal logistische regressie om tot een kansverwachting voor het baangebruik te komen.

³ Nominale c.q. categorische variabelen zijn op te delen in unieke categorieën zoals bijvoorbeeld vliegtuigtypen waarbij er geen sprake is van een ordening in de verschillende categorieën.

⁴ Zie o.a. McCullagh, P., and J. A. Nelder. *Generalized Linear Models*. New York: Chapman & Hall, 1990, en Field, A.P., *Discovering Statistics Using SPSS*, Londen: SAGE Publications, 3e editie, 2009

Een multinomiaal logistisch regressiemodel wordt op basis van voorbeelden ‘geleerd’ wat de verbanden zijn tussen de voorspellers en de uitkomstvariabele. De uitkomstvariabele is het baangebruik met per baancombinatie de kans op inzet. Voor ieder van de 6 zicht- en daglichtcondities in Tabel 2-2 en de 5 piekperiodes (1+1, 2+1, 1+2, 2+2 en 1+1 in de nacht) wordt een model van het baangebruik gemaakt met de voorspellers in Tabel 2-3. In totaal zijn dus ten minste uit 30 regressiemodellen (3 unieke zichtcondities (goed, marginaal, BZO), maal 2 daglichtcondities (binnen en buiten udp) maal 5 piekperiodes (inbound, outbound, offpiek, dubbelpiek en nacht) nodig om onder alle condities een verwachting te kunnen maken. Voor onderhoudssituaties kunnen regressiemodellen toegevoegd worden.

Tabel 2-2 Zicht- en daglichtcondities

Parameter	Eenheid / Categorie
Zicht	Goed, Marginaal, BZO A t/m C
Uniforme daglicht periode	ja/nee

Tabel 2-3 Voorspellers in het regressiemodel

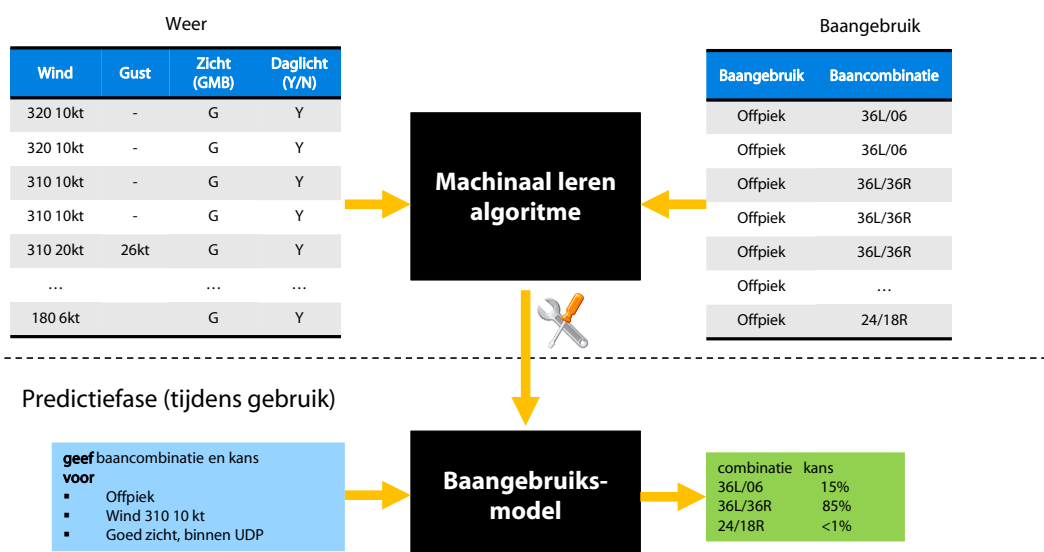
Parameter	Eenheid / Categorie
Noord-zuid component wind	kt
Oost-west component wind	kt
Windsnelheid	kt
Gust	kt
Variabele wind	ja/nee

De windrichting is een discontinue variabele⁵ en kan daarom niet als voorspeller gebruikt worden. In plaats daarvan worden de noord-zuid component en de oost-west component als voorspellers gebruikt.

Het bovenste deel van Figuur 2-3 geeft schematisch het leerproces voor een multinomiaal regressiemodel weer. Linksboven staan de meteocondities (voorspellers) en het rechts het opgetreden baangebruik (uitkomstvariabele). Op basis van deze gegevens stelt het *machine learning algoritme* tijdens het leerproces stapsgewijs de parameters van het multinomiale regressiemodel bij. Het leerproces stopt als nieuwe informatie niet meer leidt tot (statistisch) significante veranderingen van de modelparameters, c.q. als er geen nieuwe informatie meer beschikbaar is. Nadat het leerproces is afgerond, is het model bruikbaar om een kansverwachting te maken van de baancombinatie, zie het onderste deel van Figuur 2-3.

⁵ De overgang van de windrichting van 360 naar 010 graden zorgt voor de discontinuïteit. Richting 010 volgt namelijk niet continu op 360. De oost-west en noord-zuid richting zijn daarentegen variabelen waar geen discontinue overvragen in plaats vinden.

Leerfase (voor gebruik model)



Figuur 2-3 Toepassing machinaal leren in het baangebruikmodel

Toets aan dwars- en staartwindlimieten

De dwars- en staartwindlimieten zijn geen expliciet onderdeel van het model. Het kan voorkomen dat voor een baancombinatie in de kansverwachting de dwars- en/of staartwindlimiet wordt overschreden. Dit gebeurt voornamelijk wanneer een kansverwachting moet worden gemaakt voor situaties die in de praktijk weinig zijn voorgekomen en het model hierdoor een onrealistische extrapolatie maakt. Het is zeer onwaarschijnlijk dat in de praktijk een combinatie met staartwind of een grote dwarswindcomponent in zal worden ingezet. In de volgende situaties sluit het model een baancombinatie uit van de kansverwachting⁶:

- De windsnelheid groter dan 8 kt en dan staartwindcomponent op een baan die onderdeel is van de combinatie is 2 kt of meer.
- De windsnelheid groter dan 15 kt en dan staartwindcomponent op een baan die onderdeel is van de combinatie is 0 kt of meer.
- Windsnelheid groter dan 15 kt of gust groter dan 20 kt, en dwarswindcomponent is groter of gelijk aan 14 kt op de landingsbaan in een off-piek, startpiek of dubbelpiek.
- Windsnelheid of gust groter dan 15 kt, en dwarswindcomponent is groter of gelijk aan 14 kt op de eerste of enige startbaan in off-piek, landingspiek of dubbelpiek.
- Windsnelheid of gust groter dan 15 kt, en dwarswindcomponent is groter of gelijk aan 14 kt op de eerste of enige landingsbaan in off-piek, startpiek of dubbelpiek.
- Windsnelheid of gust groter dan 25 kt, en dwarswindcomponent is groter of gelijk aan 25 kt op de tweede startbaan of tweede landingsbaan een startpiek, landingspiek of dubbelpiek.

⁶ Deze criteria zijn afgeleid van tussentijdse validatieresultaten.

Extreem weer

Als de windsnelheid of gust groter is dan de windsnelheid of gust die bij dezelfde windrichting tijdens de leerfase is waargenomen maakt het model geen kansverwachting. Het model extrapoleert dus niet buiten de reeds bekende weerscondities.

2.4 Monte-Carlosimulaties

Met het baangebruikmodel wordt een Monte-Carlosimulatie uitgevoerd om het effect van onzekerheden en variatie in de invoer mee te nemen. Het resultaat is een verdeling van mogelijke uitkomsten, rekening houdend met de onzekerheid in de invoerparameters.

In dit geval variëren de zicht- en windcondities op basis van de SKV. Voor alle zichtcondities met een kans groter dan 0, worden 50 individuele trekkingen gedaan. Nadien worden de simulaties per zichtconditie geaggregeerd en wordt per voorspelde baancombinatie de kans daarop bepaald.

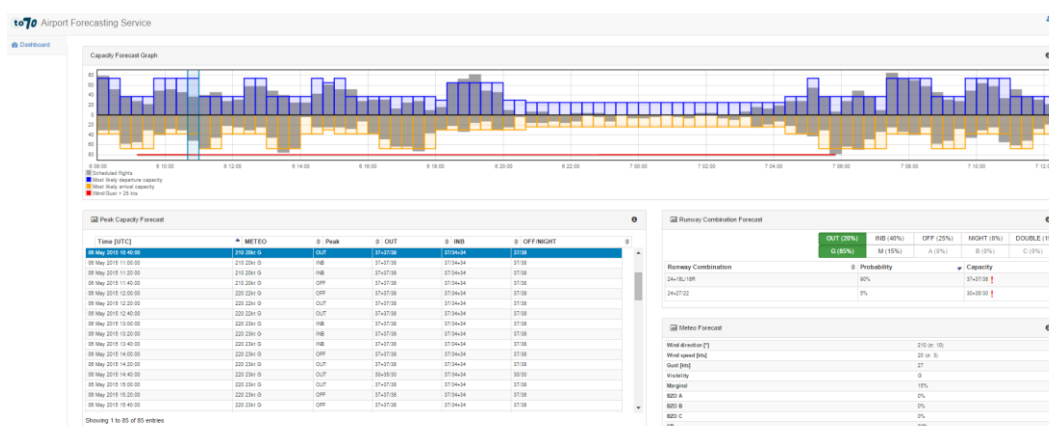
2.5 Baancapaciteit

Aan de kansverwachting voor het baangebruik wordt de capaciteit toegevoegd. Dit gebeurt met informatie uit de Quick Reference Cards (QRC) afgegeven door LVNL. Deze QRC bevat de start- en landingscapaciteit voor baancombinaties onder verschillende zichtcondities. Bij deze koppeling wordt rekening gehouden met de piekperiode, UDP en zicht. Voor een aantal baancombinaties is het niet mogelijk de capaciteit af te leiden uit de QRC, bijvoorbeeld bij 2+2 combinaties. Het model geeft in dat geval de voorspelde baancombinatie aan, met de melding dat de capaciteit onbekend is.

3 Gebruikersinterface

Dit hoofdstuk beschrijft de functionaliteit van het systeem, en hoe deze zijn gepresenteerd in de gebruikersinterface. De gebruikersinterface is toegespitst op de informatiebehoeften van KLM Flight Dispatch en Flow Control. Een KLM flow controller en supervisor Flight Dispatch zijn inhoudelijk betrokken geweest bij de ontwikkeling van de gebruikersinterface. Eerst wordt de algemene ontwerpfilosofie toegelicht en vervolgens wordt er ingezoomd op de verschillende onderdelen in de interface.

Onderstaande figuur toont de interface.



Figuur 3-1 Screenshot van de interface

3.1 Ontwerpfilosofie

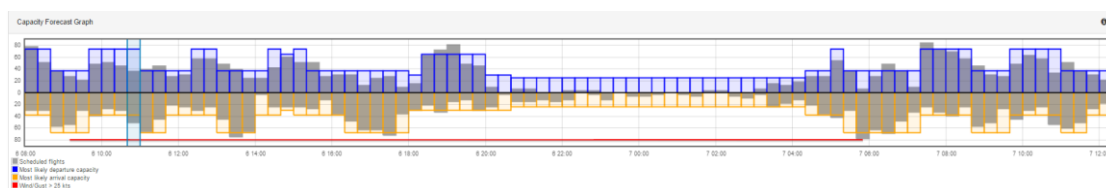
De interface is opgebouwd in de vorm van een dashboard. Het dashboard is zodanig ingericht dat de gebruiker snel een globaal beeld kan vormen van de te verwachten capaciteit voor de gehele voorspelde periode. Dit gebeurt door de capaciteitsverwachting grafisch weer te geven in een grafiek bovenaan in het dashboard.

Naast het globale overzicht kan de gebruiker ook gedetailleerde informatie krijgen over elk voorspeld 20-minutenblok. Dit gebeurt door in de grafiek de gewenste periode te selecteren. Vervolgens wordt gedetailleerde informatie over het verwachte baangebruik en meteo in het dashboard getoond. Tevens is het mogelijk om eenvoudige als-dan-scenario's te evalueren, zoals een andere piekperiode of zichtcondities.

3.2 Capaciteitsgrafiek

Dit paneel (zie: Figuur 3-2) geeft een grafische weergave van de te verwachten capaciteit voor de gehele voorspelde periode. Voor elk 20-minutenblok wordt de meest waarschijnlijke uurcapaciteit getekend (bovenaan outboundcapaciteit in blauw en de onderaan inboundcapaciteit in oranje). Naast de capaciteitscijfers wordt in deze grafiek het verwachte verkeersaanbod weergegeven (grijze balken). Door de capaciteitsverwachting over het aanbod te tekenen is visueel snel duidelijk op welke tijdstippen er mogelijk knelpunten in de afhandeling zullen optreden.

De bron voor het verkeersaanbod in dit prototype geeft enkel informatie over gate-tijden, terwijl de verwachting de (verwachte) baancapaciteit toont, en daarmee van belang is voor het tijdstip dat een vliegtuig op de baan staat (baantijden). Het verschil tussen beide tijden kan een vertekend beeld geven, daarom worden de gate-tijden middels een eenvoudige conversie vertaald naar baantijden. Voor vertrekkend verkeer wordt 5 minuten bij de schematijd opgeteld en voor naderend verkeer wordt 20 minuten van de schematijd afgetrokken. De interface geeft het aanbod per 20-minuten blok weer op basis van baantijden.



Figuur 3-2 Capaciteitsgrafiek

Het bepalen van de meest waarschijnlijke capaciteit gebeurt in drie stappen. Eerst wordt de piekperiode bepaald. Dit gebeurt op basis van de piektijden zoals gepubliceerd in de QRC. De piektijden worden alleen als basis gebruikt als in een startpiek of landingspiek de kans 50% of groter is dat er een baancombinatie kan worden ingezet met respectievelijk 2 start-of landingsbanen. In het geval dit niet mogelijk is op basis van de praktijkgegevens valt het model terug naar baangebruik behorende bij een off-piek periode (1 startbaan en 1 landingsbaan). Vervolgens wordt in de voorspelling van het model gekeken wat de meest waarschijnlijke baancombinatie is, gegeven de piekperiode en het tijdstip. Ten slotte wordt deze baancombinatie gekoppeld aan de daarbij horende capaciteitsdeclaratie uit de QRC. Deze capaciteitscijfers worden in de grafiek getekend.

De capaciteitscijfers in de QRC zijn niet gecorrigeerd voor het effect van wind op de capaciteit. Bij harde wind is de capaciteit naar verwachting lager. Om de gebruiker hiervoor te waarschuwen wordt een rode lijn in de grafiek getekend indien de verwachte windsnelheid of gust > 25 kt bedraagt, zie ook Figuur 3-2. Het zichtbare piekenpatroon in de grafiek is dus afgeleid van de piektijden zoals deze in de QRC te vinden zijn.

3.3 Capaciteitsverwachting in tabelvorm

Deze tabel (zie Figuur 3-3) geeft informatie over de te verwachten capaciteit per 20-minutenblok en per piekperiode. Verder wordt er per blok aangegeven wat de piekperiode is volgens de QRC en wordt er een samenvatting getoond van de voorspelde meteo. Door te klikken op een van de regels wordt de periode geselecteerd. De getoonde capaciteitscijfers zijn gebaseerd op de meest waarschijnlijke baancombinatie.

Time [UTC]	METEO	Peak	OUT	INB	OFF/NIGHT
26 Nov 2014 16:20:00	110 10kt G	OFF	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 16:40:00	110 10kt G	OFF	37+37/38	40/34+34	40/38
26 Nov 2014 17:00:00	120 10kt G	OFF	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 17:20:00	120 10kt G	INB	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 17:40:00	120 10kt G	INB	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 18:00:00	110 9kt G	INB	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 18:20:00	110 9kt G	INB	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 18:40:00	110 9kt G	OFF	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 19:00:00	110 9kt G	OFF	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 19:20:00	110 9kt G	OUT	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 19:40:00	110 9kt G	OUT	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 20:00:00	110 9kt G	OUT	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 20:20:00	110 9kt G	OUT	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 20:40:00	110 9kt G	OUT	37+37/38	40/34+34	37/38
26 Nov 2014 21:00:00	120 10kt M	OFF	35+35/38	35/34+34	35/38
26 Nov 2014 21:20:00	120 10kt M	OFF	35+35/38	35/34+34	35/38
26 Nov 2014 21:40:00	120 10kt M	OFF	35+35/38	35/34+34	35/38

Showing 1 to 85 of 85 entries

Figuur 3-3 Capaciteitsverwachting in tabelvorm

3.4 Baangebruikverwachting in tabelvorm

Het paneel met de baangebruikverwachting (zie Figuur 3-4) biedt inzicht in het voorspelde baangebruik en daarbij horende capaciteit voor de geselecteerde periode. Tevens biedt het de mogelijkheid eenvoudige 'what-if' scenario's te evalueren ten aanzien van onzekerheid in de piekperiode en zichtconditie. Na het selecteren van een 20-minutenblok (in de capaciteitsgrafiek of capaciteitstabel) wordt in de baangebruik-verwachtingstabel weergegeven wat de verwachte baancombinaties zijn.

De baancombinatie is, onder meer, afhankelijk van de piekperiode en het zicht. Automatisch worden na het selecteren van een 20-minutenblok de baancombinaties getoond voor de meest waarschijnlijke zichtconditie, en de piekperiode zoals gepubliceerd in de QRC. De piekperiode wijkt af van de QRC als in een startpiek of landingspiek de kans 50% of groter is dat er geen baancombinatie kan worden ingezet met respectievelijk 2 start-of landingsbanen, dan wordt automatisch een off-piek periode geselecteerd (1 startbaan en 1 landingsbaan). Als er geen baancombinatie kan worden ingezet staat in de kolom 'Runway Combination' het woord 'INFEASIBLE' en in de kolom probability de verwachte kans.

Bovenaan de tabel bevinden zich twee rijen knoppen, daarmee kunnen de verwachte baancombinaties getoond worden voor een afwijkende piekperiode en zichtconditie. De gepubliceerde piekperiode en meest waarschijnlijke zichtconditie zijn groen gekleurd.

Runway Combination Forecast				
	OUT (0%)	INB (10%)	OFF (90%)	NIGHT (0%)
	G (75%)	M (25%)	A (0%)	B (0%)
				DOUBLE (0%)
				C (0%)
Runway Combination	Probability		Capacity	
24/18R	50%		37/38	
18L/18R	45%		40/38	
36L/06	5%		40/33	

Figuur 3-4 Baangebruikverwachting in tabelvorm

3.5 Meteoverwachting

Dit interfaceonderdeel (zie Figuur 3-5) toont de geldende meteoverwachting voor de geselecteerde periode. De data is afkomstig uit de KNMI Schipholkansverwachting. Dezelfde meteo informatie wordt gebruikt door het model bij het maken van de kansverwachting van het baangebruik. Dit paneel geeft de gebruiker achtergrondinformatie bij de verwachting en kan daardoor helpen bij het begrijpen van de verwachte baancombinatie en capaciteit.

Meteo Forecast	
Wind direction [°]	120 (σ: 5)
Wind speed [kts]	10 (σ: 2)
Gust [kts]	15
Visibility	G
Marginal	25%
BZO A	0%
BZO B	0%
BZO C	0%
CB	0%
Snow	0%
Temp (dewpoint) [°C]	5 (4)

Figuur 3-5 Meteoverwachting in tabelvorm

4 Validatie voorspellende waarde

De validatie van de voorspellende waarde van het prototype bestond uit twee delen. In het eerste deel is de voorspellende waarde van het enkel het baangebruikmodel bepaald. Het tweede deel geeft inzicht in de prestaties van het gehele systeem.

4.1 Validatie van het baangebruikmodel

Deze validatie gaat uit van de gemeten meteorologische omstandigheden. Onzekerheden in de SKV hebben dus geen invloed op de validatieresultaten. Voor de validatie is het model gevoed met meteogegevens (METAR) en baangebruikgegevens (geselecteerde baancombinaties) over kalenderjaar 2013. Perioden met groot baanonderhoud zijn uit de dataset verwijderd. Ook baancombinaties die enkel ingezet worden als het banenstelsel maar gedeeltelijk beschikbaar is zijn verwijderd (bv. 36C/06, 36C+09/06, 18C/18R overdag).

Met de baangebruikmodule is vervolgens een kansverwachting gemaakt van de inzet van banen in kalenderjaar 2014 (t/m augustus 2014) per 20-minutenblok. De verwachting is gemaakt op basis van het weer (METAR), de daglichtcondities en de piekperiode. Perioden met groot baanonderhoud of waarin een baancombinatie is ingezet die duidt op het niet volledig beschikbaar zijn van het banenstelsel is geen verwachting gemaakt.

Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van kansverwachting voor een landingspiek, binnen UDP, bij goed zicht, wind 10kt 260°, gust 18kt. In dit geval wordt er voor 87% de baancombinatie 24+18L/18R verwacht en voor 13% de combinatie 24+36L/27.

Baancombinatie	Kans
24+18L/18R	87%
24+36L/27	13%

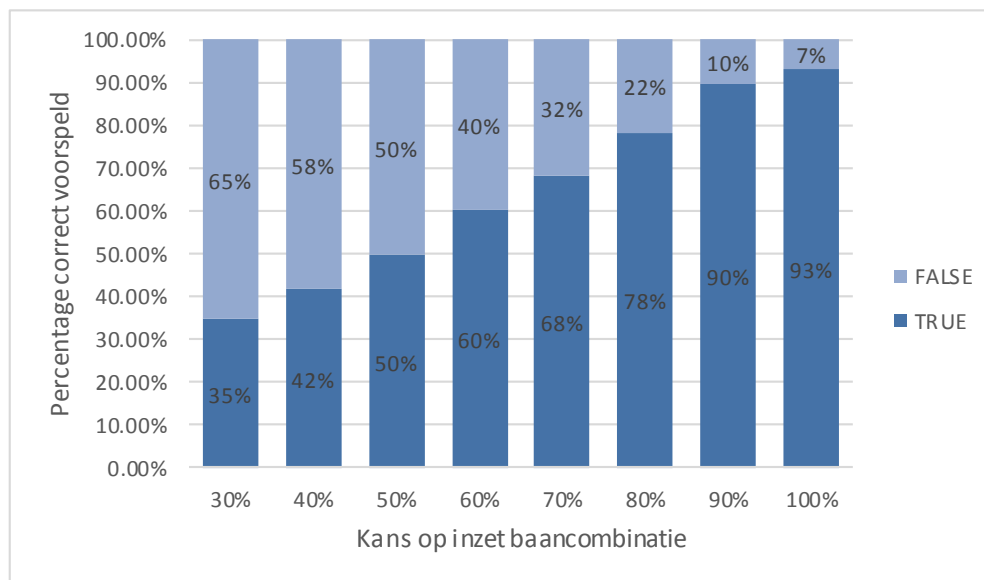
Vergelijking

Vervolgens zijn de kansverwachting en de realisatie met elkaar vergeleken. Hierbij is gekeken of de verwachte kans overeenkomt met het percentage 20-minutenblokken met dezelfde weersomstandigheden dat de baancombinatie daadwerkelijke is ingezet.

Resultaten

Betrouwbaarheid van de verwachting

Figuur 4-1 toont voor alle baancombinaties de kans (volgens het model) dat een baancombinatie wordt ingezet tegen het percentage dat de baancombinatie correct is voorspeld. De kans en het percentage correct voorspeld sluiten op elkaar aan. Bijvoorbeeld: het model verwacht dat baancombinatie X met 80% kans wordt ingezet, en in circa 80% van de gevallen is de baancombinatie ook daadwerkelijk ingezet. Een baancombinatie met een kansverwachting van 100% is in werkelijkheid 93% van de gevallen ingezet. Dit duidt dat er factoren meespelen die ervoor zorgen dat een baancombinatie niet met 100% zekerheid te voorspellen is.



Figuur 4-1 - Kans op inzet baancombinatie vs. percentage dat baancombinatie daadwerkelijk is ingezet (TRUE)

Onderstaande tabellen geven een uitsplitsing van de betrouwbaarheid van de kansverwachting naar piekperiode en zichtcondities voor baancombinaties met een verwachte kans van 50% en 70%.

Tabel 4-1 Betrouwbaarheid kansverwachting - puntkans 50%

Baancombinaties met puntkans 50%		
Piekperiode	Goed zicht	Marginaal zicht
Dubbelpiek	63%	geen gegevens
Landingspiek	44%	50%
Nacht Off-piek	72%	100%
Off-piek	49%	47%
Startpiek	44%	56%

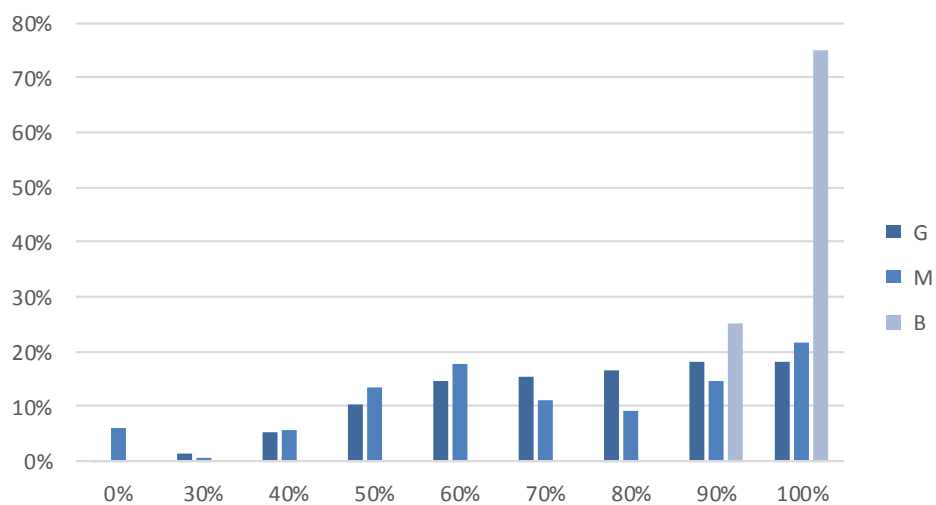
Tabel 4-2 Betrouwbaarheid kansverwachting - puntkans 70%

Baancombinaties met puntkans 70%		
Piekperiode	Goed zicht	Marginaal zicht
Dubbelpiek	70%	geen gegevens
Landingspiek	64%	56%
Nacht Off-piek	70%	72%
Off-piek	72%	64%
Startpiek	67%	87%

Distributie kansverwachting

Figuur 4-2 toont de verdeling van de grootste kans per gemaakte kansverwachting, uitgesplitst naar zichtcondities. Voor een kansverwachting gemaakt bij goed of marginaal zicht is in circa 20% van de

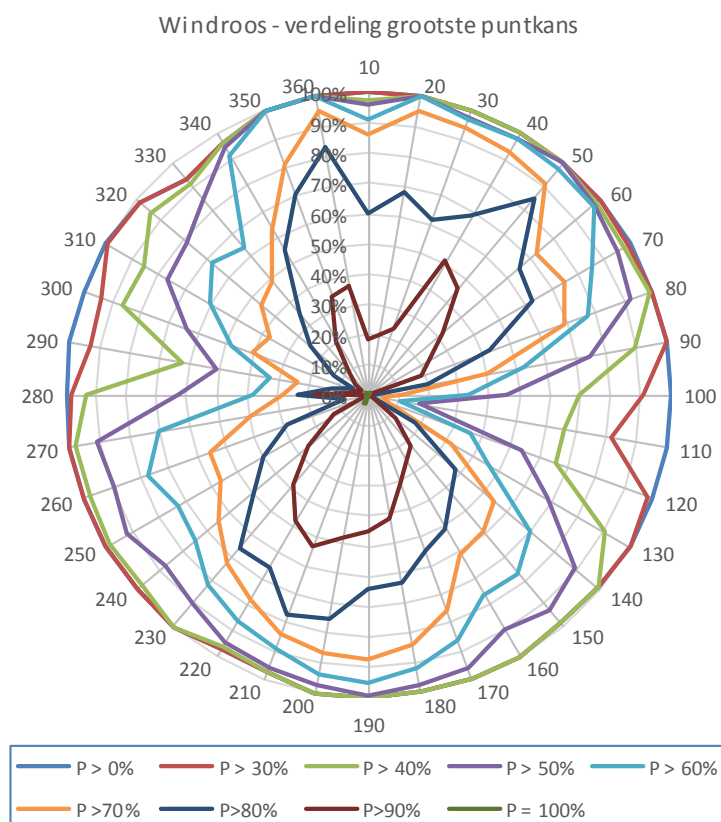
gevallen de grootste puntkans 100% (dus 1 baancombinatie). In minder dan 10% van de gemaakte kansverwachting is de grootste kans 40% en omvat de kansverwachting dus meerdere baancombinaties.



Figuur 4-2 Verdeling grootste puntkans

Grootste puntkans en windrichting

Figuur 4-3 toont de cumulatieve verdeling van de grootste puntkans binnen een kansverwachting. Bij oosten- en westenwind is de grootste puntkans binnen een kansverwachting lager dan bij noorden- en zuidenwind. Bij westen- en oostenwind zal de verwachting dus veelal uit meerdere combinaties bestaan.



Figuur 4-3 Cumulatieve verdeling grootste puntkans

4.2 Validatie van de voorspellende waarde in de hele keten

Om een volledig beeld te krijgen van de voorspellende waarde van het model is het belangrijk om het baangebruikmodel niet alleen op zichzelf te bekijken, maar als onderdeel van de hele keten van invoer tot kansverwachting. Dit wil zeggen inclusief het meenemen van de SKV en daarbij behorende onzekerheid. Een dergelijke analyse is nodig om inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van de kansverwachting die getoond wordt aan de gebruiker.

Methode en gebruikte gegevens

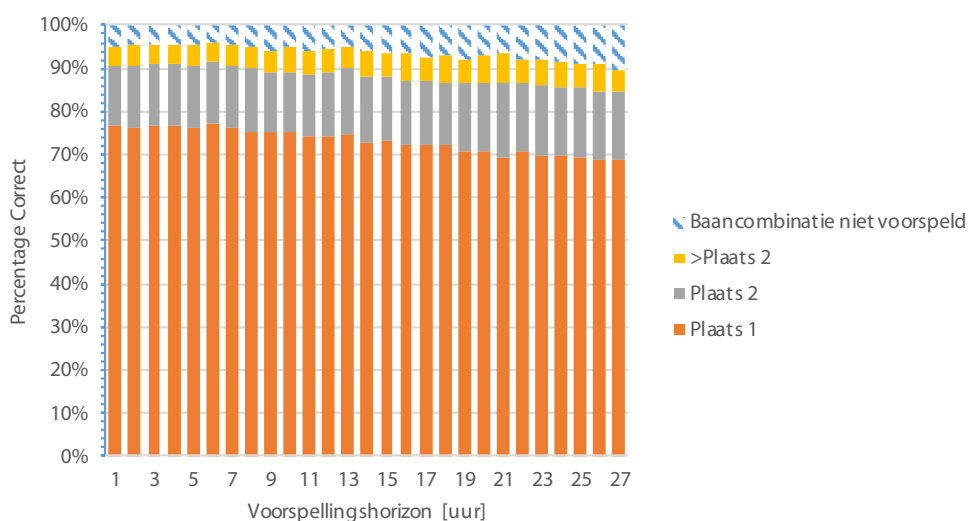
Om de analyse statistisch verantwoord uit te voeren zijn er voldoende kansverwachtingen nodig. Om niet te hoeven wachten tot het moment dat deze met het systeem zijn gegenereerd, is gebruikgemaakt van SKVs uit het verleden. Door het KNMI zijn de SKVs aangeleverd voor de periode januari-november 2014.

Voor elke dag in deze periode zijn 11 willekeurige SKVs ingelezen en is een daarbij behorende kansverwachting gemaakt. Voor elke SKV wordt per 20-minutenblok een kansverwachting gemaakt voor de gehele geldigheidsperiode van de SKV. De kansverwachtingen voor tijdstippen waarop er sprake was

van groot baanonderhoud zijn uit deze analyse verwijderd. Vervolgens is op basis van het werkelijk opgetreden baangebruik getoetst of het model een correcte kansverwachting heeft gemaakt.

Resultaten

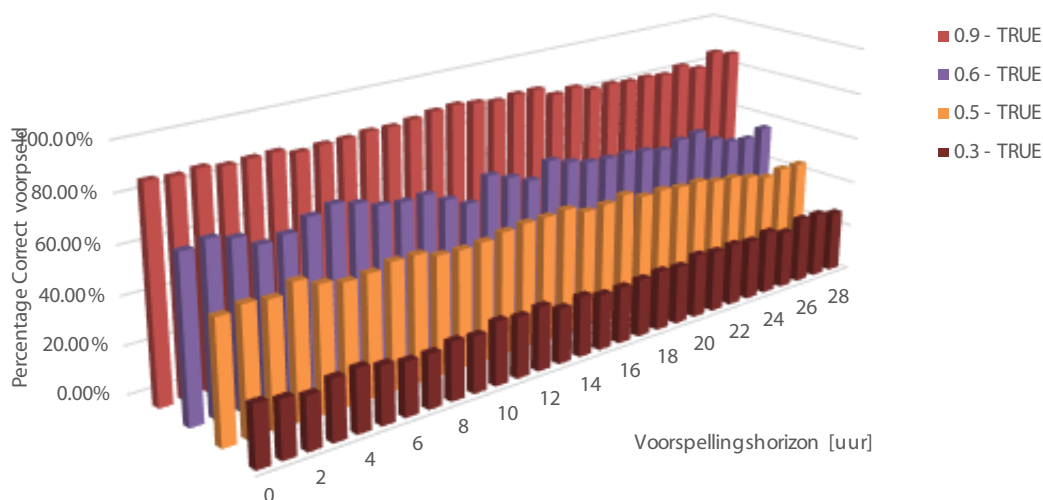
Figuur 4-4 toont de kans dat de werkelijke baancombinatie voorkomt in de kansverwachting, voor de gehele voorspellingshorizon van 27 uur⁷. Uit de grafiek blijkt dat voor de gehele kansverwachting de kans ten minste 90% is dat de baancombinatie voorkomt in de kansverwachting. Voor de eerste 10 uur is deze kans ten minste 95%. Tevens geldt een kans van minimaal 69% dat de ingezette baancombinatie ook de meest waarschijnlijke baancombinatie volgens de kansverwachting is, dat wil zeggen degene die op de eerste plaats staat in de interface. Verder valt op in de grafiek dat de kwaliteit van de kansverwachting afneemt naarmate het voorspelde tijdstip verder in de toekomst ligt.



Figuur 4-4 Verwachte baancombinaties vs. ingezette baancombinatie als functie van de voorspellingshorizon

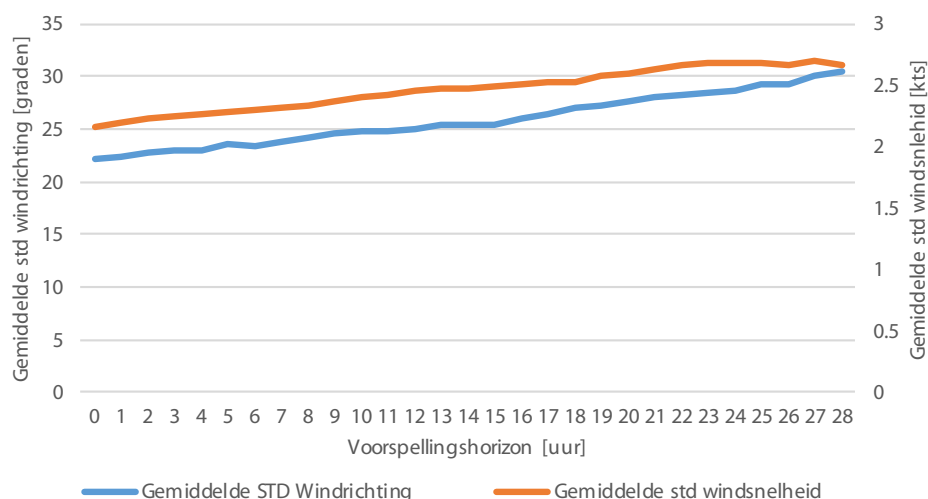
⁷ De SKV loopt tot maximaal 30 uur vooruit en ververs de lange termijnvoorspelling elke 3 uur. Alle SKVs hebben derhalve een voorspellingshorizon van tenminste 27 uur.

Figuur 4-5 illustreert de betrouwbaarheid van de kansverwachting. In de grafiek is te zien dat bij hogere percentages ($\geq 50\%$) de voorspelde waarde overeenkomt met de werkelijke waarden. Naarmate de voorspellingshorizon groter wordt neemt de betrouwbaarheid van de kansverwachting af.



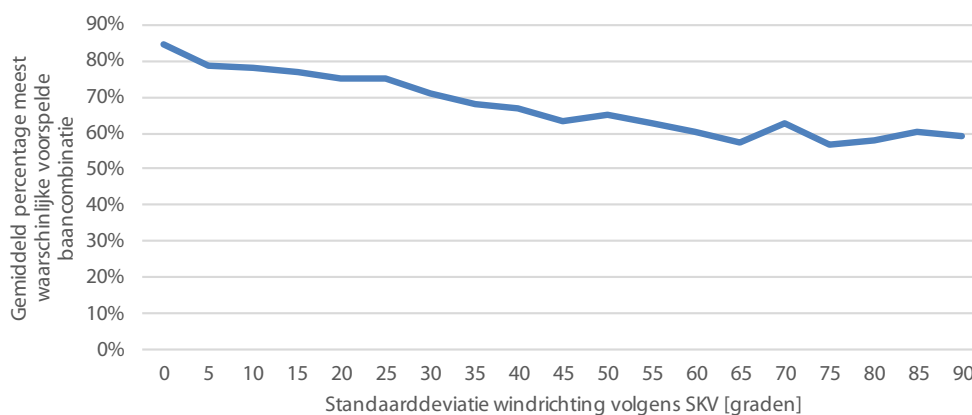
Figuur 4-5 Kans op inzet baancombinatie (0.9 TRUE=90% etc.) vs. percentage correct voorspeld als functie van de voorspellingshorizon

De dalende trend in kwaliteit en betrouwbaarheid van de kansverwachting is te verklaren door de toenemende mate van onzekerheid in de SKV. In onderstaande figuur is te zien dat zowel de mate van zekerheid in de windrichting en windsnelheid afneemt voor een groeiende tijdshorizon.

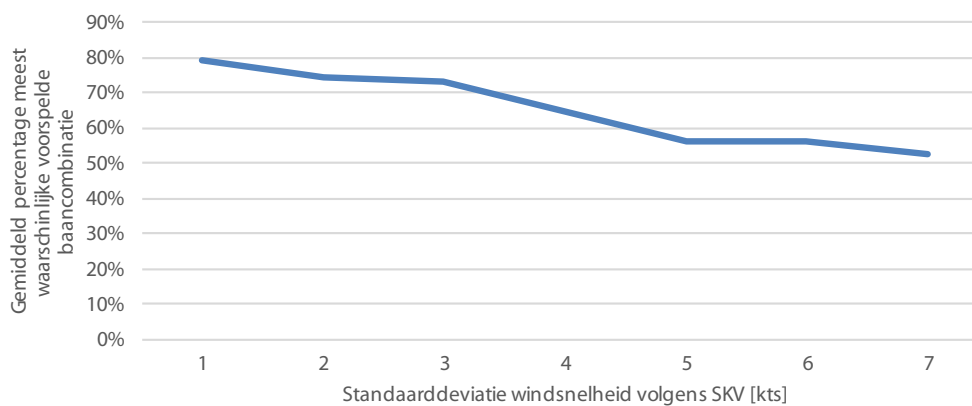


Figuur 4-6 Standaarddeviatie windrichting en windsnelheid als functie van de voorspellingshorizon

De standaarddeviatie van de windsnelheid en -richting heeft invloed op de betrouwbaarheid van de kansverwachting. In de Monte-Carlosimulatie resulteert deze namelijk in een grotere bandbreedte aan (mogelijke) baancombinaties.. In onderstaande grafieken is te zien dat naar mate de standaarddeviatie van de windsnelheid en -richting toeneemt de puntkans op de meest waarschijnlijke baancombinatie afneemt.



Figuur 4-7 Effect standaarddeviatie windrichting op grootste puntkans



Figuur 4-8 Effect standaarddeviatie windsnelheid op grootste puntkans

5 Operationele Validatie

Doel van de operationele validatie is om vast te stellen wat de invloed van AFOS is op operationele beslissingen die door KLM flow controllers en supervisors Flight Dispatch worden genomen. De drie hoofdvragen zijn: Leidt het gebruik van AFOS tot andere beslissingen? Is het tijdstip waarop een beslissing wordt genomen anders? Indien een andere beslissing wordt genomen, zou deze beslissing hebben geleid tot een beter resultaat?

5.1 Methode

Door KLM zijn vijf dagen uit de gerealiseerde operatie gekozen die variëren voor wat betreft het weer en de operationele beslissingen die zijn genomen op basis van de voorspelde omstandigheden. Voorbeelden van operationele beslissingen zijn het uitgeven van brandstofadviezen en het informeren van de netwerkdienst dat vluchten geschrapt moeten worden. KLM gaf aan dat in een aantal gevallen op basis van de werkelijke omstandigheden andere beslissingen genomen zijn. In de operatie is destijds geen gebruik gemaakt van AFOS.

In de validatie zijn de geselecteerde dagen (scenario's) nagespeeld met AFOS. Een scenario begint 07z (7:00 UTC) op de dag ervoor en eindigt op 07z van de dag zelf. Iedere 8 uur (07z, 15z, 23z, 07z) is er een beslismoment. In de praktijk worden op dezelfde tijdstippen beslissingen genomen om operationele maatregelen te nemen. Op het beslismoment is aan de deelnemers, ofwel een KLM flowcontroller of supervisor Flight Dispatch (SFD), gevraagd welke operationele beslissingen hij of zij zou nemen op basis van de informatie die het AFOS systeem levert en de informatie uit de sectorbriefing.

De operationele beslissingen die zijn genomen tijdens het experiment zijn vergeleken met de beslissingen die in werkelijkheid zijn genomen. Hierbij is gekeken naar het soort beslissing die is genomen en het tijdstip waarop de beslissing is genomen. Daarbij is een kwalitatieve inschatting gemaakt of de beslissing gemaakt op basis van AFOS tot een beter of slechter resultaat zou hebben geleid.

Aan het einde van het experiment is aan de deelnemers gevraagd naar hun mening over het experiment, het systeem en suggesties voor uitbreiding en verbetering van het systeem.

5.2 Deelnemers

Aan het experiment hebben één flow controller en twee supervisors Flight Dispatch deelgenomen. Alle deelnemers hadden het systeem eerder op de werkvloer gezien, maar nog niet met het systeem gewerkt. De tijd en beschikbaarheid van de deelnemers was beperkt. Een groter aantal deelnemers was redelijkerwijs niet haalbaar.

Tabel 5-1 Deelnemers operationele validatie

Deelnemer	Functie
1	Flow controller
2	Supervisor Flight Dispatch
3	Supervisor Flight Dispatch

5.3 Training en Instructies

Voorafgaand aan de validatiesessie hebben de deelnemers een schriftelijke experimentbeschrijving ontvangen, zie Bijlage 1. Aan begin van de validatiesessie hebben de deelnemers middels een presentatie uitleg gekregen over het AFOS systeem. To70 heeft uitleg gegeven over de (technische) werking van het systeem. Vanuit KLM is een toelichting gegeven op het gebruik van het systeem in de operatie door de huidige gebruikers (die ook bij de ontwikkeling van het systeem zijn betrokken). Vervolgens kregen de deelnemers uitleg over het validatie-experiment en hun taak. De deelnemers is gevraagd om bij ieder beslismoment:

1. De getoonde informatie te observeren en een beeld te schetsen van de situatie.
2. Toe te lichten welke conclusies ze op basis van de getoonde informatie trekken.
3. Aan te geven of er aanleiding is om operationele maatregelen te overwegen en welke dit zouden zijn.
4. Aan te geven of er behoefte is om een kleinere tijdstap te maken dan naar het volgende beslismoment (8 uur later).

Voorafgaand aan de vijf validatiescenario's is een trainingsscenario doorlopen. Doel van het trainingsscenario was om ervaring op te doen met het gebruik van het systeem en de procedure die tijdens ieder scenario is doorlopen.

5.4 Scenario's en dagindeling experiment

Door KLM zijn de volgende dagen uitgekozen die in het experiment zijn nagespeeld:

Tabel 5-2 Omschrijving Scenario's

Scenario	Datum	Omschrijving
1	21 oktober 2014	Stormpassage
2	20 december 2014	Stormachtige wind uit ongunstige richting (NW)
3	27 december 2014	Sneeuwval voorspeld, uiteindelijk geen sneeuw gevallen op luchtenhaven.
4	2 januari 2015	Passage koufront met harde wind
5	10 januari 2015	Passage koufront met harde wind, gust tot 50kt voorspeld

Meer informatie over het weer, en de operationele beslissingen die zijn genomen, is opgenomen bij de uitwerking van de resultaten en in bijlage 2.

Het uitvoeren van validatie nam per deelnemer 3 tot 4 uur in beslag. Onderstaande tabel geeft een indicatie van de tijdsbesteding tijdens de validatie. Voor ieder scenario was 30 minuten geraamd. Over het algemeen nam de duur van de scenario's lopende de validatie af doordat de deelnemers sneller met het systeem gingen werken. Op verzoek van de deelnemers zijn gedurende de sessies enkele pauzes ingelast.

Tabel 5-3 Indicatieve tijdsbesteding validatie

Omschrijving	Door	Duur
Introductie in de achtergrond van AFOS en de aanleiding voor het experiment	To70	15 min
Toelichting op het gebruik van AFOS in de operatie in de afgelopen periode	KLM	15 min
Experimentbriefing	To70	15 min
Trainingsscenario	To70	30 min
Experiment: scenario 1	KLM FloCo / SFD	30 min
Experiment: scenario 2	KLM FloCo / SFD	30 min
Pauze		5 min
Experiment: scenario 3	KLM FloCo / SFD	30 min
Experiment: scenario 4	KLM FloCo / SFD	30 min
Experiment: scenario 5	KLM FloCo / SFD	30 min
Doorspreken experimentverloop, feedback en toelichting op verdere proces	To70	15 min

De volgorde waarin de scenario's zijn doorlopen verschilde per deelnemer om te compenseren voor eventuele leereffecten.

Tabel 5-4 Volgorde scenario's per deelnemer

Deelnemer	1	2	3	4	5
1	21 okt	20 dec	27 dec	2 jan	10 jan
2	20 dec	27 dec	10 jan	21 okt	2 jan
3	27 dec	10 jan	2 jan	20 dec	21 okt

5.5 Vergelijking Operationele Beslissingen

Tabellen 5-6 t/m 5-9 geven een overzicht van de operationele beslissingen van de deelnemers, per validatiedag. Voor elke dag is tevens per dienst de werkelijke besluitvorming bijgevoegd. De beslissingen zijn uitgesplitst naar 1. het informeren van het netwerk over capaciteitsbeperkingen (leidt mogelijk tot het schrappen van vluchten), aangegeven met vliegtuigsymbolen en 2. het geven  van een brandstofadvies, aangegeven met een brandstofvaten symbool. Als er  specifiek aangegeven is dat een advies of beslissing voor een bepaald moment van de dag geldt, bijvoorbeeld de laatste landingspiek om 18Z, dan is dat middels een tekstblok op het symbool aangegeven.

Tabel 5-5 geeft een overzicht van de dagen waarop in werkelijkheid vluchten zijn geannuleerd, het aantal deelnemers dat op die dag ook vluchten zou annuleren en of deze beslissing op een eerder, hetzelfde, of een later beslistmoment is genomen.

Op twee van de vijf dagen annuleerden alle deelnemers vluchten en zijn in de praktijk vluchten geannuleerd. Op twee van de vijf dagen annuleerde een deel van de deelnemers vluchten, waar er in

werkelijkheid ook vluchten zijn geannuleerd. Op 10 januari annuleerden twee deelnemers vluchten, terwijl in de praktijk geen vluchten zijn geannuleerd. Door de deelnemers is vijf keer op een eerder beslismoment geannuleerd dan in de praktijk. In twee gevallen is op hetzelfde beslismoment geannuleerd en in twee gevallen op een later tijdstip.

Op 27 december annuleerden alle deelnemers vluchten eerder. Dit had naar verwachting niet tot een ander resultaat dan in de praktijk geleid, aangezien er uiteindelijk geen sneeuw op de luchthaven is gevallen.

Tabel 5-5 Vergelijking annuleren vluchten, werkelijk en beslissingen deelnemers

Datum	Werkelijk	Deelnemers	eerder	gelijk	later
21 okt	Ja	1/3	0	0	1
20 dec	Ja	3/3	0	2	1
27 dec	Ja	3/3	3	0	0
2 jan	Ja	2/3	2	0	0
10 jan	nee	2/3	nvt	nvt	nvt
		Som	5	2	2

**vergelijking op basis van eerste annulering*

Tabel 5-6 geeft een overzicht van de dagen waarop in werkelijkheid een brandstofadvies is afgegeven, het aantal deelnemers dat voor die dag ook een advies zou geven en of deze beslissing op een eerder, hetzelfde, of een later beslismoment is genomen. Op alle dagen waar in werkelijkheid een brandstofadvies is gegeven, gaven de deelnemers ook een brandstofadvies. Uitzondering is deelnemer 2 die op één dag (10 januari) geen advies heeft gegeven. Deelnemer 2 heeft op deze dag wel vluchten geannuleerd. Mogelijk verklaart dit waarom geen brandstofadvies is gegeven. In werkelijkheid is op deze dag niet geannuleerd.

Tabel 5-6 Vergelijking brandstofadviezen, werkelijk en beslissingen deelnemers

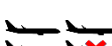
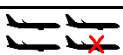
Datum	Werkelijk	Deelnemers	eerder	gelijk	later
21 okt	Ja	3/3	2	1	0
20 dec	Ja	3/3	0	0	3
27 dec	Ja	3/3	0	0	3
2 jan	Ja	3/3	1	2	0
10 jan	Ja	2/3	0	0	2
		Som	3	3	8

**vergelijking op basis van eerst afgegeven brandstofadvies*

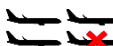
Door de deelnemers is drie keer op een eerder beslismoment een advies gegeven dan in de praktijk. In drie van de gevallen is op hetzelfde beslismoment het advies gegeven en in acht gevallen op een later tijdstip. De deelnemers lijken met het systeem dus op een later moment een brandstofadvies te geven.

Ook lijken de deelnemers met behulp van de tool een gerichter brandstofadvies af te geven dan in de werkelijke operatie. Dit is bijvoorbeeld terug te zien in de overweging om alleen voor de laatste landingspiek, in plaats van voor de hele middag, een brandstofadvies af te geven. Een van de deelnemers noemt dit ook expliciet.

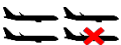
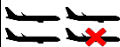
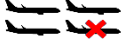
Tabel 5-7 21 oktober 2014 – Stormpassage

Datum + dienst	Informatie	Werkelijk	1	2	3
20-10-2014 0700z	Restricties op capaciteit door stormpassage				
20-10-2014 1500z	Stormpassage van 13z tot 15z, geen beperkingen in de ochtend				
20-10-2014 2300z	Koufrontpassage rond 12z, buien 's ochtends vanaf 1030z tot 1230z				
21-10-2014 0700z	Passage om 1200z Tussen 11z en 13z zware buien	 			

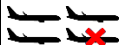
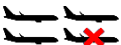
Tabel 5-8 20 december 2014 – Harde wind uit een ongunstige richting

Datum + dienst	Informatie	Werkelijk	1	2	3
19-12-2014 0700z	Restricties op capaciteit vanwege harde wind uit een ongunstige richting	 			
19-12-2014 1500z	<i>Geen info</i>		 		
19-12-2014 2300z	270/22G32kt 's ochtends Na 12z 290/25G38-45kt				
20-12-2014 0700z	Twee trogpasages: 13-14z en 15-18z				

Tabel 5-9 27 december 2014 – Voorspelde sneeuwval

Datum + dienst	Informatie	Werkelijk	1	2	3
26-12-2014 0700z	70% kans op sneeuw > 3 cm, ongunstige oostelijke wind				
26-12-2014 1500z	3-6 cm sneeuw, kans op 10 cm, rond 12z hoogste intensiteit, tot 19z neerslag				
26-12-2014 2300z	Sneeuw verwacht De-icing cap 25/uur L06/T09 verwacht	 			
27-12-2014 0700z	Verwachting dat het blijft sneeuwen; capaciteit 30 inbound				

Tabel 5-10 2 januari 2015 – Passage koufront met harde wind

Datum + dienst	Informatie	Werkelijk	1	2	3
01-01-2015 0700z	<i>Geen info</i>				
01-01-2015 1500z	<i>Geen info</i>				
01-01-2015 2300z	Koufront tussen 07z en 08z, wind van ZW naar NW in deze periode 280/25G40kt; Gelimiteerde INB capaciteit door ruimende wind				
02-01-2015 0700z	Capaciteit verlaagd van 55/h tot 30/h; 280/20G30kt				

Tabel 5-11 10 januari 2015 – Passage koufront met harde wind

Datum + dienst	Informatie	Werkelijk	1	2	3
09-01-2015 0700z	Capaciteit 50/h tot 07z, 40/h tot 11z en 30/h voor de rest van de dag				
09-01-2015 1500z	<i>Geen info</i>				
09-10-2015 2300z	INB piek 230/30G40kt; Gust van 45 – 50 kt mogelijk				

Datum + dienst	Informatie	Werkelijk	1	2	3
	Na 13z 300/25G38kt				
10-01-2015 0700z	Koufrontpassage tussen 11z en 12z; 230/25G35kt naar 230/30G45kt bij nadering front naar 230/35G50kt bij front naar 300/25G38kt; Front passeert in 30 min				

5.6 Gebruik van het systeem

De deelnemers geven aan dat ze door het systeem worden getriggerd als de geplande vluchten (in grijs) buiten de capaciteitsblokken vallen. Dit is voor hen aanleiding om in meer detail te kijken naar die specifieke perioden. In de werkelijke operatie richten de deelnemers zich met name op de eerste landingspiek en de laatste startpiek. Twee deelnemers gaven aan met het systeem in aanvulling op deze perioden ook naar het midden van de dag te kijken. Tijdens de sessie maakten meerdere deelnemers de volgende observaties over het systeem en de interface:

- De trigger om in detail te kijken naar perioden waar de gemiddelde windsnelheid boven de 25 knopen uitkomt werkt, maar de deelnemers geven aan dat ze de invloed van de wind op de capaciteit niet terug zien in de interface en het daardoor lastig vinden om de impact van de wind en de opbouw van vertraging in te schatten.
- Twee van de drie deelnemers geven aan geholpen te zijn met een indicatie van de crosswind op de banen. Met name voor situaties met crosswind op 18R geeft AFOS een te hoge capaciteit af.
- Het verloop van de meteo (trend) zou een waardevolle toevoeging zijn. De deelnemers probeerden in het experiment een beeld te krijgen van trends in de meteo door de 20 minuten blokken afzonderlijk aan te klikken en de SKV-verwachting voor dat blok te bekijken.

Bij het gebruik van de interface viel het volgende op:

- De deelnemers gebruiken de getabelleerde informatie (linksonder in de interface) over de piekperioden, capaciteit en meteo niet of nauwelijks.
- De automatische overgang naar een off-piek bij een kans van 50% of meer dat er geen combinatie met twee start- danwel landingsbanen werd gevonden in respectievelijk een startpiek of landingspiek wordt niet altijd opgemerkt. In deze perioden missen de deelnemers een indicatie dat het model actief is teruggevallen op de off-piek kansverwachting.

5.7 Suggesties voor uitbreiding en verbetering systeem

Aan de deelnemers is na het experiment gevraagd om suggesties te geven voor verbetering van de tool. In onderstaande overzicht zijn deze suggesties opgenomen en kort toegelicht.

#	Categorie	Omschrijving	Toelichting
1	INTERFACE	Toon cross wind per baan.	Gebruikers maken nu gebruik van een ander systeem om de crosswind per baan te bepalen.
2	MODEL	Afname capaciteit a.g.v. wind meenemen.	Het huidige model baseert zich voor de capaciteit op de QRC. De QRC houdt rekening met de invloed van het zicht op de capaciteit maar niet de wind. Ook de wind heeft invloed op de capaciteit. Het huidige systeem waarschuwt de gebruiker enkel voor sterke wind-condities Twee van de drie deelnemers hebben de suggestie gedaan om het effect van wind op de capaciteit mee te nemen. Motivatie is dat de informatie van het systeem hierdoor minder interpretatie behoeft. Eén deelnemer heeft expliciet aangegeven hier geen behoefte aan te hebben.
3	INTERFACE	Beknopt weerbericht opnemen in capaciteitsgrafiek	De capaciteitsgrafiek bevat geen meteogegevens, anders dan een waarschuwing voor harde wind. Om inzicht te krijgen in het weer, en met name de verandering van het weer, moet de gebruiker in de capaciteitsgrafiek klikken. Door een beknopt weerbericht te tonen bij de cursor als de gebruiker met de muis over de grafiek beweegt, krijgt de gebruiker sneller inzicht in het weer en de verandering van het weer.
4	INTERFACE	Gehele SKV in tabelvorm opnemen.	De volledig SKV is op dit moment alleen zichtbaar per 20 minuten blok en vergt hierdoor veel muisklikken om inzicht te krijgen in de verandering van het weer. Door de gehele SKV in tabelvorm te tonen wordt het voor de gebruiker eenvoudiger om inzicht te krijgen in het weer en de verandering van het weer.
5	INTERFACE	Uitgiftedatum en tijd SKV tonen	Informatie ontbreekt in huidige interface.
6	INTERFACE	Numerieke waarden capaciteit en aanbod tonen	In de capaciteitsgrafiek moeten de capaciteit en het aanbod door de gebruiker worden afgelezen. Het tonen bij de cursor van de capaciteit en het aanbod, als de gebruiker in de capaciteitsgrafiek een 20 minuten blok aanwijst, vergroot naar verwachting het gebruiksgemak.
7	INTERFACE	Tabel met verwachte capaciteit per piekperiode verwijderen.	Gebruikers gaven aan tijdens het experiment weinig of geen gebruik van de tabel te maken. Het aantal malen dat de gebruikers de tabel gebruikten om een tijdsblok te selecteren of door de tabel scolden bevestigt dit beeld. De weersinformatie die in de tabel staat is te beperkt en het formaat kan leiden tot verwarring (G voor good visibility i.p.v. gust).
8	INTERFACE & MODEL	Handmatig wijzigen weersverwachting	Het model gaat uit van de SKV als meteobron. De gebruikers maken gebruik van meerdere meteobronnen, met soms verschillende verwachtingen. In deze situaties is het kunnen aanpassen van de weersverwachting handig.
9	INTERFACE & MODEL	Meerdaagse verwachting in	De planningshorizon voor KLM is meerdere dagen. Het model voorspelt tot 30 uur vooruit. Met een meerdaagse verwachting, met een lagere resolutie, kan het model eerder in het planningsproces gebruikt worden.

#	Categorie	Omschrijving	Toelichting
		aanvulling op huidige 30-uurs verwachting	KNMI maakt ook meerdaagse weersverwachtingen (pluimgrafieken) die naar verwachting in het model kunnen worden gebruikt.

6 Discussie, Conclusies en Aanbevelingen

6.1 Discussie

Doel van dit project was het ontwikkelen van een systeem dat tot 30 uur vooruit een voorspelling van het baangebruik en de capaciteit van de luchthaven Schiphol maakt. Resultaat is het Airport Forecasting Service (AFOS). Het systeem is toegespitst op de gebruikersbehoefte van KLM Flight Dispatch. Echter, de gegevens zijn naar verwachting ook interessant voor andere sectorpartijen.

Het AFOS-systeem

Het systeem bestaat uit twee elementen, een baangebruikmodel en een gebruikersinterface. In het baangebruikmodel is gebruik gemaakt van *machine learning* technieken. Hiermee zijn multinomiale logistische regressiemodellen getraind om op basis van praktijkgegevens een kansverwachting voor het baangebruik te maken. Met het baangebruikmodel worden Monte-Carlosimulaties uitgevoerd om rekening te houden met de onzekerheden in de weersverwachting.

De kansverwachting is toegankelijk voor gebruikers via een web-interface. De interface geeft een grafisch overzicht van de te verwachten capaciteit, afgezet tegen het verkeeraanbod in de komende 30 uur. Vanuit dit overzicht kan de gebruiker detailinformatie opvragen over de capaciteit, het baangebruik, zichtcondities en achterliggende meteoverwachting. Voor de capaciteit en het baangebruik geeft het systeem een kansverwachting af bij de zichtcondities die kunnen optreden. Uit de eerste gebruikservaringen blijkt dat vooral het grafische overzicht veel gebruikt wordt. Het verkeersaanbod is op verzoek van de gebruikers later in het project aan de weergave toegevoegd.

Voorspellende waarde

De voorspellende waarde van het baangebruikmodel is bepaald door het model te voeden op basis van gegevens uit 2013, vervolgens een kansverwachting te maken voor 2014, en deze kansverwachting te vergelijken met het werkelijke baangebruik. De validatieresultaten laten zien dat de kansverwachting aansluit bij het werkelijke baangebruik: als bijvoorbeeld het model verwacht dat een baancombinatie met 80% kans wordt ingezet, dan blijkt in circa 80% van de gevallen dat deze baancombinatie ook daadwerkelijk is ingezet. Wanneer geen rekening gehouden wordt met de onzekerheid in de meteoverwachting, dan bevat 90% van de kansverwachting een baancombinatie met een kans op inzet van 50% of groter. Als de onzekerheid uit de meteoverwachting wordt meegenomen blijkt dat de kwaliteit en betrouwbaarheid afneemt naarmate de voorspellingshorizon groter wordt. De kans blijft minimaal 90% dat de ingezette baancombinatie ook voorkomt in de kansverwachting en minimaal 69% dat de meest waarschijnlijke voorspelde baancombinatie ook de ingezette baancombinatie is.

Operationele validatie

In de operationele validatie is gekeken in hoeverre AFOS ondersteunt in het nemen van operationele beslissingen zoals een brandstofadvies of het informeren van het netwerk voor uitzonderlijke operationele situaties. Hiervoor is met drie proefpersonen van KLM Flight Dispatch een validatie-experiment opgezet waarin verschillende dagen uit de operatie zijn nagespeeld. De beslissingen genomen tijdens het experiment zijn vervolgens vergeleken met de beslissingen die genomen zijn in de praktijk. Uit de operationele validatie zijn diverse zaken naar voren gekomen.

Doorgaans namen de deelnemers dezelfde beslissingen als in de werkelijkheid zijn genomen. De beslissingen werden soms op een ander beslismoment genomen dan in werkelijkheid. De steekproefomvang is te klein en de variatie te groot om eenduidig vast te stellen wat het effect is op het moment waarop beslissingen worden genomen. Een besluit om vluchten te annuleren lijkt eerder te worden genomen en het besluit om een brandstofadvies af te geven lijkt later te worden gegeven.

De deelnemers werden door de wijze waarop de interface is samengesteld getriggerd om te kijken naar perioden waar de capaciteit onder het aanbod lag en in perioden waar de wind mogelijk de operatie limiteerde. Ondanks dat niet alle beslisinformatie aanwezig was die in de praktijk wordt gebruikt, hebben de deelnemers in een aantal gevallen gerichter advies kunnen geven, omdat AFOS per 20-minuten blok over de dag het effect op het baangebruik en de bijbehorende (QRC) capaciteit geeft. De deelnemers hebben tevens geconstateerd dat een aantal snelle checks, zoals trends in de meteo en de crosswindcomponent op de banen, zou helpen bij het beter inschatten van de effecten op de operatie. Op deze manier kan een capaciteit worden getoond die beter aansluit bij de reductie als gevolg van (cross-)wind of de-icing.

6.2 Conclusies

De belangrijkste conclusies van dit project zijn:

Het baangebruik- en capaciteitsmodel

- Met behulp van machinaal leren technieken kan uit praktijkgegevens over het baangebruik en de meteo een model worden afgeleid om een kansverwachting voor het baangebruik te maken.
- Door Monte-Carlosimulaties uit te voeren met het baangebruikmodel waarbij de meteocondities worden gevarieerd op basis van KNMI's Schipholkansverwachting wordt in de kansverwachting van het baangebruik ook rekening gehouden met de onzekerheden in de meteooverwachting.
- In 90% van de gevallen komt de ingezette baancombinatie voor in de kansverwachting en in minimaal 69% is de meest waarschijnlijke baancombinatie ook de ingezette baancombinatie.
- De puntkans dat een baancombinatie wordt ingezet onder bepaalde meteocondities komt nagenoeg overeen met het percentage dat een baancombinatie in werkelijkheid is ingezet onder dezelfde omstandigheden.
- Het model baseert de baancapaciteit op de QRC. De QRC houdt geen rekening met het effect van wind op de baancapaciteit. De voorspelde baancapaciteit in condities met sterke wind is hierdoor soms te positief.

Gebruik van AFOS door KLM Flight Dispatch

Het systeem lijkt geen invloed te hebben op het soort beslissingen die gebruikers nemen. Het tijdstip waarop beslissingen worden genomen wijzigt mogelijk wel, maar de steekproefomvang in operationele validatie was te klein om dit eenduidig (statistisch) vast te stellen. Resultaten uit de operationele validatie en de reacties van deelnemers geven aan dat met het systeem gerichter naar perioden wordt gekeken waarin de capaciteit beperkend is. In huidige operatie richten de gebruikers zich veelal op de eerste landingspiek en de laatste startpiek. Gebruikers gaven aan met het systeem nu ook in meer detail naar de tussenliggende perioden en pieken te kijken. De gebruikers misten in de interface nog informatie over de dwarswind per baan, het verloop van het weer en de invloed van de wind op de capaciteit.

6.3 Aanbevelingen

Dit project leidt tot de volgende aanbevelingen:

- De gegevens die het systeem levert, zijn naar verwachting bruikbaar voor meerdere doelen en gebruikers. De aanbeveling is om te inventariseren welke partijen en gebruikers voordeel kunnen hebben bij het gebruik van de gegevens die het systeem levert, in hoeverre het huidige systeem in hun gebruikersbehoefte voorziet en welke aanpassingen nodig zijn om het systeem voor hen geschikt te maken.
- De kansverwachting voor het baangebruik is gebaseerd op het verwachte weer voor het betreffende tijdstip. In werkelijkheid wordt bij de baancombinatiekeuze geanticipeerd op veranderende weersomstandigheden. De kwaliteit van de kansverwachting kan mogelijk worden verbeterd als er ook rekening wordt gehouden met veranderende omstandigheden.
- Het model baseert de baancapaciteit op de QRC. De QRC houdt geen rekening met het effect van wind op de baancapaciteit. De voorspelde baancapaciteit in condities met sterke wind is hierdoor soms te positief. De aanbeveling is om in het model ook rekening te houden met de effecten van wind op de capaciteit.
- Tijdens de operationele validatie zijn door de deelnemers suggesties gedaan voor de gebruikers interface. Het merendeel van de deze aanpassingen is eenvoudig door te voeren en vergroot naar verwachting de bruikbaarheid en acceptatie van het systeem. De aanbeveling is om in ieder geval de volgende aanpassingen door te voeren:

#	Categorie	Omschrijving	Toelichting
1	INTERFACE	Toon cross wind per baan.	Gebruikers maken nu gebruik van een ander systeem om de crosswind per baan te bepalen.
3	INTERFACE	Beknopt weerbericht opnemen in capaciteitsgrafiek	De capaciteitsgrafiek bevat geen meteogegevens, anders dan een waarschuwing voor harde wind. Om inzicht te krijgen in het weer en met name de verandering van het weer moet de gebruiker in de capaciteitsgrafiek klikken. Door een beknopt weer bericht te tonen bij de cursor, als de gebruiker met de muis over de grafiek beweegt, krijgt de gebruiker sneller inzicht in het weer en de verandering van het weer.
4	INTERFACE	Gehele SKV in tabelvorm opnemen.	De volledig SKV is op dit moment alleen zichtbaar per 20 minuten blok en vergt hierdoor veel muisklikken om inzicht te krijgen in de verandering van het weer. Door de gehele SKV in tabelvorm te tonen wordt het voor de gebruiker eenvoudiger om inzicht te krijgen in het weer en de verandering van het weer.
5	INTERFACE	Uitgiftedatum en tijd SKV tonen	Informatie ontbreekt in huidige interface.

#	Categorie	Omschrijving	Toelichting
6	INTERFACE	Numerieke waarden capaciteit en aanbod tonen	In de capaciteitsgrafiek moeten de capaciteit en het aanbod door de gebruiker worden afgelezen. Het tonen bij de cursor van de capaciteit en het aanbod, als de gebruiker in de capaciteitsgrafiek een 20 minuten blok aanwijst, vergroot naar verwachting het gebruiksgemak.
7	INTERFACE	Tabel met verwachte capaciteit per piekperiode verwijderen.	Gebruikers gaven aan tijdens het experiment weinig of geen gebruik van de tabel te maken. Het aantal malen dat de gebruikers de tabel gebruikten om een tijdsblok te selecteren of door de tabel scrolde bevestigt dit beeld. De weersinformatie die in de tabel staat is te beperkt en het formaat kan leiden tot verwarring (G voor good visibility i.p.v. gust).

Bijlage 1 – Briefing voor experimentdeelnemers

Beste experimentdeelnemer,

Allereerst willen wij u bedanken voor de bereidheid tot deelname aan dit experiment. Deze briefing bevat een korte toelichting op de achtergrond van het experiment en een uitleg van het experiment zelf. Wij raden u aan om de experimentuitleg aandachtig door te lezen, zodat eventuele vragen vooraf aan het experiment verduidelijkt kunnen worden. Deelname aan het experiment geschiedt op vrijwillige basis. De resultaten van het experiment zullen anoniem worden verwerkt in een rapport.

Aanleiding van het experiment

To70 heeft in opdracht van het Knowledge Development Centre (KDC) een prototype systeem ontwikkeld dat het baangebruik en de capaciteit van de luchthaven Schiphol tot 30 uur van tevoren voorspelt. Dit Airport Forecasting Service (AFOS) systeem maakt een kansverwachting van de capaciteit en het baangebruik op basis van het verwachte weer, praktijkgegevens over het baangebruik en de capaciteitstabellen. Het systeem bestaat uit een baangebruik voorspellingsmodel dat een kansverwachting maakt en een gebruikersinterface die is toegespitst op de gebruikersbehoeften van KLM flight dispatch.

De voorspellende waarde van het systeem is gevalideerd door kansverwachtingen met het systeem te maken en deze vervolgens te vergelijken met de werkelijke baangebruik. Uit de validatie blijkt dat het baangebruikmodel correcte en betrouwbare resultaten geeft. Dit wil zeggen dat de bandbreedtes die voorspeld worden stroken met het werkelijke baangebruik.

Op basis van de validatieresultaten en gebruikerservaringen tot nu toe is de behoefte geuit om het gebruik van het systeem in de operatie te valideren. Een dergelijke validatie geeft inzicht in de invloed van het systeem op de gebruikers en de operatie. De validatie gebeurt middels een experiment waaraan medewerkers van KLM van de afdeling Flight Dispatch deelnemen.

Experimentuitleg

Door KLM zijn een vijftal dagen uit de operatie van het afgelopen jaar gekozen die variëren voor wat betreft het weer en de operationele beslissingen die zijn genomen. Ook zou in een aantal gevallen op basis van de werkelijke omstandigheden andere beslissingen genomen zijn. In de operatie is geen gebruik gemaakt van AFOS. De geselecteerde dagen (scenario's) worden nagespeeld met AFOS. Een scenario begint 30 uur van tevoren en eindigt op de betreffende dag. Iedere 6 uur (op T -30 uur, T - 24 uur, T - 18 uur, T - 12 uur, T - 6 uur, T0) wordt een KLM flowcontroller en supervisor flight dispatch (deelnemers) gevraagd welke operationele beslissingen/overwegingen hij of zij zou nemen op basis van de informatie die het AFOS-systeem levert.

De operationele beslissingen en het tijdstip worden vastgelegd. Alle scenario's worden met een aantal verschillende deelnemers herhaald. Van tevoren wordt niet bekend gemaakt welke dagen worden nagespeeld.

De operationele beslissingen die zijn genomen tijdens het experiment worden vergeleken met de beslissingen die in werkelijkheid zijn genomen. Hierbij wordt gekeken naar het soort beslissing die is genomen en het tijdstip waarop de beslissing is genomen. Daarbij wordt een kwalitatieve inschatting gemaakt of de beslissing gemaakt op basis van AFOS tot een beter of slechter resultaat zou hebben geleid.

AFOS-interface

In de AFOS-interface wordt informatie getoond over de verwachte meteo, het verkeersaanbod en de voorspelde baancapaciteit. Voorafgaand aan experimentruns krijgt u een uitgebreide toelichting over AFOS en heeft u de gelegenheid om de interface te leren kennen middels een trainingrun.

Dagindeling

Het experiment zal circa 4 uur in beslag nemen. Het dagdeel is als volgt opgebouwd:

Omschrijving	Door	Duur
Introductie in de achtergrond van AFOS en de aanleiding voor het experiment	To70	15 min
Toelichting gebruik van AFOS in de operatie	KLM	15 min
Experimentbriefing	To70	15 min
Training	To70 & KLM	30 min
Pauze		5 min
Experiment: scenario 1	KLM FloCo / SFD	20 min
Pauze		5 min
Experiment: scenario 2	KLM FloCo / SFD	20 min
Pauze		5 min
Experiment: scenario 3	KLM FloCo / SFD	20 min
Pauze		5 min
Experiment: scenario 4	KLM FloCo / SFD	20 min
Pauze		5 min
Experiment: scenario 5	KLM FloCo / SFD	20 min
Doorspreken experimentverloop, feedback en toelichting op verdere proces	To70	15 min

Bijlage 2 – Aanvullende Informatie Scenario's

21 oktober 2014 – Stormpassage

Datum + dienst		Informatie	Operationele beslissing
20-10-2014 0700z	Vroeg	Restricties op capaciteit door stormpassage	-
20-10-2014 1500z	Laat	Stormpassage van 13z tot 15z, geen beperkingen in de ochtend	42 legs geannuleerd;
20-10-2014 2300z	Nacht	Koufrontpassage rond 12z, buien 's ochtends vanaf 1030z tot 1230z	-
21-10-2014 0700z	Vroeg	Passage om 1200z Tussen 11z en 13z zware buien	35 extra vluchten geannuleerd; 30 min extra holding fuel voor KLC + KLM
21-10-2014 1500z	Laat	<i>Geen info</i>	<i>Geen info</i>

20 december 2014 – Harde wind uit een ongunstige richting

Datum + dienst		Informatie	Operationele beslissing
19-12-2014 0700z	Vroeg	Restricties op capaciteit vanwege harde wind uit een ongunstige richting	32 legs geannuleerd tussen 08z tot 0930z (20 KLC, 12 EUR); ICA met ETA < 18z en EUR met ETA < 12z voorzien van 20 min extra holding fuel
19-12-2014 1500z	Laat	<i>Geen info</i>	<i>Geen info</i>
19-12-2014 2300z	Nacht	270/22G32kt 's ochtends Na 12z 290/25G38-45kt	Europese stations inclusief KLC: 30 min extra holding fuel voor arrivals met ETA < 10z
20-12-2014 0700z	Vroeg	Twee trogpasages: 13-14z en 15-18z	Fueladvies verlengd tot 20z voor alle Europese stations
20-12-2014 1500z	Laat	Cap 60 in laatste INB piek	Fueladvies geldig tot 20z voor alle Europese stations

27 december 2014 – Voorspelde sneeuwval

Datum + dienst		Informatie	Operationele beslissing
24 t/m 26 december		Hoge kans op sneeuw op 27 december	-
26-12-2014 0700z	Vroeg	70% kans op sneeuw > 3 cm, ongunstige oostelijke wind	-
26-12-2014 1500z	Laat	3-6 cm sneeuw, kans op 10 cm, rond 12z hoogste intensiteit, tot 19z neerslag	-
26-12-2014 2300z	Nacht	Sneeuw verwacht De-icing cap 25/uur	110 legs geannuleerd;

Datum + dienst		Informatie	Operationele beslissing
		L06/T09 verwacht	Alle INB na 06z 30 min extra fuel tot 21z; taxi fuel ophogen voor de-icing
27-12-2014 0700z	Vroeg	Verwachting dat het blijft sneeuwen; capaciteit 30 inbound	Capaciteit restricties opgeheven, normaal fuel policy
27-12-2014 1500z	Laat	Vanaf 17z droog Geen sneeuw, sneeuwlijn blijft 15-20km ten zuiden van Schiphol	Geen de-icing fuel meer

2 januari 2015 – Passage koufront met harde wind

Datum + dienst		Informatie	Operationele beslissing
01-01-2015 0700z	Vroeg	Geen info	Geen info
01-01-2015 1500z	Laat	Geen info	Geen info
01-01-2015 2300z	Nacht	Koufront tussen 07z en 08z, wind van ZW naar NW in deze periode 280/25G40kt; Gelimiteerde INB capaciteit door ruimende wind	20 min extra holding fuel voor Europese vluchten tot 09z
02-01-2015 0700z	Vroeg	Capaciteit verlaagd van 55/h tot 30/h; 280/20G30kt	09z: Initieel annuleringsplan van 07z niet uitgevoerd; door excluden 18R SUGOL en EELDE vertragingen tot max 60 min
02-01-2015 1500z	Laat	280/20G30kt; wind neemt af; vertragingen tot 15 min	-

10 januari 2015 – Passage koufront met harde wind

Datum + dienst		Informatie	Operationele beslissing
09-01-2015 0700z	Vroeg	Capaciteit 50/h tot 07z, 40/h tot 11z en 30/h voor de rest van de dag	Arrivals tot 11z extra holding fuel
09-01-2015 1500z	Laat	Geen info	Geen info
09-10-2015 2300z	Nacht	INB piek 230/30G40kt; Gust van 45 – 50 kt mogelijk Na 13z 300/25G38kt	ICA 10 min extra fuel tot 14z EUR 15 min extra fuel tot 14z 10x 18R excluden uit EXEC1,4,5
10-01-2015 0700z	Vroeg	Koufrontpassage tussen 11z en 12z; 230/25G35kt naar 230/30G45kt bij nadering front naar 230/35G50kt bij front naar 300/25G38kt; Front passeert in 30 min	EUR fuel advies verlengt tot 17z 18R excluden vluchten via SUGOL RIVER EELDE; 1 vlucht naar RTM i.v.m. EAT > holding fuel
10-01-2015 1500z	Laat	290/25G35kt afnemend G25	15 min fuel advies tot 17z

The background is a solid dark blue. Overlaid on this are several white lines that form a large, stylized, abstract shape. The shape has rounded, flowing sections on the left and top, and sharp, angular, parallel lines on the right side, resembling a stylized 'L' or a modern architectural element.

to70.