

Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat

# Hotspot Mainport Schiphol

Visieontwikkeling  
Regionale Adaptatiestrategie

Hoofdrapport

Kennis voor Klimaat rapport nummer KvK 135/2014  
ISBN nummer 9789492100047

Dit onderzoeksproject (HSMS3.1) werd uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat ([www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Copyright © 2014

Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

Aansprakelijkheid

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.



# Visieontwikkeling Regionale Adaptatiestrategie

Gerrit Baarse, BB&C







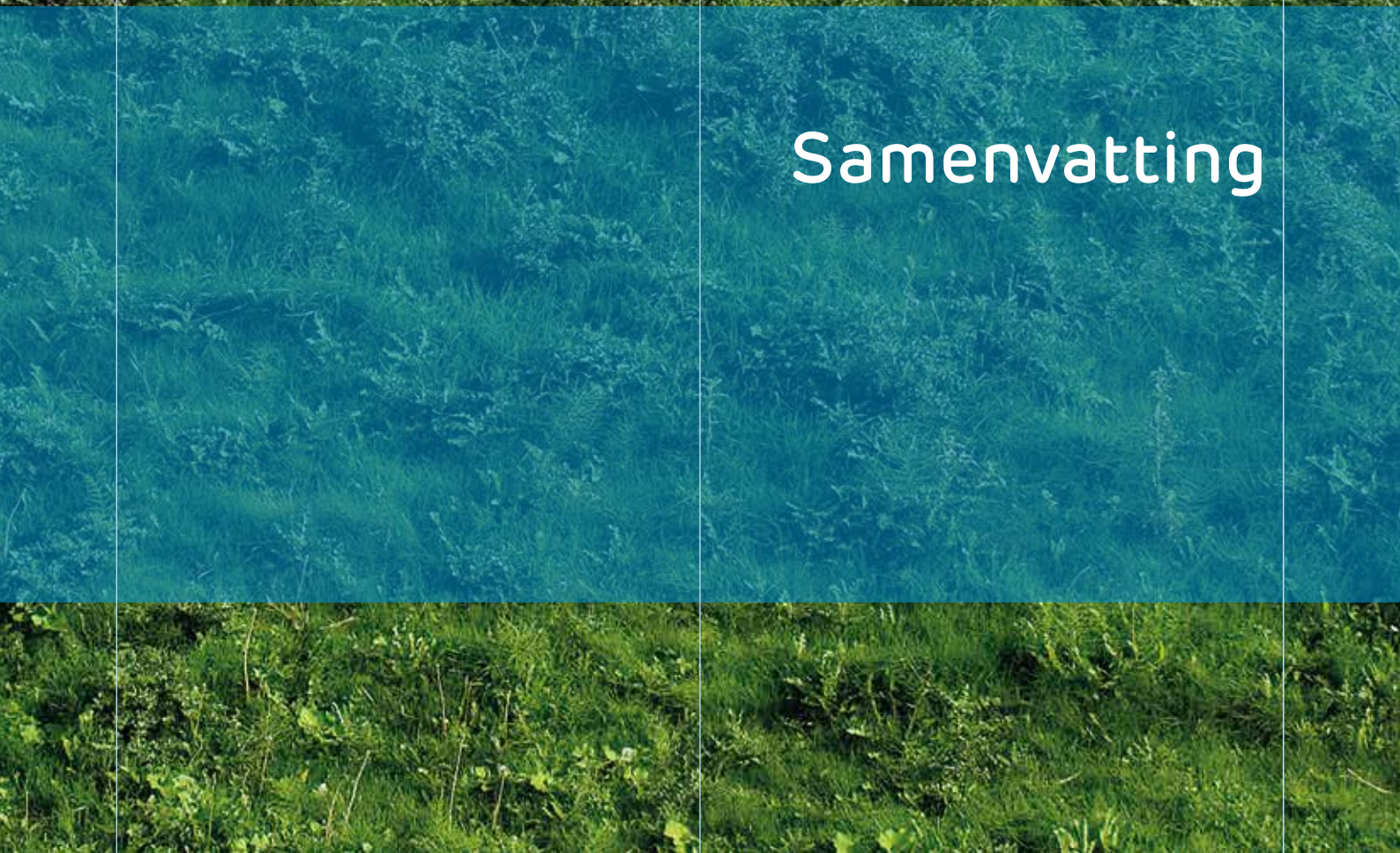
## Inhoud

Samenvatting .....	7
1 Inleiding .....	19
1.1 Achtergrond en doel .....	20
1.2 Duiding en interpretatie visieontwikkeling RAS Mainport Schiphol .....	20
1.3 Aanpak visieontwikkeling RAS .....	22
1.4 Overzicht rapport .....	23
2 Inventarisatie en screening van effecten .....	25
2.1 Ontwikkeling relevante weerparameters .....	26
2.2 Effecten op luchthavenoperaties .....	27
2.3 Effecten op het waterhuishoudingsstelsel van Luchthaven Schiphol .....	31
2.4 Effecten op overstromingsveiligheid .....	34
2.5 Screening van effecten .....	35
3 Uitwerking effecten op luchthavenoperaties .....	41
3.1 Invloed veranderingen wind- en zichtcondities .....	42
3.2 Effecten van convectieve buien .....	45
3.3 Effecten van winterse omstandigheden .....	49
3.4 Effecten van hogere temperaturen .....	55
4 Effecten op afwaterings situatie en benodigde waterbuffers .....	59
4.1 Beschrijving afwateringsstelsel Schiphol.....	60
4.2 Huidige en toekomstige beheersing afwaterings situatie .....	60
4.3 Conclusies en aandachtspunten betreffende klimaatbestendigheid .....	62
5 Overstromingsveiligheid Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol .....	63
5.1 Huidige en toekomstige overstromingsrisico's.....	64
5.2 Mogelijkheden vergroting overstromingsveiligheid Schiphol .....	69
5.3 Behoeften aanvullend onderzoek .....	71
6 Aanzet voor de regionale adaptatiestrategie .....	73
6.1 Bouwstenen adaptief management proces .....	74
6.2 Nadere interpretatie bouwstenen .....	75
6.3 Identificatie van mogelijke acties en maatregelen .....	77
7 Conclusies en aanbevelingen .....	83
7.1 Conclusies .....	84
7.2 Aanbevelingen .....	85
Literatuur .....	87
Bijlagen .....	89





# Samenvatting



## Inhoud samenvatting

1. Inleiding
2. Inventarisatie en screening effecten
3. Uitwerking effecten per onderwerp
4. Aanzet regionale adaptatiestrategie
5. Conclusies en aanbevelingen





## 1 Inleiding

Het nationale onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (KvK) richt zich op de ontwikkeling van wetenschappelijke en toegepaste kennis om Nederland klimaatbestendig te maken. Op grond van deze kennis vindt een verkenning plaats van een Regionale Adaptatie Strategie (RAS) voor een achttal hotspots. De luchthaven Schiphol is een van deze hotspots.

Centraal bij de operaties op Schiphol staat het proces van baantoe wijzing en de afwikkeling van starts en landingen. De actuele, lokale weersinvloeden en de verwachte ontwikkelingen op korte termijn zijn daarbij van doorslaggevend belang. Bij de invulling van de hotspot Mainport Schiphol in KvK is aan de invloed van lokale weersomstandigheden veel aandacht besteed, hetgeen in verschillende deelonderzoeken tot uitdrukking is gebracht.

Naast de invloed van veranderingen in lokale weerparameters op luchthavenoperaties zijn er andere mogelijke effecten van klimaatverandering als gevolg van veranderingen in meer of minder extreme weerscondities (met name in de zin van neerslag en wind) die bepalend zijn voor het functioneren van het waterhuishoudingsstelsel en de risico's van overstroming. Dergelijke veranderingen kunnen leiden tot een directe fysieke beïnvloeding van het gehele luchthaventerrein en zijn omgeving. Binnen KvK is ook aan deze effecten expliciet aandacht besteed. Op grond hiervan is bij de visieontwikkeling RAS Mainport Schiphol onderscheid gemaakt naar de volgende effectcategorïen:

- Effecten van lokale weersomstandigheden op luchthavenoperaties.
- Effecten door beïnvloeding van het waterhuishoudingsstelsel.
- Effecten met betrekking tot de overstromingsveiligheid.

Gezien de grote belangen die zijn gemoeid met een adequate planning en uitvoering van de luchthavenoperaties wordt een continue inspanning gepleegd om de invloed van de actuele weersomstandigheden op de luchthavenoperaties te beheersen en de negatieve gevolgen daarvan te beperken. Het vaststellen en beheersen van de

mogelijke effecten van klimaatverandering in een verdere toekomst wordt gezien als een logische voortzetting daarvan. In dit verband wordt de visieontwikkeling RAS zoals beschreven in dit rapport vooral beschouwd als een proces van 'adaptief management'.

Bij de uitvoering van de visieontwikkeling RAS is onderscheid gemaakt naar de fasen 'Verkenning' en 'Verdieping'. In de eerste fase heeft een inventarisatie en beoordeling plaatsgevonden van de mogelijke effecten van klimaatverandering op het functioneren van de luchthaven. In de tweede fase zijn de meest relevant geachte effecten nader beschouwd en is verder uitwerking gegeven aan het proces van adaptief management. De inhoudelijke basis voor deze beide fasen wordt gevormd door een literatuurverkenning en de uitvoering van een serie gesprekken met de belangrijkste betrokken partijen. Het onderzoek is uitgevoerd door ir. G. Baarse (BB&C) in de periode september 2013 t/m juni 2014.

## 2 Inventarisatie en screening effecten

In verband met de mogelijke effecten op het functioneren van Mainport Schiphol zijn als de belangrijkste weerparameters aangemerkt:

- Wind.
- Zichtcondities (mist, laaghangende bewolking).
- Winterse neerslag (sneeuw, ijs, hagel).
- Regenval en extreme buien (regen, hagel).
- Onweer/bliksem.
- Temperatuur (perioden met min of meer extreme, hoge of lage temperaturen).






De inventarisatie van effecten is gebaseerd op een overzicht van mogelijke effecten voor de categorieën: luchthavenoperaties, waterhuishouding en overstromingsveiligheid. Daarbij is een nader onderscheid gemaakt naar de effecttypen:

- Capaciteit en vertragingen start- en landingoperaties.
- Capaciteit en vertragingen grondafhandeling (platformoperaties).

Tabel 1 Overzicht en duiding potentiële effecten klimaatverandering Mainport Schiphol

Weerparameters	Omschrijving effecten	Effecten van invloed op			Kennis/informatie over verwachte veranderingen relevante weerparameters
		Capaciteit en vertragingen start- en landingsoperaties	Capaciteit en vertragingen grondafhandeling (platformoperaties)	Schade en kosten infrastructuur en bedrijfsmiddelen	
<b>(1) Luchthavenoperaties</b>					
Windcondities	(1a) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Niet, nauwelijks
	(1b) Beperkingen grondafhandeling bij stormcondities				
	(1c) Schade en beheerkosten bij stormcondities				
Zichtcondities (mist, wolken)	(1d) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Niet, nauwelijks
	(1e) Beperkingen grondafhandeling (grondverkeer)				
(Extreme) regenval	(1f) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Kwantitatieve informatie over mogelijke veranderingen
	(1g) Beperkingen grondafhandeling				
	(1h) Effecten en kosten maatregelen lokale wateroverlast				
(Extreme) hagelbuien	(1i) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Indicaties over veranderingsrichting
	(1j) Beperkingen grondafhandeling				
	(1k) Schade door hagelstenen				
Onweer/bliksem	(1l) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Indicaties over veranderingsrichting
	(1m) Beperkingen grondafhandeling				
	(1n) Schade door blikseminslag				
Winterse neerslag (sneeuw/ijs)	(1o) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Uiteenlopende indicaties over veranderingsrichting
	(1p) Beperkingen grondafhandeling				
	(1q) Kosten beheersing overlast sneeuwval en ijsvorming				
Lage temperaturen	(1r) Vertragingen en kosten de-icing *)				Kwantitatieve informatie over mogelijke veranderingen
	(1s) Werkomstandigheden bij grondafhandeling				
	(1t) Schade door vorst				
Hoge temperaturen	(1u) Beperkingen draagvermogen/belading vliegtuigen				
	(1v) Werkomstandigheden bij grondafhandeling				
	(1w) Gevaar door bereiken vlammpunt vliegtuigbrandstof				
	(1x) Koelbehoeften vliegtuigen aan gate				
	(1y) Koelbehoeften gebouwen en werkruimten				
	(1z) Directe schade aan infrastructuur en bedrijfsmiddelen				
	Negatieve beïnvloeding luchtkwaliteit				
<b>(2) Waterhuishoudingsstelsel</b>					
Neerslag (alle vormen), temperatuur, wind	(2a) Watervoorziening				Kwantitatieve informatie over mogelijke veranderingen
(Extreme) neerslag	(2b) Afwateringsituatie				
Winterse neerslag, temperatuur	(2c) Waterkwaliteit en afvalwaterbehandeling				Indicaties over veranderingsrichting
<b>(3) Overstromingsveiligheid</b>					
Wind, neerslag (alle vormen), temperatuur	(3a) Effecten overstromingen op operaties en schade/kosten				Indicaties over veranderingsrichting

\*) Noodzaak de-icing mede als gevolg van optreden winterse neerslag

	Geen effecten van toepassing
	Geen significant effect of beperkt effect dat op grond van huidige kennis/informatie niet verder kan worden geduid of gekwantificeerd
	Mogelijke effecten meer algemeen van toepassing (niet specifiek voor Schiphol) of te ondervangen binnen reguliere ontwikkelingen bedrijfsvoering
	Effecten potentieel van groot belang maar met huidige kennis/informatie nog niet vast te stellen
	Effecten potentieel van belang en mogelijk nader te beschrijven of uit te werken



- Schade en kosten aan infrastructuur en (inzet) bedrijfsmiddelen.

Bij de inventarisatie van de mogelijke effecten is o.a. gebruik gemaakt van de resultaten van een tweetal internationale studies, uitgevoerd in Engeland en Amerika (resp. Heathrow Airport, 2011 en Transportation Research Board, 2012).

Aan de screening van effecten ligt een beoordeling ten grondslag die is gebaseerd op beschikbare literatuur en de resultaten van de gevoerde gesprekken. Op grond van de screening zijn de effecten ingedeeld in de volgende groepen:

- Code beige: geen significant effect of slechts een beperkt effect dat op grond van de huidige kennis/informatie niet verder kan worden geïdentificeerd of gekwantificeerd.
- Code groen: de mogelijke effecten zijn meer algemeen van toepassing (niet specifiek voor Schiphol), dan wel op relatief eenvoudige wijze te ondervangen binnen reguliere ontwikkelingen van de bedrijfsvoering.
- Code geel: de effecten zijn potentieel van groot belang maar met de huidige kennis/informatie nog niet vast te stellen.
- Code oranje: de effecten zijn potentieel van belang en moeten zo mogelijk nader worden beschreven of uitgewerkt.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de beschouwde effecten, waarbij de status van de screeningresultaten op grond van de gehanteerde kleurencode is aangegeven. In de grijs gemarkeerde gebieden zijn geen relevante effecten. In het overzicht van effecten is in de eerste kolom van de tabel aangegeven welke weerparameters van toepassing zijn. In de laatste kolom is een aanduiding gegeven van de mogelijkheden om op grond van de huidige kennis iets te zeggen over de toekomstige ontwikkeling van de relevante weerparameters als gevolg van klimaatverandering. Voor een aantal weerparameters (wind, zicht) is dit niet of nauwelijks het geval. Voor een aantal andere (regenval, temperatuur) bestaat een redelijk kwantitatief beeld van de mogelijke ontwikkelingen. Voor de overige parameters zijn er slechts bepaalde indicaties over de veranderingsrichting.

De effecten met code geel en oranje zijn aange-merkt als kandidaten voor verdere verkenning en uitwerking in de verdiepingsfase van de visieont-

wikkeling RAS Mainport Schiphol. Hiertoe zijn deze effecten nader gegroepeerd binnen de volgende onderwerpen.

- Invloed veranderingen wind- en zichtcondities.
- Effecten van convectieve buien.
- Effecten van winterse omstandigheden.
- Effecten van hogere temperaturen.
- Effecten op afwateringsituatie en benodigde waterbuffers.
- Overstromingsveiligheid Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol.

### 3 Uitwerking effecten per onderwerp

Invloed veranderingen wind- en zichtcondities

Een belangrijke ontwikkeling voor het beheersen van de effecten van de wind- en zichtcondities heeft betrekking op de verbetering van de vaststelling van het actuele, lokale wind- en zichtklimaat en de verwachte veranderingen op korte termijn. De verbetering van meetmethoden en gedetailleerde weermodellen (zoals het model HAR-MONIE) speelt hierin een belangrijke rol. Andere veelbelovende ontwikkelingen hebben betrekking op de mogelijkheden voor de vaststelling van gedetailleerde "future weather" scenario's indien zich op termijn bepaalde trends in het wind- en zichtklimaat manifesteren. De onzekerheden in de ontwikkeling van de wind- en zichtcondities op langere termijn onderstrepen het belang van de beschrijving en monitoring van het lokale wind- en zichtklimaat. Specifieke aspecten die van belang kunnen zijn hebben o.a. betrekking op de mogelijke invloed van convectieve buien en ontwikkelingen in open wateroppervlakte en bodemvochtcondities op de zichtomstandigheden. Gegeven een beschrijving van het lokale wind- en zichtklimaat kunnen analyses en verkenningen worden uitgevoerd van de effecten op baanoperaties en -capaciteit, zowel wat betreft de operationele planning op kortere termijn (1-5 jaar) als de consequenties op langere termijn (bij vastgestelde langjarige trends). In een verre toekomst zou dat kunnen leiden tot gewenste aanpassing van (de capaciteit van) het baanstelsel.

### Effecten van convectieve buien

De verbetering van gedetailleerde weermodellen speelt eveneens een belangrijke rol bij het beheersen van effecten van convectieve buien. Vooral is van belang dat een inschatting kan worden gemaakt van de kansen op het optreden van convectieve buien en van het verloop van de bui als deze verschijnselen eenmaal zijn waargenomen. Deze ontwikkelingen moeten mede worden gezien in relatie tot de inzet en rol van een meteorologisch adviseur op locatie, waarvan het belang naar verwachting steeds groter zal worden. Belangrijke aspecten van monitoring hebben betrekking op frequenties en intensiteiten van extreme buien (neerslag en hagel), bliksem en windstoten, in relatie tot mogelijke verstoringen van baan- en platform-operaties en optredende schades (zoals schade door hagel aan vliegtuigen of problemen met lokale wateroverlast). Mogelijke onderwerpen voor nadere analyse/verkenning zijn de protocollen voor baangebruik en eventuele aanpassing baancapaciteit onder extreme condities bij convectieve buiactiviteit, mede in relatie tot de toekomstige ontwikkelingen rond het verder automatiseren en vastleggen van vluchtplannen (en de potentieel versturende werking van een toename van convectieve buiactiviteit daarop). Daarnaast kunnen eventuele (fysieke) maatregelen worden beschouwd ter vermindering van problemen met 'standing water' op de banen of het optreden van lokale wateroverlast.

### Effecten van winterse omstandigheden

Momenteel zijn er nog grote onzekerheden betreffende de toekomstige ontwikkeling van winterse omstandigheden. Een belangrijke vraag is wat het resulterende effect zal zijn van verschillende klimaatontwikkelingen (zoals afname vorstdagen en toename neerslag in winterperiode) op de uiteindelijke duur en frequentie van kritieke winterse omstandigheden. Een andere vraag is hoe de winterse omstandigheden die aanleiding geven tot problemen met baangebruik en -capaciteit (door aanwezigheid sneeuw/ijs en gladheid) en de noodzaak tot het uitvoeren van de-icing operaties moeten worden gedefinieerd en beschreven (in termen van "bui" uren en -frequenties). Daarbij is ook van belang hoe de condities bepalend voor beperkingen in baangebruik en noodzaak de-icing operaties met elkaar samen-

hangen (coïncidentie van deze condities). Andere aspecten van kennisontwikkeling betreffen de mogelijkheden voor het kwantificeren van de effecten van klimaatverandering. Binnen de huidige visieontwikkeling is uitwerking gegeven aan een kwantitatieve methode voor de vaststelling van deze effecten en aan de illustratieve toepassing daarvan. Dit leidt tot een aantal inzichten in de mogelijke effecten die op termijn zouden kunnen optreden. Nadere analyses en verkenningen zouden zich moeten richten op de verdere effectbepaling. Een continue monitoring van de actuele duur en frequenties van het optreden van kritieke winterse omstandigheden en de gevolgen en effecten daarvan kunnen deze analyses verder ondersteunen. Dit kan op termijn leiden tot het treffen van bepaalde maatregelen betreffende de aanpassing van procedures voor sneeuw/ijsbestrijding of de capaciteit van bepaalde voorzieningen (zoals capaciteit sneeuwruimvloot of de-icing installaties).

### Effecten van hogere temperaturen

Op grond van de beschikbare klimaatscenario's bestaat een redelijk kwantitatief beeld van de effecten op toekomstige temperaturen zoals de veranderingen in het aantal dagen per jaar waarop bepaalde maximum temperaturen zullen optreden. Gegeven deze veranderingen kunnen bepaalde methoden worden ontwikkeld en toegepast om te komen tot een kwantificering van de effecten van temperatuurverhogingen op luchtvaartoperaties (zoals de kosten van het koelen van passagiersvliegtuigen aan de gate of de mogelijke effecten op het laadvermogen van vertrekkende vrachtvliegtuigen). Binnen de huidige visieontwikkeling is hiervan een eerste uitwerking en illustratieve toepassing gegeven.

Verdere analyses van de effecten van toekomstige veranderingen in de frequenties van maximale dagtemperaturen kunnen worden uitgevoerd, hetgeen op termijn kan leiden tot het treffen van bepaalde maatregelen (zoals de aanpassing van de capaciteit van koelvoorzieningen of de aanpassing van vluchtoperaties). Deze analyses kunnen worden ondersteund door de monitoring van het aantal dagen met maximum temperaturen boven bepaalde kritieke waarden en een registratie van de werkelijk opgetreden effecten zoals de duur, omvang en kosten van de inzet van koelunits en



het aantal gebeurtenissen waarbij beperkingen t.a.v. de belading van vrachtvliegtuigen worden ondervonden.

### Effecten op afwateringsituatie en benodigde waterbuffers

De methoden en protocollen voor het bepalen van de benodigde capaciteit voor afwatering en waterbuffers zijn beschikbaar en adequaat. Verwacht wordt dat in de komende decennia geen maatregelen nodig zijn in aanvulling op de al voorziene ingrepen. Afhankelijk van de verdere ontwikkeling van de maatgevende neerslagcondities (1 op 100 jaar ontwerpsituatie) en beschikbare buffers in bergend vermogen zullen in de verdere toekomst mogelijk wel aanvullende maatregelen moeten worden getroffen. Hiertoe dient een monitoring plaats te vinden van de ontwikkeling van extreme neerslagsituaties en een nadere vaststelling van de in toekomst te hanteren ontwerpnorm. Aan de hand daarvan kan met de beschikbare methoden worden vastgesteld in hoeverre de capaciteit van afwateringsvoorzieningen en waterbuffers verder zou moeten worden uitgebreid. De aard van de mogelijke toekomstige oplossingen en de benodigde investeringen worden daarbij mede bepaald door de restricties die aan bepaalde omgevingskarakteristieken (aard en omvang open wateroppervlakte) worden gesteld in verband met de risico's van (water)vogelaanvaringen.

### Effecten op overstromingsveiligheid Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol

Voor de overstromingsveiligheid van de Haarlemmermeer en de Luchthaven Schiphol gelden de hoogste normen zoals thans gehanteerd. Toch is het denkbaar dat aanvullende maatregelen worden getroffen die leiden tot een kosteneffectieve vergroting van de overstromingsveiligheid. Dit leidt tot de aanbeveling om de regionale overstromingsveiligheid van Schiphol nader te onderzoeken. Centraal in dit onderzoek staat de vaststelling van de huidige en toekomstige overstromingsrisico's van de luchthaven in relatie tot ontwikkelingen betreffende de nationale waterveiligheidsnormen in het kader van de in 2014 te nemen Deltabeslissing. Belangrijke vragen hebben o.a. betrekking op de gevolgen van de landelijke ontwikkelingen op de regionale waterveiligheid; de standzekerheid van regionale keringen bij

bezwijken van een primaire waterkering; en de gevolgen van klimaatverandering voor de Maatgevende Hoogwaterstanden in het regionale systeem. Meer specifiek moet de analyse zich richten op de mogelijkheden voor het treffen van kosteneffectieve maatregelen voor het beperken van de risico's van regionale overstromingen volgens het concept van de meerlaagsveiligheid. Tevens zou een onderzoek kunnen plaatsvinden naar de potenties van Luchthaven Schiphol als 'safe haven' en 'emergency airport'.

## 4 Aanzet regionale adaptatiestrategie

De uitwerking van de adaptatiestrategie vormt een logische voortzetting van de huidige management- en operatiepraktijk onder invloed van klimaatverandering (proces van 'adaptief management'). De in het voorgaande beschreven onderwerpen vormen de 'bouwstenen' voor dit proces. In onderstaande tabel is hiervan een beoordeling gemaakt op grond van:

- Belang bouwsteen voor functioneren luchthaven.
- Invloed verandering relevante weerparameters (aard, aangrijping en tijdsaspecten).
- Kennis over verwachte klimaatverandering betreffende de relevante weerparameters.

Dit leidt tot een typering van verdere acties voor de verschillende bouwstenen, als volgt:

- 'Anticiperen': accent op onderzoek en monitoring gericht op het verkrijgen van meer duidelijkheid over aard/omvang klimaatverandering en mogelijke effecten.
- 'Verkennen en kwantificeren': accent op het monitoren en kwantificeren van de mogelijke effecten, gegeven een (globaal) beeld van de mogelijke klimaatverandering.
- 'Volgen en afwachten': accent op monitoring ontwikkeling van min of meer extreme condities gericht op vaststellen moment waarop aanvullende maatregelen zouden moeten worden getroffen.

- 'Nader onderzoek' gericht op de vaststelling van de regionale overstromingsrisico's en de mogelijkheden voor een kosteneffectieve vergroting van de overstromingsveiligheid.

Voor de identificatie van verdere acties in het proces van adaptief management wordt onderscheid gemaakt naar: (1) onderzoek/kennisontwikkeling; (2) monitoring; en (3) analyse.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de voorgestelde acties en mogelijke maatregelen in dit proces.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### Conclusies

De invloed van de actuele en lokale weersomstandigheden is van doorslaggevend belang op het functioneren van Luchthaven Schiphol. In de huidige situatie wordt een continue inspanning gepleegd om de invloed van deze weersomstandigheden te beheersen en de negatieve gevolgen te beperken. De ontwikkeling van een adaptatiestrategie vormt hiervan een logische voortzetting. Praktisch gezien heeft deze ontwikkeling betrekking op de verdere invulling en aanscherping van het 'proces van adaptief management'. Op grond van een screening en nadere uitwerking van effecten is een aantal onderwerpen gedefinieerd welke de bouwstenen vormen voor deze strategieontwikkeling.

Beoordeling en typering bouwstenen adaptief management proces

"Bouwstenen" adaptief management proces	Belang bouwsteen voor functioneren luchthaven	Invloed verandering relevante weerparameters			Kennis over verwachte klimaatverandering	Typering acties adaptief management proces
		Aard effect	Aangrijping	In tijd		
1. Wind- en zichtcondities	Groot	Dagelijks baangebruik en -capaciteit	Direct	Continu	Niet/nauwelijks	<b>Anticiperen</b>
2. Convectorische buien	Matig		Direct	Incidenteel Frequent	Inzicht in verandingsrichting	
3. Winterse omstandigheden	Matig	Capaciteit en kosten operaties	Direct	Incidenteel Frequent ('s winters)	Inzicht in mogelijke verandingsrichting	<b>Verkennen en kwantificeren</b>
4. Hogere temperaturen	Beperkt	Kosten operaties	Direct	Incidenteel Frequent ('s zomers)	Redelijk kwantitatief inzicht	
5. Afwateringsysteem en waterbuffers	Groot	Investeringen afwateringsysteem	Indirect (via volumina en waterstanden peilvakken)	Incidenteel Onder vrij extreme condities	Redelijk kwantitatief inzicht	<b>Volgen en afwachten</b>
6. Overstromingsveiligheid	Groot	Overstromingsrisico	Indirect (via waterstanden en golven)	Incidenteel Onder zeer extreme condities	Redelijk kwantitatief inzicht	<b>Nader onderzoek</b>



Een belangrijke algemene bevinding is dat de beheersing van klimaatinvloeden binnen de bestaande operatie- en managementpraktijk goed is afgedekt. In de huidige situatie en de nabije toekomst lijkt er geen noodzaak te bestaan voor min of meer acute aanpassingen of ingrepen. Verdere acties binnen de verschillende 'bouwstenen' worden

vooral bepaald door het belang van de potentiële effecten en (de kennis over) de invloed en mogelijke ontwikkeling van de relevante weerparameters.

#### Overzicht voorgestelde acties en mogelijke maatregelen in relatie tot proces adaptief management

Bouwstenen proces adaptief management	Voorgestelde acties			Mogelijke fysieke en operationele maatregelen
	Onderzoek en kennisontwikkeling	Monitoring	Analyse	
<b>Algemeen</b>	Verbetering klimaatmodellen: • trends in lange termijn ontwikkeling klimaatverandering • lokale weersverwachtingen op korte termijn Kennis en methoden voor bepaling effecten klimaat(verandering)	Monitoring en verwerking van meteorologische gegevens en ontwikkeling langjarige tijdseries voor relevante weerparameters Registratie van effecten en gevolgen klimaatverandering	Data-analyses en vaststellen trends Ontwikkeling klimaat-scenario's Analyse van effecten klimaatverandering en mogelijke adaptieve maatregelen	
<b>1. Wind- en zichtcondities</b>	Ontwikkeling en toepassing gedetailleerd klimaatmodel (zoals HARMONIE) voor vaststellen actueel en lokaal wind- en zichtklimaat en verwachtingen op korte termijn *) Ontwikkeling methoden voor beschrijving 'future weather' scenario's	Beschrijving lokaal wind- en zichtklimaat. Specifieke aspecten: • Invloed convectieve buien • Invloed ontwikkeling open wateroppervlak en bodemvocht-condities op zichtklimaat	Analyse effecten wind- en zichtklimaat op baanoperaties en baancapaciteit voor operationele planning op korte termijn en benodigde capaciteit op lange termijn o.b.v. future weather scenario's	Aanpassing operationele planning gebruik baanstel Aanpassing capaciteit baanstel op lange termijn
<b>2. Convectieve buien</b>	Ontwikkeling en toepassing gedetailleerd klimaatmodel voor bepaling kansen optreden convectieve buien en verwachtingen buiverloop *)	Frequenties en intensiteiten extreme buien (regenval, hagel), bliksem en windstoten Verstorings van baan- en platformoperaties Opgetreden schades door extreme hagelbuien of lokale wateroverlast	Analyse protocollen baangebruik en aanpassing baancapaciteit bij extreme condities door convectieve buiactiviteit mede in relatie tot ontwikkelingen automatiseren en vastleggen vluchtplannen (LVNL) Analyse mogelijke maatregelen vermindering problemen standing water op start/landingsbanen	Aanpassing protocollen omgaan met convectieve buien Fysieke aanpassing ruwheid en afwatering banen Maatregelen gericht op voorkomen/beperken (schade door) lokale wateroverlast
<b>3. Winterse omstandigheden</b>	Definitie en coïncidentie winterse omstandigheden bepalend voor beperkingen baancapaciteit en de-icing Vaststellen effecten klimaatverandering op duur/frequentie van kritieke winterse omstandigheden Ontwikkeling methoden kwantificering effecten winterse omstandigheden	Duur en frequentie van optreden kritieke winterse omstandigheden Gevolgen van optreden winterse omstandigheden zoals inzet sneeuwruimploegen; perioden en omvang de-icing operaties; omvang vertragingen; en verbruik milieubelastende middelen	Bepaling effecten van mogelijke toekomstige veranderingen in duur/frequentie van kritieke winterse omstandigheden en analyse mogelijke maatregelen (procedures sneeuw/ijsbestrijding en capaciteit voorzieningen en installaties)	Aanpassing procedures sneeuw/ijs bestrijding Aanpassing capaciteit sneeuwvloot en de-icing installaties.

\*) Deze ontwikkelingen en toepassingen dienen mede te worden gezien in relatie tot de inzet en rol van een meteorologisch adviseur op locatie

## Overzicht voorgestelde acties en mogelijke maatregelen in relatie tot proces adaptief management (vervolg)

Bouwstenen proces adaptief management	Voorgestelde acties			Mogelijke fysieke en operationele maatregelen
	Onderzoek en kennis-ontwikkeling	Monitoring	Analyse	
<b>4. Hogere temperaturen</b>	Ontwikkeling methoden kwantificering effecten van optreden hogere temperaturen	Frequentie van dagen met maximum temperaturen boven bepaalde kritieke waarden Gevolgen van optreden hogere temperaturen zoals duur, omvang en kosten inzet koelunits voor koeling vliegtuigen aan gate en beperkingen belading vrachtvliegtuigen	Bepaling effecten van mogelijke toekomstige veranderingen in frequenties maximale dagtemperaturen en analyse mogelijke maatregelen (capaciteit koelvoorzieningen en operaties vrachtvliegtuigen)	Uitbreiding capaciteit koelvoorzieningen vliegtuigen aan gate Aanpassing operaties vrachtvliegtuigen
<b>5. Afwateringssysteem en waterbuffers</b>		Ontwikkeling extreme neerslag-condities in relatie tot te hanteren ontwerp-norm voor dimensionering afwateringssysteem Gevolgen voor benodigde buffer aan bergend vermogen	Vaststelling noodzaak verdere uitbreiding afwaterings-voorzieningen en waterbuffers en specificatie mogelijke oplossingen Ontwikkeling problemen rond aanvaringen met (water)vogels en identificatie mogelijke alternatieve oplossingen	Uitbreiding capaciteit afwateringsvoorzieningen en waterbuffers Specifieke maatregelen voor beperking problemen met aanvaringen (water) vogels
<b>5. Overstromingsveiligheid</b>	Vaststelling huidige en toekomstige overstromingsrisico's Luchthaven Schiphol en beantwoording van specifieke onderzoeksvragen (gevolgen landelijke ontwikkelingen op regionale waterveiligheid; standzekerheid regionale keringen)	Ontwikkeling maatgevende hoogwaterstanden (MHW) in regionaal systeem als gevolg van klimaatverandering	Analyse van mogelijkheden voor kosteneffectieve vermindering van overstromingsrisico's Analyse potenties Luchthaven Schiphol als 'safe haven' en 'emergency airport'	Ingrepen ter vermindering kans op en gevolgen van regionale overstroming o.b.v. concept meerlaagsveiligheid Ingrepen t.b.v. functioneren Luchthaven Schiphol als safe haven en/of emergency airport

Voor de verschillende bouwstenen zijn de volgende potentiële maatregelen in het geding:

**Wind- en zichtcondities:**

- Aanpassing operationele planning gebruik baanstelsel.
- Aanpassing capaciteit baanstelsel op lange termijn.

**Convectieve buien:**

- Aanpassing protocollen omgaan met convectieve buien.
- Fysieke aanpassing ruwheid en afwatering start- en landingsbanen.
- Maatregelen gericht op voorkomen/beperken (schade door) lokale wateroverlast.

**Winterse omstandigheden:**

- Aanpassing procedures sneeuw/ijs bestrijding.
- Aanpassing capaciteit sneeuwvloot en de-icing installaties.

**Hogere temperaturen:**

- Uitbreiding capaciteit koelvoorzieningen voor vliegtuigen aan de gate.
- Aanpassing operaties vrachtvliegtuigen.

**Afwaterings situatie en waterbuffers:**

- Uitbreiding capaciteit afwateringsvoorzieningen en waterbuffers.
- Specifieke maatregelen voor beperking problemen met aanvaringen (water)vogels.

**Overstromingsveiligheid:**

- Ingrepen ter vermindering kans op en gevolgen van regionale overstroming o.b.v. concept meerlaagsveiligheid.
- Ingrepen t.b.v. functioneren Luchthaven Schiphol als safe haven en emergency airport.





## Aanbevelingen

Bij de ontwikkeling van de adaptatiestrategie is een vrij groot aantal mogelijke acties van toepassing. De bovenstaande tabel geeft daarvan een overzicht voor elk van de onderscheiden bouwstenen. In algemene zin hebben de voorgestelde acties betrekking op:

- Onderzoek en kennisontwikkeling:
  - Ontwikkeling klimaatmodellen gericht op (1) verbeteren vaststellen trends in klimaatverandering op lange termijn en (2) verbeteren mogelijkheden voor bepaling lokale weersverwachtingen op korte termijn.
  - Ontwikkeling van kennis en methoden voor bepaling effecten klimaat(verandering).
- Monitoring:
  - Monitoring en verwerking van meteorologische gegevens en ontwikkeling langjarige tijdseries voor relevante weerparameters.
  - Registratie van effecten en gevolgen van klimaatverandering.
- Verkenningen en analyses:
  - Uitvoering van data-analyses en vaststelling van trends in klimaatontwikkeling.
  - Ontwikkeling van klimaatscenario's.
  - Analyse van effecten klimaatverandering en mogelijke adaptieve maatregelen.





↑  
Arrivals  
Aankomst 1-2  
?i Information

↑  
Departures  
Vertrek 1-2  
Check-in 1-16

First aid  
Verste hulp  
Baggage storage  
Baggage locker

Bars & rest  
Holland Tour  
Panorama

Arrivals 3-4  
Departures 3  
Check-in 17-32

Kappé Perfumes & Colors

Buy B  
Special p  
whereve

# Inleiding

## 1.1 Achtergrond en doel

Het nationale onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (KvK) richt zich op de ontwikkeling van wetenschappelijke en toegepaste kennis om Nederland klimaatbestendig te maken. Op grond van deze kennis vindt een verkenning en/of ontwikkeling plaats van een Regionale Adaptatie Strategie (RAS) voor een achttal hotspots. De luchthaven Schiphol is een van deze hotspots (de hotspot Mainport Schiphol of HSMS).

In de eerste tranche van KvK is ten aanzien van de invloed van klimaat(verandering) een aantal specifieke onderzoeksprojecten uitgevoerd dat voornamelijk betrekking had op de invloed van (veranderingen in) weersomstandigheden op de operaties van de luchthaven Schiphol. Binnen Thema 6 van tranche 2 is aan twee van deze onderzoeken een vervolg gegeven. De derde en laatste tranche van KvK voorziet in de uitvoering van een verkenning die is gericht op de ontwikkeling van een eigenstandige en onafhankelijke visie betreffende de adaptatie aan klimaatverandering van Mainport Schiphol. De ontwikkeling van deze visie vindt plaats op grond van de resultaten van de onderzoeksprojecten die in de eerdere tranches van KvK zijn uitgevoerd en de relevante kennis en informatie die beschikbaar is bij andere bronnen en partijen. Met de visieontwikkeling wordt een basis gelegd voor, en richting gegeven aan, de ontwikkeling van een adaptatiestrategie. De verkenning wordt aangeduid als: de Visieontwikkeling Regionale Adaptatie Strategie (RAS) Mainport Schiphol (het project HSMS3.1).

Aan de Visieontwikkeling RAS Mainport Schiphol wordt uitvoering gegeven door Baarse Beleidsondersteuning & Consult (BB&C), in de persoon van Gerrit Baarse. De uitvoering van het onderzoek heeft plaatsgevonden in de periode september 2013 tot juni 2014.

## 1.2 Duiding en interpretatie Visieontwikkeling RAS Mainport Schiphol

Centraal bij de operaties op Schiphol staat het proces van baantoewijzing en de afwikkeling van starts en landingen. Gezien de omvang van het aantal vliegbewegingen, de invloed van de lokale en actuele weersomstandigheden, en de eisen die vanuit de geluidsbelasting aan de operaties worden gesteld staat de capaciteit van de luchthaven voortdurend onder druk. De eisen aan het proces van baantoewijzing en capaciteitsplanning leiden tot een grote urgentie om te kunnen beschikken over tijdige en accurate verwachtingen van (veranderingen in) lokale weersomstandigheden. Bij de invulling van de hotspot Mainport Schiphol is aan deze zaken veel aandacht besteed, waarbij ook nadrukkelijk aansluiting is gezocht bij de lopende ontwikkelingen. Dit heeft geleid tot de volgende deelonderzoeken:

- HSMS01: Windvisions. Ontwikkeling van een wind en zicht monitoring systeem (Hartogenisis, O.K. et al, 2012).
- HSMS02: Klimatologie en klimaatscenario's voor Mainport Schiphol (Kattenberg, A. et al, 2013).
- HSMS03: Effecten van klimaatverandering op kritische weerscondities voor luchthaven Schiphol (IMPACT/HARMONIE) (Jacobs, A. J.M. et al, 2012).

Het deelproject Windvisions (HSMS01) vormt onderdeel van een promotieonderzoek, gericht op het ontwikkelen en testen van nieuwe methoden en een nieuw instrument voor de meting van wind en zicht voor de ondersteuning van luchthavenoperaties. Het eerste deel van het project had een duidelijk onderzoeks karakter. In het tweede deel, dat binnen Thema 6 wordt uitgevoerd, wordt toegewerkt naar een getest prototype van het instrument. De resultaten van Windvisions kunnen op termijn worden gebruikt voor de ondersteuning van gedetailleerde weermodellen (zoals HARMONIE<sup>1</sup>).

<sup>1</sup> HARMONIE is een gedetailleerd weermodel dat door het KNMI in samenwerking met een groot aantal andere landen is ontwikkeld. Voor een nadere beschrijving wordt verwezen naar par. 3.1.



Het deelonderzoek naar de klimatologie en klimaatscenario's voor mainport Schiphol (HSMS02) heeft geleid tot een gedetailleerd beeld van de beschikbare informatie over de weerparameters die bepalend zijn voor de dagelijkse operaties op de luchthaven Schiphol en de mogelijke invloeden daarop van klimaatverandering.

Het deelonderzoek IMPACT/HARMONIE (HSMS03) gaat vooral in op de mogelijkheden om voor de operaties op de luchthaven Schiphol te komen tot een meer gedetailleerde en nauwkeurigere bepaling van de verwachtingen van een aantal kritische weerparameters (wat betreft de resolutie in ruimte en tijd). Centraal daarbij staat de ontwikkeling van het gedetailleerde weermodel HARMONIE. Een en ander zal uiteindelijk leiden tot een verbeterd, nieuw operationeel systeem van het KNMI.

Voorafgaand aan de uitvoering van het laatstgenoemde deelonderzoek is een inventarisatie uitgevoerd van de kritische weerparameters die van invloed zijn op de luchthavenoperaties, de huidige processen die ten aanzien van de actuele weersverwachting worden gehanteerd en de mogelijkheden om deze processen te verbeteren. Deze inventarisatie is uitgevoerd in nauw overleg met de direct betrokken partijen bij de luchthavenoperaties, te weten Amsterdam Airport Schiphol (AAS), de Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL) en de KLM (Jacobs, A.J.M. et al, 2011).

Naast de invloed van veranderingen in specifieke, lokale weerparameters op start- en landingsprocedures en andere luchthavenoperaties, zoals in de genoemde deelonderzoeken tot uitdrukking gebracht, is er een aantal andere mogelijke effecten van klimaatverandering. Deze hebben betrekking op veranderingen in meer of minder extreme weerscondities (met name in de zin van neerslag en wind) die bepalend zijn voor het functioneren van het waterhuishoudingsstelsel en de risico's van overstroming. Dergelijke veranderingen kunnen leiden tot een directe fysieke beïnvloeding van het gehele luchthaventerrein en zijn omgeving. Binnen KvK is van deze mogelijke effecten een eerste inventarisatie gemaakt in (Goosen, H. et al, 2010).

Op grond van het bovenstaande is bij de inventarisatie en uitwerking van de effectbepaling in het voorliggende rapport onderscheid gemaakt naar de volgende hoofdcategorieën:

- Effecten van lokale weersomstandigheden op luchthavenoperaties.
- Effecten door beïnvloeding van het waterhuishoudingsstelsel.
- Effecten met betrekking tot de overstromingsveiligheid.

Wat betreft de resultaten en gebruiksmogelijkheden van het KvK onderzoek binnen de hotspot Mainport Schiphol wordt onderscheid gemaakt naar twee doelen:

- 1) Het beter beschrijven van de huidige klimatologie en het verbeteren van de mogelijkheden voor het vaststellen van tijdige en accurate verwachtingen van lokale weersomstandigheden bepalend voor de luchthavenoperaties.
- 2) Het creëren van een basis voor het vaststellen en projecteren van trendmatige veranderingen in kritische weersomstandigheden als gevolg van klimaatverandering en de effecten daarvan.

Het eerste punt komt tegemoet aan de directe en korte termijn belangen van de Schiphol-gebonden partijen. In de visieontwikkeling RAS Mainport Schiphol wordt met name ook aandacht geschonken aan de klimaatbestendigheid op langere termijn, op grond van het tweede punt. Geconstateerd wordt dat er een sterke verwevenheid bestaat tussen deze beide doelen. De mogelijke effecten van klimaatverandering in de toekomst worden in hoge mate bepaald door de (verandering van de) weerparameters die ook bepalend zijn voor de huidige operaties. Daarbij geldt dat de kennis over en beschrijving van de huidige klimatologie een noodzakelijke voorwaarde vormt voor de identificatie en nadere duiding van de mogelijke effecten op langere termijn.

Gezien de grote belangen die zijn gemoeid met een adequate planning en uitvoering van de luchthavenoperaties wordt in de huidige situatie een continue inspanning gepleegd om de invloed van de actuele weersomstandigheden op de luchthavenoperaties te beheersen en de negatieve gevolgen daarvan zoveel mogelijk te beperken. Het

vaststellen en beheersen van de mogelijke effecten van klimaatverandering in een verdere toekomst wordt gezien als een logische voortzetting daarvan. Wat betreft de visieontwikkeling RAS Mainport Schiphol moet dan ook niet zozeer worden gedacht in termen van de 'ontwikkeling van een regionale adaptatiestrategie' maar veeleer aan het verder inspelen op toekomstige ontwikkelingen door een voortdurende verbetering en aanpassing van de management- en operatiepraktijk. In dit verband wordt de visieontwikkeling RAS zoals beschreven in dit rapport vooral beschouwd als een 'proces van adaptief management'.

De consequentie hiervan is dat de inzichten in de huidige praktijken en beheermaatregelen, en de actuele ontwikkelingen daarin, een zeer belangrijke basis vormen voor de vaststelling van de eventuele toekomstige effecten van klimaatverandering. Tegen deze achtergrond moet worden vastgesteld hoe op deze effecten kan worden geanticipeerd en een identificatie worden gemaakt van aanvullende behoeften en mogelijk zinvolle aanpassingen.

### 1.3 Aanpak visieontwikkeling RAS

Bij de uitvoering van de visieontwikkeling RAS (het project HSMS3.1) is onderscheid gemaakt naar twee fasen, als volgt:

- Fase 1: verkenning.
- Fase 2: verdieping.

In Fase 1 zijn de volgende activiteiten onderscheiden:

- Literatuurverkenning en voorbereiding gesprekken.
- Uitvoering en verwerking resultaten gesprekken.
- Globale analyse en voorlopige bevindingen.
- Tussenrapportage.

De kern van de eerste fase bestond uit een inhoudelijke literatuurverkenning en de uitvoering van een aantal gesprekken met de belangrijkste betrokken partijen. Aan de hand daarvan is een in-

ventarisatie gemaakt van de mogelijk relevante effecten en is een globale analyse (screening) uitgevoerd. De screening in Fase 1 heeft geleid tot een identificatie van potentieel belangrijke onderwerpen die in Fase 2 nader aan de orde zijn gesteld. De resultaten van de eerste fase zijn vastgelegd in een Interim Rapport (december 2013).

In Fase 2 zijn de volgende taken uitgevoerd:

- Voorbereiding, uitvoering en verwerking aanvullende inhoudelijke gesprekken.
- Beschrijving en kwantificering van een aantal selectieve effecten.
- Analyse van bevindingen en aanzet ontwikkeling RAS.
- Eindrapportering.

Het voeren van inhoudelijke gesprekken met vertegenwoordigers van direct betrokken partijen en relevante kennisgebieden heeft in beide uitvoeringsfasen een belangrijke basis gevormd voor de visieontwikkeling. Wat betreft het functioneren van de Mainport Schiphol is daarbij overleg gevoerd met diverse medewerkers van Amsterdam Airport Schiphol (AAS) en met de Luchtverkeersleiding Nederland (LVNL), waarvoor de contacten zijn gelegd in overleg met Peter van den Brink (coördinator voor de hotspot Mainport Schiphol namens Schiphol Group). Voor de inbreng van meer specifieke kennis is een belangrijke ondersteuning geboden door verschillende vertegenwoordigers van het KNMI, die samen met onderzoekers van WUR een belangrijke rol hebben gespeeld bij de uitvoering van de specifieke deelonderzoeken binnen de hotspot Mainport Schiphol. Ook is gesproken met enkele andere kennisinstituten (zoals Deltares en UNESCO/IHE). Daarnaast is over diverse aspecten en op verschillende niveaus inhoudelijk overleg gevoerd met een aantal overheidspartijen, te weten het Hoogheemraadschap van Rijnland en de provincies Noord- en Zuid-Holland. Tevens heeft een afstemming plaatsgevonden met het nationale Deltaprogramma Veiligheid.



## 1.4 Overzicht rapport

Het voorliggende rapport beschrijft de resultaten van de visieontwikkeling op basis van de bevindingen in Fasen 1 en 2. Op grond van de resultaten van het literatuuronderzoek en de gevoerde inhoudelijke gesprekken is een inventarisatie en screening uitgevoerd van de mogelijke klimaateffecten, welke zijn opgenomen in Hoofdstuk 2. Van de relevant geachte effecten wordt een nadere beschrijving gegeven in de volgende hoofdstukken waarbij onderscheid is gemaakt naar de mogelijke effecten op luchthavenoperaties (Hoofdstuk 3), effecten op afwateringsituatie en benodigde waterbuffers (Hoofdstuk 4) en effecten op overstromingsveiligheid Haarlemmermeer en luchthaven Schiphol (Hoofdstuk 5). Voor een aantal selectieve effecten op luchthavenoperaties zijn daarbij methoden ontwikkeld om een kwantitatieve effectbepaling mogelijk te maken. Hoofdstuk 6 geeft een aanzet voor de verdere uitwerking van de Regionale Adaptatie Strategie (RAS) en een synthese van de bevindingen.

Een overzicht van de gevoerde inhoudelijke gesprekken is gegeven in Bijlage 1 bij dit rapport. De details van de methoden die voor de kwantitatieve effectbepaling van een aantal effecten zijn ontwikkeld zijn eveneens in bijlagen uitgewerkt. Het gaat hier om de mogelijke kwantificering van een aantal effecten van winterse condities en van hogere temperaturen (beide op grond van een spreadsheet toepassing). De beschrijvingen van deze spreadsheets zijn opgenomen in resp. Bijlage 2 en Bijlage 3.

Van een aantal van de gevoerde gesprekken (met name de gesprekken in Fase 1) zijn gedetailleerde besprekingsverslagen beschikbaar. Deze zijn niet in dit rapport opgenomen.







# 2

## Inventarisatie en screening van effecten

## 2.1 Ontwikkeling relevante weerparameters

Binnen de hotspot Mainport Schiphol zijn als relevante weerparameters aangemerkt:

- Wind.
- Zichtcondities (mist, laaghangende bewolking).
- Winterse neerslag (sneeuw, ijs, hagel).
- Regenval en extreme buien (regen, hagel).
- Onweer/bliksem.
- Temperatuur (perioden met min of meer extreme, hoge of lage temperaturen).

### Wind

De optredende windsnelheden ter plaatse van start- en landingsbanen (met name dwarswind en rugwind) vormen belangrijke bepalende condities voor de start- en landingsoperaties. Op grond van de huidige klimaatmodellering zijn nog geen duidelijke signalen van trendmatige veranderingen van de (gemiddelde) wind vastgesteld. Wel zijn er indicaties dat er mogelijk enige verandering zou kunnen optreden in de frequentieverdeling (aantallen dagen per jaar) met bepaalde windrichtingen en uit een enkel modelonderzoek is geconcludeerd dat het niet ondenkbaar is dat in de toekomst ook tropische cyclonen Nederland zouden kunnen bereiken. Naast de gemiddelde wind zijn ook van belang de mogelijke veranderingen in het lokale windklimaat (windstoten) als gevolg van convectieve buien. De algemene verwachting is dat deze zouden kunnen toenemen (in zowel aantal als maximale sterkte) maar ook over deze mogelijke ontwikkelingen kunnen op grond van de huidige kennis en modellen geen concrete uitspraken worden gedaan. De constatering is dan ook dat er momenteel geen basis is voor het kunnen vaststellen van de mogelijke omvang van wind-gerelateerde effecten als gevolg van klimaatverandering.

### Zichtcondities

De zichtcondities worden bepaald door het optreden van mist en/of laaghangende bewolking. Evenals in het geval van wind zijn er uit de huidige klimaatmodellen geen duidelijke trends in de verandering van zichtcondities af te leiden. Wel is op grond van historische gegevens over de afgelopen

30 jaar een zeer duidelijke vermindering van de frequentie van het optreden van slecht-zicht condities (zowel door mist als door laaghangende bewolking) vastgesteld. De oorzaak hiervan is gelegen in de significante verbetering van de luchtkwaliteit die in de laatste decennia is gerealiseerd. Voor de toekomst zou deze trend zich nog enigszins (in afgezwakte vorm) kunnen voortzetten. Het lijkt daarom niet direct aannemelijk dat de zichtcondities in de toekomst zullen verslechteren.

### Winterse neerslag

De beschikbare informatie over het voorkomen van neerslag onder winterse condities (sneeuw, ijs, hagel) is beperkt. Wel bestaat er voor de huidige klimatologie een redelijk beeld van frequentie versus duur, maar informatie over intensiteit (hoeveelheden winterse neerslag) ontbreekt. De reden hiervan is dat deze vormen van neerslag minder frequent voorkomen en moeilijker te meten zijn. Wat betreft de toekomstige ontwikkelingen worden in de thans beschikbare klimaatscenario's geen expliciete uitspraken gedaan. In dit geval is met name de vraag wat het resulterende effect zou zijn van enerzijds de toename van de temperatuur (afname vorstcondities) en anderzijds de verwachte toename van de hoeveelheid neerslag in de winterperiode. Het is daardoor op voorhand niet duidelijk wat de invloed zal zijn op de toekomstige ontwikkeling van de frequentie en ernst van het optreden van problematische situaties met winterse neerslag op luchthaven Schiphol. Ook mogelijke veranderingen in het optreden van verschuivingen in de jetstream en van eventuele 'cold air outbreaks' (het plotseling zuidwaarts verplaatsen van koude lucht vanuit de poolstreken) kunnen hierbij een rol spelen.

### Regenval en extreme buien

Voor regenval is er een gedetailleerde beschrijving van de huidige klimatologie. Voor de verschillende klimaatscenario's zijn expliciete inschattingen gemaakt van de mogelijke consequenties voor de veranderingen in de hoeveelheid neerslag in de winter- en zomerperiode. Op grond daarvan is ook een concreet beeld ontwikkeld van de veranderingen in neerslagintensiteit die voor bepaalde tijdsduren en met bepaalde frequenties kunnen optreden. Dit biedt in principe een basis om



tot een verdere inschatting van mogelijke effecten te kunnen komen. Het optreden van min of meer extreme buien treedt met name op onder zomerse omstandigheden als gevolg van (temperatuur gedreven) convectieve activiteit. Algemeen wordt aangenomen dat de intensiteit, en mogelijk ook de frequentie, van convectieve buien (waarbij zware regenval, onweer, windstoten en hagelbuien kunnen ontstaan) in de zomer zal toenemen. Tevens kunnen daarbij structurele verschuivingen optreden in de tijdstippen van het ontstaan van deze buien over de dag als gevolg van andere tijds patronen van opwarming. Met de huidige weermodellen zijn de locaties en tijdstippen van het feitelijk optreden van dergelijke buien echter niet of nauwelijks te voorspellen.

### Ontwikkelingen bliksem/onweer

In de huidige beschrijving van de klimatologie van Schiphol en de klimaatscenario's is geen concrete informatie opgenomen over het voorkomen van bliksem/onweer. Wel is er de verwachting dat situaties met onweer en bliksem gedurende de zomerperiode heviger zullen worden, in relatie tot het toenemen van de intensiteit van convectieve buien.

### Ontwikkelingen temperatuur

Het gaat hier om het voorkomen van perioden met min of meer extreme, hoge of lage temperaturen). Wat betreft de gegevens over temperatuur is voor het huidige klimaat op Schiphol een uitgebreide beschrijving beschikbaar van de klimatologie. Tevens bestaat een goed beeld van de invloed van klimaatverandering. De voor de huidige en verschillende toekomstige scenario's beschikbare informatie heeft o.a. betrekking op:

- De gemiddelde dagelijkse minimum en maximum temperaturen per maand.
- Herhalingstijden van jaarlijkse minimum en maximum temperaturen.
- het aantal dagen waarop de minimum temperatuur bepaalde grenswaarden onderschrijft, c.q. de maximum temperatuur bepaalde grenswaarden overschrijft.

Op grond van deze informatie is in principe een goede kwantitatieve basis aanwezig voor een mogelijke effectbepaling.

## 2.2 Effecten op luchthavenoperaties

Voor het beschrijven van de mogelijke effecten op luchthavenoperaties wordt nader onderscheid gemaakt naar een indeling van effecten in de volgende hoofdtypen:

- Start- en landingsoperaties: capaciteit en optredende vertragingen.
- Grondafhandeling (platformoperaties) capaciteit en optredende vertragingen.
- Schade aan, en kosten van inzet en beheer van, infrastructuur en bedrijfsmiddelen (zoals banen, wegen, platforms, gebouwen, vliegtuigen, transportmiddelen en overige voorzieningen).

Het volgende schetst een beeld van de mogelijke effecten op de luchthavenoperaties en op de luchthavengebonden infrastructuur en bedrijfsmiddelen die als gevolg van (veranderingen) in specifieke weerparameters zouden kunnen optreden. Daarbij wordt rekening gehouden met de invloed van de verschillende weerparameters zoals die in par. 2.1 zijn beschouwd. Bij de inventarisatie van de mogelijke effecten is o.a. gebruik gemaakt van de resultaten van een tweetal internationale studies, uitgevoerd in Engeland en Amerika (resp. Heathrow Airport, 2011 en Transportation Research Board, 2012).

### Effecten windcondities

#### Start- en landingsoperaties

Aan het gebruik van de start- en landingsbanen worden strikte eisen gesteld ten aanzien van de maximaal toelaatbare windsnelheden voor dwars- en rugwind. Op grond van de verwachte windcondities wordt een dagplanning gemaakt voor het baangebruik. Gegeven de restricties die aan de geluidsbelasting worden gesteld is er een voorkeur voor het gebruik van bepaalde baancombinaties. Door ongunstige windcondities kunnen daarvoor niet alleen beperkingen ontstaan in de baan capaciteit, maar kan ook de geluidsbelasting negatief worden beïnvloed. Het potentiële effect van een eventuele trendmatige verandering van de windcondities op de capaciteit van de luchthaven en op de handhaving van de contouren die voor de geluidsbelasting zijn vastgesteld is derhalve zeer groot.

### Grondafhandeling en infrastructuur/bedrijfsmiddelen

Bij het optreden van extreme windsnelheden (stormcondities boven 8 of 9 Beaufort) worden voorzorgen getroffen door geparkeerde vliegtuigen en vliegtuigen aan de gate met de kop in de wind te plaatsen. Dit kan leiden tot vertragingen in de grondafhandeling en leidt ook tot extra kosten. De frequenties van voorkomen van deze situaties zijn in de huidige situatie echter klein (uren per jaar). Er bestaan geen drempelwaarden van hoge windsnelheden die leiden tot specifieke ingrepen in de grondafhandeling. Evenmin is er sprake van bijzondere kwetsbaarheden t.a.v. te verwachten schade-effecten in vergelijking met de effecten die elders (andere bebouwde omgevingen, bedrijfsterreinen) zouden moeten worden verwacht.

### Effecten zichtcondities

#### Start- en landingsoperaties

De zichtomstandigheden worden bepaald door de helderheid van de atmosfeer, waarvoor vier fasen van zichtbeperking worden onderscheiden. Daarnaast spelen condities van laaghangende bewolking (afstand van maaiveld tot wolkenbasis) een rol. Bij toenemende zichtbeperking treedt een afname op van de capaciteit van het baanstelsel voor de afwikkeling van start- en landingsoperaties. Voor de verschillende beperkt-zicht fasen zijn hiervoor goede richtgetallen beschikbaar. Hieruit blijkt dat de potentiële effecten van zichtbeperking op de baancapaciteit zeer groot zijn.

### Grondafhandeling en infrastructuur/bedrijfsmiddelen

Situaties met slecht zicht hebben een negatief effect op de afhandeling van de verkeersstromen op het luchthaventerrein. Voor een deel kunnen deze effecten worden beheerst door het gebruik van grondradar en transponders in vliegtuigen en voertuigen waardoor het grondverkeer vanuit de toren kan worden gevolgd en begeleid. Dit brengt naar verwachting ook extra kosten met zich mee.

### Effecten (extreme) regenval

#### Start- en landingsoperaties

Gezien de gehanteerde ontwerpnormen ontstaan bij hevige regenval problemen (zware plassen op de baan) bij een intensiteit van 8 mm/uur gedu-

rende een periode groter dan 15 minuten. Dergelijke situaties komen bij het huidige klimaat met enige regelmaat voor. Ondanks het feit dat de stroefheid van de banen op Schiphol aan hoge eisen voldoet kan het ontstaan van een situatie met 'standing water' op de baan leiden tot een significante beperking van de remcapaciteit (braking action). Dit kan leiden tot een aanpassing van de separatie, hetgeen consequenties heeft voor de capaciteit. In de huidige praktijk wordt thans vaak volstaan met het geven van waarschuwingen aan piloten en vindt aanpassing van separatie/capaciteit maar beperkt plaats. Het is denkbaar dat het toenemen van extreme regenbuien in de toekomst aanleiding kan vormen het huidige beleid aan te passen.

### Grondafhandeling

Het optreden van hevige regenbuien heeft onder de huidige omstandigheden nog niet geleid tot merkbare problemen op de grondafhandeling. De afwateringsituatie van verharde oppervlakten van belang voor de grondafhandeling (taxibanen, platforms) is minder kritisch ten aanzien van het mogelijk optreden van plasvorming. Voor het aanwezige rioelstelsel onder deze verharde oppervlakten geldt dat, als onderdeel van een meerjarenprogramma, elke 5 à 10 jaar groot onderhoud of vervanging plaatsvindt van de bestaande systemen op een deel van het luchthaventerrein. Binnen de geldende procedures is er geen sprake van significante problemen bij de afwatering en deze worden in de toekomst ook niet voorzien.

### Infrastructuur/bedrijfsmiddelen

Voor de afwatering van start- en landingsbanen is door middel van het aanbrengen van een laag steenslag (anti-skid) voorzien in het creëren van voldoende stroefheid en een zekere waterberging. In combinatie met het gecreëerde afschot (1.5% op basis van een dakprofiel) wordt hiermee aan de huidige afwateringseisen voldaan. Met het toenemen van de intensiteit van regenbuien als gevolg van klimaatverandering zouden mogelijk aanvullende technische maatregelen moeten worden getroffen. Bepaalde gebouwen en faciliteiten op de luchthaven zijn in principe kwetsbaar voor het ontstaan van situaties van lokale wateroverlast door hevige regenval. Hierbij valt te denken aan het onderlopen van bepaalde vitale ruim-



ten (zoals bagagekelders) of kwetsbare voorzieningen (zoals schakelapparatuur en trafos die zich bevinden in verzonken putten lang de baan). Dit kan leiden tot problemen onder omstandigheden van hevige neerslag in combinatie met bepaalde beperkingen die zich in de lokale afwatering kunnen voordoen (door bijvoorbeeld een storing, een tijdelijke obstructie van het afwateringsysteem of een onderhoudssituatie). Verwacht moet worden dat de risico's van het optreden van dit soort problemen in de toekomst zullen toenemen.

### Effecten (extreme) hagelbuien

#### Start- en landingsoperaties

Het optreden van extreme (convectieve) hagelbuien is vooral een zomerverschijnsel. In principe kan dit leiden tot gladheid van start- en landingsbanen. Per definitie is het eventueel optreden van gladheid in die omstandigheden echter zeer tijdelijk. Onder de huidige klimaatcondities doen zich wat betreft dit verschijnsel geen problemen voor.

#### Grondafhandeling en infrastructuur/bedrijfsmiddelen

Het is denkbaar dat het optreden van heviger hagelbuien zou kunnen leiden tot het tijdelijk staken van de grondafhandeling. Bij toenemende zwaarte van buien in de toekomst kunnen bepaalde schade-effecten optreden (aan vliegtuigen, gebouwen, voorzieningen). Als schade door hagelstenen aan bijvoorbeeld vliegtuigvleugels zou ontstaan zouden voor vertrek inspecties of reparaties van vliegtuigen noodzakelijk kunnen worden hetgeen consequenties zou hebben voor de capaciteit van de grondafhandeling. Van directe schade door hagel aan vliegtuigen, gebouwen, voorzieningen zijn thans (vrijwel) geen meldingen bekend.

### Effecten onweer/bliksem

#### Start- en landingsoperaties

Het optreden van bliksem (als vrij lokaal verschijnsel) kan van invloed zijn op de baankeuze en daarmee op de capaciteit. Bij een toename van frequentie/omvang van convectieve buien zouden deze effecten kunnen toenemen.

#### Grondafhandeling en infrastructuur/bedrijfsmiddelen

Bij het optreden van bliksem binnen een afstand van 5 km van de luchthaven is een waarschuwing van kracht. Als de afstand kleiner wordt dan 3 km worden de buitenactiviteiten bij de grondafhandeling gestaakt. Het toenemen van de frequentie van dit soort situaties leidt tot een effect op de capaciteit van de grondafhandeling en tot een inkomstenreductie voor de luchthaven. Van significante schade door blikseminslag zijn geen meldingen bekend. De hiervoor beschikbare voorzieningen zijn kennelijk adequaat.

### Effecten winterse neerslag

#### Start- en landingsoperaties

Het optreden van winterse buien heeft een zeer groot effect op de beschikbaarheid van banen en baancombinaties. Bij een verwachting van winterse buien treedt een protocol in werking waarbij in overleg tussen AAS, LVNL, KLM en KNMI een inschatting wordt gemaakt van de verwachte hoeveelheden sneeuw en ijs (op grond van een voorspelling van duur/intensiteit). Vervolgens wordt vastgesteld in hoeverre de capaciteit onder de voorziene omstandigheden moet worden gereduceerd. Bij een verwachting van zware winterse buien treden procedures in werking om (via Eurocontrol) het aantal inkomende vluchten in de kritieke periode te beperken. Met de inzet van de beschikbare sneeuwplougen wordt vervolgens getracht de gewenste baancombinatie en de bijbehorende taxibanen zo goed mogelijk sneeuw- en ijsvrij te houden. Het streven is daarbij om te allen tijde minimaal 1 baan operationeel te houden.

#### Grondafhandeling

Voor het waarborgen van de doorstroomcapaciteit is het van belang dat voldoende vliegtuig opstel plaatsen (VOP) voor afhandeling bij de gate in bedrijf zijn en bereikbaar worden gehouden. Daarvoor is een aantal VOP sneeuwplougen beschikbaar. De insteek is daarbij dat de capaciteit van de grondafhandeling gelijke tred kan houden met de capaciteit van het baanstelsel. Het optreden van winterse condities met sneeuw of ijsvorming kan leiden tot de noodzaak van 'de-icing' van vliegtuigen. Daarbij worden vliegtuigen besproeid met een oplossing van glycol om ijsvorming op vitale delen van het vliegtuig (vleugels en staartvlak) te

verwijderen en/of voorkomen. Gegeven de beschikbare capaciteit (installaties, menskracht) kan dit leiden tot significante vertragingen. De reductie van de afhandelingscapaciteit kan tevens leiden tot het mislopen van omzet en daarmee tot een vermindering van inkomsten voor de luchthaven.

#### Infrastructuur/bedrijfsmiddelen

Met de inspanningen van de verschillende sneeuwpluogen gericht op het sneeuw- en ijsvrij houden van het baanstelsel, de taxibanen en de opstelplaatsen zijn de nodige kosten gemoeid. Hetzelfde geldt voor de uitvoering van de benodigde de-icing operaties.

Van het optreden van directe schades aan bedrijfsmiddelen zijn geen specifieke gegevens bekend. In het algemeen is er geen reden om te veronderstellen dat de kwetsbaarheid van bedrijfsmiddelen op Schiphol zich onderscheidt van andere bedrijfsterreinen en –processen.

#### Effecten temperatuur (perioden met lage of hoge temperaturen)

Als gevolg van het zich voordoen van perioden met min of meer extreem lage of hoge temperaturen kunnen verschillende effecten van toepassing zijn, te weten:

- Effecten bij perioden met lage temperatuur:
  - Vertragingen en kosten door de-icing.
  - Werkomstandigheden bij grondafhandeling.
  - Schade door vorst.
- Effecten bij perioden met hoge temperatuur:
  - Beperkingen draagvermogen/belading vliegtuigen.
  - Werkomstandigheden bij grondafhandeling.
  - Gevaar door bereiken vlamvlek vliegtuigbrandstof.
  - Koelbehoeften vliegtuigen aan gate.
  - Koelbehoeften gebouwen en werkruimten.
  - Directe schade aan bedrijfsmiddelen.
  - Negatieve beïnvloeding luchtkwaliteit.

#### Vertragingen en kosten door de-icing

Naast het optreden van winterse neerslag kan de noodzaak tot de-icing worden ingegeven door het optreden van lage grondtemperaturen in combinatie met luchtvochtigheid. Sterke afkoeling van de brandstof opgeslagen in de vleugels tijdens de vlucht kan hieraan bijdragen waardoor de nood-

zaak van de-icing zich ook kan voordoen bij grondtemperaturen boven nul. De noodzaak tot de-icing leidt tot mogelijk vertragingen en extra kosten. Overigens zou het toenemen van gemiddelde en min of meer extreme temperaturen als gevolg van klimaatverandering in dit verband een gunstig effect kunnen hebben.

#### Werkomstandigheden bij grondafhandeling

Wat betreft de werkomstandigheden bij de grondafhandeling onder lage temperatuur gelden thans geen beperkingen en zijn ook geen speciale voorzieningen van toepassing. Een toename van gemiddelde en extreem lage temperaturen zal dus niet leiden tot (significante) gunstige effecten.

#### Schade door vorst

Hiervoor geldt dat eventuele schades aan bedrijfsmiddelen door vorst niet specifiek zijn voor Schiphol en binnen de normale bedrijfsvoering worden ondervangen. Van een afname van gemiddelde en extreem lage temperaturen door klimaatverandering zijn dus geen (significante) gunstige effecten te verwachten.

#### Beperkingen draagvermogen/belading vliegtuigen

Het toenemen van de luchttemperatuur heeft invloed op de dichtheid van de lucht en daarmee op de ontwikkeling van het draagvermogen van vliegtuigen bij het opstijgen. Dit kan effecten hebben op de mate van belading en efficiëntie van het luchttransport, met name wat betreft de operatie van vrachtvliegtuigen. In de Amerikaanse literatuur (Transportation Research Board, 2008) wordt in dit verband melding gemaakt van een analyse van NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) waarbij zou zijn vastgesteld dat het verlies aan (vracht) laadvermogen voor een Boeing 747 in de zomermaanden (juni t/m augustus) voor de luchthavens van Denver en Phoenix resp. 17% en 9% zou bedragen onder invloed van verhoogde temperaturen in een scenario voor het jaar 2030. Overigens was de bron waarnaar in dit rapport wordt verwezen niet verder te traceren.



#### Werkomstandigheden bij grondafhandeling

Voor de werkomstandigheden bij de grondafhandeling onder hoge(re) temperatuur zijn thans geen specifieke omstandigheden gedefinieerd die tot beperkingen zouden leiden en zijn ook geen speciale voorzieningen van toepassing. Er is momenteel ook geen verwachting dat dit in de toekomst het geval zal zijn.

#### Gevaar door bereiken vlampunt vliegtuigbrandstof

In de literatuur (Transportation Research Board, 2012) wordt melding gemaakt van toenemende risico's op het bereiken van het vlampunt (mate van verdamping brandstof waarbij ontbranding zou kunnen plaatsvinden). De huidige (internationale) regels die voor het tanken van toepassing zijn voorzien in het afdekken van de relevante risico's. Als bepaalde risico's veranderen zouden deze regels moeten worden aangepast. Gezien het feit dat deze regels ook van toepassing zijn op plaatsen met hogere temperaturen dan ooit op Schiphol zouden optreden ligt het niet voor de hand dat dit voor Schiphol tot problemen zou leiden.

#### Koelbehoeften vliegtuigen aan gate

De opwarming van vliegtuigen in perioden met hoge temperaturen kan zeer snel verlopen (tot wel 1° per minuut) bij wachtende vliegtuigen met passagiers aan boord. In dat geval is koeling noodzakelijk. Voorheen werd dit vaak geregeld door gebruik te maken van (externe) diesel aangedreven koelaggregaten. Momenteel loopt er een programma voor de aanleg van elektrische aansluitingen voor het faciliteren van elektrisch gedreven externe koelvoorzieningen. Het voorzien in de elektrische aansluitingen is een zaak voor AAS. De koelvoorzieningen en koeling vormen onderdeel van het dienstenpakket van de afhandelaar. De kosten hiervan zouden als gevolg van een temperatuurstijging door klimaatverandering significant kunnen toenemen.

#### Koelbehoeften gebouwen en werkruimten

Door toenemende temperatuur zouden koelbehoeften en -kosten toenemen. Dit is echter een effect dat in het algemeen van toepassing is op bebouwd gebied en bedrijfsruimten en niet specifiek voor Schiphol.

#### Schade infrastructuur/bedrijfsmiddelen

Bij het optreden van hogere temperaturen kan (meer) schade ontstaan aan bedrijfsmiddelen door bijvoorbeeld vertering, veroudering, uitzetting, etc. Ook in dit geval geldt dat de mogelijke effecten niet specifiek zijn voor Schiphol. Bovendien moet worden verwacht dat deze zaken binnen gangbare onderhouds- en vervangingschema's (door technische ontwikkelingen en verbetering materialen) zouden worden onderhouden.

#### Negatieve beïnvloeding luchtkwaliteit

Toenemende temperaturen kunnen een negatief effect kunnen hebben op de luchtkwaliteit door ozonvorming. In dit verband geldt dat voor het handhaven van de luchtkwaliteit op de luchthaven aan wettelijke eisen wordt voldaan. Daarnaast wordt op grond van de huidige kwaliteit een verdere beperking van de directe uitstoot nagestreefd. Daartoe zijn inmiddels allerlei verbeteringen in gang gezet, zoals het uitbannen van diesel aangedreven aggregaten; het beperken van taxiën van vliegtuigen op de eigen (hoofd)motor (meer slepen van vliegtuigen of gebruik elektromotor in neuswiel); en het gebruik van duurzame energie (zonnepanelen). Verwacht mag worden dat deze verbeteringen een eventueel temperatuureffect op langere termijn ruimschoots zullen kunnen compenseren.

## 2.3 Effecten op het watersysteem van Luchthaven Schiphol

Het terrein van de Luchthaven Schiphol maakt deel uit van het watersysteem van de Haarlemmermeerpolder. Het totale luchthaventerrein heeft een oppervlakte van 2800 ha en beslaat ongeveer 15% van de oppervlakte van de Haarlemmeer. Klimaatverandering kan effect hebben op een aantal aspecten van (het beheer van) het watersysteem voor de Haarlemmeer als geheel, en specifiek voor Schiphol. Deze paragraaf gaat nader in op:

- 1) Watervoorziening Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol.
- 2) De afwaterings situatie van het luchthaventerrein.
- 3) Waterkwaliteit en afvalwaterbehandeling.

### 1) Watervoorziening Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol

De invloed van klimaatverandering op de watervoorziening wordt in principe bepaald door de verschillende mogelijke vormen van neerslag (bepalend voor wateraanbod) en parameters die medebepalend zijn voor de watervraag door (gas)verdamping (zoals temperatuur en wind). In de praktijk van de watervoorziening gaat het daarbij doorgaans om de beheersing van een aantal andere, daarvan afgeleide parameters, in ruimte en tijd, zoals waterstanden (oppervlaktewater en grondwaterpeilen in m), volumina ( $m^3$ ) en debieten ( $m^3/s$ ).

Het optreden van oppervlaktewatertekorten in de Haarlemmermeer, in de zin van het niet voldoen aan de behoeften voor peilbeheer, is nu en in de toekomst niet aan de orde. Dit gezien de potentieel grote gevolgen van het niet handhaven van oppervlaktewaterpeilen op de stabiliteit van waterkeringen, funderingen van gebouwen en andere infrastructuur. Mogelijk kunnen wel bepaalde beperkingen optreden in de waterbehoeften voor andere gebruiksvormen zoals doorspoeling en directe onttrekkingen door de landbouw. Als gevolg van klimaatverandering wordt in de zomer een beperkt effect verwacht op de optredende Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) in de zomer. Een studie van Deltares laat daarbij in het meest extreme scenario voor 2050 een maximaal effect zien van enige tientallen cm (Deltares, 2011). Dit zal slechts leiden tot een iets grotere fluctuatie van grondwaterstanden over zomer en winter. In de Haarlemmermeer is sprake van een zeer beperkte bodemdaling (in de orde van 10 tot 20 cm per eeuw) als gevolg van de doorgaande consolidatie van het kleipakket na de drooglegging. Gezien het in essentie handhaven van de gemiddelde oppervlakte- en grondwaterpeilen zullen ook in de verdere toekomst geen significante extra zettingen optreden.

Voor de watervoorziening van Schiphol vinden geen directe onttrekkingen plaats aan het oppervlaktewater- of grondwatersysteem van de Haarlemmermeer. De watervoorziening van de luchthaven vindt uitsluitend plaats via het drinkwaterleidingnet. In de huidige situatie gaat het daarbij om een jaarlijks verbruik in de orde van 1.3 miljoen  $m^3$ . Bevestigd is dat op het terrein van Schiphol in de huidige situatie geen problemen worden ondervonden door zettingen van verharde oppervlakten en infrastructuur. Omdat de huidige zettingen in de Haarlemmermeer door klimaatverandering niet of nauwelijks zullen toenemen worden dergelijke problemen ook in de verdere toekomst niet verwacht. Eventuele beperkte effecten van bodemdaling op start- en landingsbanen, taxibanen, wegen en overige verharde oppervlakten kunnen daarbij eenvoudig worden opgevangen in het reguliere onderhoud.

### 2) Afwaterings situatie van het luchthaventerrein

De afwaterings situatie wordt bepaald door de duur en intensiteit van de verschillende vormen van neerslag, en met name door de min of meer extreme condities die zich daarbij voordoen. Voor de afwatering van het luchthaventerrein, als onderdeel van het watersysteem van de Haarlemmermeer, staan verschillende gemalen ter beschikking, te weten het gemaal Bolstra aan de zuidoostkant (Ringvaart); het gemaal Noord (ten noorden van de Buitenveldertbaan); het gemaal Zuid aan de zuidpunt van de Zwanenburgbaan; en het gemaal Lijnden dat het water aan de noordoostzijde van de Hoofdvaart uitslaat naar de Ringvaart. Voor alle gemalen geldt dat ze beschikken over ruim voldoende (rest)capaciteit om in de huidige situatie en in de voorzienbare toekomst aan gestelde afwateringseisen te voldoen.

Voor de lokale afvoer en opvang van water worden eisen gesteld aan de verhoudingen tussen het open wateroppervlak en landoppervlak in verband met het waarborgen van voldoende buffercapaciteit voor de waterberging. Voor Schiphol worden echter beperkingen opgelegd aan het open wateroppervlak in de directe omgeving van de luchthaven in verband met de aantrekking van (water)voegels en het gevaar voor vogelaanvaringen. Met het Hoogheemraadschap Rijnland zijn afspraken





gemaakt over de te hanteren randvoorwaarden ten aanzien van de benodigde verhoudingen tussen (verhard/onverhard) landoppervlak en open water oppervlak (bergend vermogen). Op grond hiervan wordt een Berging Rekening Courant (BRC) bijgehouden. Gezien de van toepassing zijnde restricties zijn de mogelijkheden voor het uitbreiden van de waterberging door het uitbreiden van het open wateroppervlak echter beperkt. Als gevolg van klimaatverandering zullen in de (verdere) toekomst naar verwachting aanvullende maatregelen moeten worden getroffen om in de bergingsbehoefte te voorzien. Met het treffen van deze maatregelen zou de omvang van de benodigde investeringen op termijn aanzienlijk kunnen toenemen.

Een specifiek aandachtspunt heeft betrekking op de mogelijkheid van het ontstaan van lokale wateroverlast op het luchthaventerrein. Het potentieel meest kwetsbare punt is de diep onder het maaiveld liggende spoortunnelbak die fungeert als waterscheiding tussen het zuidoostelijke en noordwestelijke deel van het luchthaventerrein. Voor het onderlopen van de tunnelbuis door problemen met wateroverlast zijn voorzieningen getroffen die tot dusver adequaat zijn gebleken.

### 3) Waterkwaliteit en afvalwaterbehandeling

In de Haarlemmermeer is sprake van een verziltingsprobleem. De oorzaken daarvan zijn gelegen in de zoutbelasting door de kwelstromen vanuit het diepere, zoute grondwater en de mogelijke verzilting van de inlaatpunten van Rijnland's boezem (met name de inlaat bij Gouda). Mede als gevolg van klimaatverandering is de verwachting dat de verziltingsproblemen van zowel het oppervlakte- als grondwatersysteem in de toekomst significant kunnen toenemen. De effecten van een toename van de verzilting van het grondwater- en oppervlaktewatersysteem van de Haarlemmermeer zijn voor het functioneren van luchthaven Schiphol echter niet relevant.

Bij het optreden van winterse neerslag (sneeuw, hagel, ijzel), doorgaans in combinatie met lage temperaturen, is op de luchthaven Schiphol sprake van een aantal specifieke operaties die effect kunnen hebben op de waterkwaliteit van het wa-

tersysteem en daardoor bepaalde eisen stellen aan de afvalwaterbehandeling. Dit betreft:

- De de-icing van vliegtuigen door het besproeien met een oplossing van glycol.
- Het sneeuw/ijsvrij maken en de gladheidsbestrijding van vitale infrastructuur.

Bij deze operaties wordt gebruik gemaakt van middelen die volledig afbreekbaar zijn maar wel het watersysteem kunnen belasten. Deze belasting heeft voornamelijk betrekking op het biologisch en chemisch zuurstofverbruik.

Verreweg het grootste deel van de de-icing operaties vindt plaats onder volledig geïsoleerde omstandigheden waarbij het sproeiwater ter plaatse wordt opgevangen en via leidingen naar een afgedekte buffer wordt gepompt. Een beperkt deel van de de-icing vindt plaats bij de gates waar geen gesloten systeem beschikbaar is. Op die locaties wordt het restwater met zuigwagens opgenomen en eveneens naar de overdekte buffer afgevoerd. Vanuit de buffer wordt de vloeistof door een verwerkingsbedrijf met tankwagens afgevoerd en extern gezuiverd. Op grond van deze werkwijze is de schatting dat in de huidige situatie minimaal 80% van de gebruikte hoeveelheid glycol wordt opgevangen, hetgeen in de nabije toekomst naar verwachting nog verder zal worden verbeterd.

Voor het omgaan met winterse omstandigheden beschikt de luchthaven over uitgebreide voorzieningen voor het ruimen van sneeuw en ijs. De van de platforms verwijderde hoeveelheden sneeuw en ijs worden verzameld op tijdelijke stortplaatsen op het luchthaven-terrein. Vanaf deze stortplaatsen vindt externe afvoer plaats met vrachtwagens en verdere verwerking via stort in een baggerdepot en zuivering in een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Met het afvoeren van deze hoeveelheden sneeuw en ijs wordt bereikt dat vervuilende stoffen (zoals olie- en metaalresten, organische microverontreinigingen) van het luchthaventerrein worden verwijderd.

De gladheidsbestrijding vindt op dit moment plaats door het sproeien van een oplossing (op waterbasis) met het middel kaliumformiaat. Met het gebruik van dit middel is een spectaculaire verbetering bereikt van de belasting in termen van

biologisch en chemisch zuurstofverbruik. De inmiddels bereikte verbeteringen in de gladheidsbestrijding maken verdere maatregelen om de milieubelasting te beperken overbodig.

Wat betreft de waterkwaliteit van het oppervlaktewatersysteem op het luchthaventerrein vindt een voortdurende monitoring plaats. Op grond van de waargenomen ontwikkelingen is vastgesteld dat het aantal hotspots met incidentele waterkwaliteitsproblemen (gerelateerd aan beperkingen in het zuurstofgehalte) is afgenomen van 30 naar 4. Daarbij geldt dat de nog optredende problemen zeer beperkt en tijdelijk zijn. Indien deze problemen optreden kunnen ze door het treffen van doorspoelmaatregelen verder worden beperkt of opgelost.

Voor het overige waterverbruik op de luchthaven geldt dat het afvalwater wordt afgevoerd naar een RWZI in beheer van Evides. Een nieuwe ontwikkeling is dat het zuiveringsproces in deze RWZI wordt aangepast op het terugwinnen van fosfaat, waardoor de belasting van het oppervlaktewater in de omgeving van Schiphol verder wordt gereduceerd.

## 2.4 Effecten op overstromingsveiligheid

Voor overstromingsgevoelige gebieden wordt de overstromingsveiligheid bepaald door de hydraulische belasting (door waterstanden en golven) van primaire en regionale waterkeringen. Waterstanden worden o.a. bepaald door waterafvoeren en zeespiegelstijging, die worden beïnvloed door veranderingen in neerslag en temperatuur. De golfbelasting is met name afhankelijk van (veranderingen in) het windklimaat. Verschillende aspecten van klimaatverandering kunnen dus leiden tot het toenemen van de hydraulische belasting en de maatgevende waterstanden waarop het ontwerp van keringen is gebaseerd.

De Luchthaven Schiphol bevindt zich in de Haarlemmermeerpolder welke onderdeel uitmaakt van dijkkring 14 (Zuid-Holland). Voor de primaire kerin-

gen van deze dijkkring geldt momenteel de hoogste veiligheidsnorm zoals thans voor de primaire keringen in Nederland gehanteerd (een veiligheidsnorm van 1/10.000 jaar gebaseerd op de overschrijdingskans van de maatgevende hoogwaterstand). De Haarlemmermeerpolder wordt omsloten door een regionale kering (de Ringvaartkade) voor de kering van het water uit Rijnland's boezem. Ook voor deze regionale kering is de op dit moment hoogst mogelijke veiligheidsklasse (klasse V) van toepassing. Hiervoor geldt een overschrijdingskans van 1/1000 per jaar.

Voor een aantal overstromingssituaties door het bezwijken van de primaire waterkering geldt dat zij bedreigend kunnen zijn voor de Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol. Dit is bijvoorbeeld het geval indien een bres zou optreden in de waterkering van de Noordzeekust tussen Katwijk en IJmuiden. Uit beschikbare berekeningen blijkt dat de regionale kering rond de Haarlemmermeer (de Ringvaartkade) in principe werkt als een 'schild' dat overstroming van de Haarlemmermeer zou kunnen voorkomen. Wel zouden door het overlopen van de kade na enige tijd (beperkte) lokale overstromingen kunnen ontstaan. Een omvangrijke overstroming van de Haarlemmermeer zou echter alleen optreden indien als gevolg van het optreden van de 'primaire' overstroming ook de Ringvaartkade op een of meer plaatsen bezwijkt. De cruciale vraag is of de standzekerheid van de regionale kering is gewaarborgd bij de belastingsituaties die door het bezwijken van de primaire kering kunnen ontstaan.

Op grond van de huidige normen zijn de kansen op het optreden van een overstroming van de Haarlemmermeer door het bezwijken van de regionale kering (Ringvaartkade) groter dan door het bezwijken van een primaire waterkering. In geval van een bres in de Ringvaartkade wordt de omvang van de overstroming echter beperkt door het beschikbare watervolume in de boezem. De kansen op het optreden van een overstroming van luchthaven Schiphol zijn sterk afhankelijk van de locatie van een eventuele bres. Er zijn verschillende scenario's denkbaar die tot overstroming van een deel van de luchthaven kunnen leiden. De optredende overstromingsdiepten zijn daarbij in het algemeen niet groter dan 0,5 m.



Uit het bovenstaande blijkt dat een overstroming die een deel van Schiphol zou kunnen treffen niet kan worden uitgesloten. De optredende overstromingsdiepten zijn naar verwachting beperkt. De kans op het optreden van slachtoffers op de luchthaven is daarom klein, maar gezien de belangen die zijn gemoeid met het functioneren van Mainport Schiphol kan een dergelijke gebeurtenis zeer grote economische en maatschappelijke consequenties hebben. De gevolgen voor de internationale vervoerstromen en de regionale en nationale economie van het uitvallen van een dergelijk vitaal knooppunt zijn moeilijk te kwantificeren. Voor het tot uitdrukking brengen van dit soort schade-effecten zijn de thans gehanteerde benaderingen voor het vaststellen van de schade door overstroming dan ook niet toereikend.

Dit roept de vraag op of er wat betreft de overstromingsveiligheid van de regionale keringen rond het luchthaventerrein sprake is van een optimale situatie. Gezien de grote potentiële economische schade is het denkbaar dat de verwachte schade die samenhangt met de huidige en toekomstige veiligheidsniveaus door het treffen van aanvullende maatregelen op een kosteneffectieve wijze kan worden gereduceerd.

## 2.5 Screening van effecten

Een samenvattend overzicht en beoordeling van de mogelijke effecten is gegeven in Tabel 1. De beide eerste kolommen van deze tabel geven een omschrijving van de beschouwde effecten (kolom 2) in samenhang met de weerparameters die daarbij van toepassing zijn (kolom 1). In de beschouwde effecten is een onderverdeling aangebracht volgens de hoofdindeling naar: (1) luchthavenoperaties; (2) waterhuishoudingsstelsel; en (3) overstromingsveiligheid, zoals die ook bij de voorgaande inventarisatie en effectbeschrijving is gehanteerd. Bij de luchthavenoperaties wordt afzonderlijk gekeken naar de mogelijke effecten van alle relevante weerparameters. Bij de mogelijke effecten op het waterhuishoudingsstelsel wordt onderscheid gemaakt naar de aspecten: watervoorziening; afwaterings situatie; en waterkwaliteit/afvalwaterbehandeling. Voor deze zaken is

een aantal verschillende weerparameters van toepassing (zoals de verschillende vormen van neerslag, temperatuur en extreme regenval). Effecten met betrekking tot waterkwaliteit en afvalwaterbehandeling zijn voornamelijk gekoppeld aan de wijze waarop met de beheersing van de effecten van winterse neerslag wordt omgegaan. De belangrijkste weerparameters die van belang zijn voor de overstromingsveiligheid zijn wind en neerslag, en met name de hieruit afgeleide condities met betrekking tot (rivier)afvoeren, waterstanden en golven.

In de kolommen 3 t/m 5 zijn de effecten nader geaduid in termen van hun invloed op:

- Capaciteit en vertragingen start- en landingsoperaties.
- Capaciteit en vertragingen grondafhandeling (platformoperaties).
- Schade en kosten infrastructuur en bedrijfsmiddelen.






Mogelijk relevante effecten zijn aangeduid met een kleurencode (beige, groen, geel of oranje). In de met grijs aangeduide vakken zijn geen effecten van toepassing.

In de laatste kolom is een aanduiding gegeven van de mogelijkheden om op grond van de thans beschikbare kennis en informatie iets te kunnen zeggen over de toekomstige ontwikkelingen van de relevante weerparameters als gevolg van klimaatverandering. Voor een aantal parameters (wind, zicht) is dit niet of nauwelijks het geval. Voor een aantal andere (regenval, temperatuur) bestaat een redelijk kwantitatief beeld van de mogelijke ontwikkelingen. Voor de overige weerparameters zijn er bepaalde indicaties over de veranderingsrichting. Voor de parameters met betrekking tot de winterse neerslag geldt daarbij dat er sprake is van een aantal uiteenlopende indicaties, zodat nog niet direct een beeld van de resulterende veranderingsrichting ontstaat.

Tabel 1 Overzicht en duiding potentiële effecten klimaatverandering Mainport Schiphol

Weerparameters	Omschrijving effecten	Effecten van invloed op			Kennis/informatie over verwachte veranderingen relevante weerparameters
		Capaciteit en vertragingen start- en landingsoperaties	Capaciteit en vertragingen grondafhandeling (platformoperaties)	Schade en kosten infrastructuur en bedrijfsmiddelen	
<b>(1) Luchthavenoperaties</b>					
Windcondities	(1a) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Niet, nauwelijks
	(1b) Beperkingen grondafhandeling bij stormcondities				
	(1c) Schade en beheerkosten bij stormcondities				
Zichtcondities (mist, wolken)	(1d) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Niet, nauwelijks
	(1e) Beperkingen grondafhandeling (grondverkeer)				
(Extreme) regenval	(1f) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Kwantitatieve informatie over mogelijke veranderingen
	(1g) Beperkingen grondafhandeling				
	(1h) Effecten en kosten maatregelen lokale wateroverlast				
(Extreme) hagelbuien	(1i) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Indicaties over veranderingsrichting
	(1j) Beperkingen grondafhandeling				
	(1k) Schade door hagelstenen				
Onweer/bliksem	(1l) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Indicaties over veranderingsrichting
	(1m) Beperkingen grondafhandeling				
	(1n) Schade door blikseminslag				
Winterse neerslag (sneeuw/ijs)	(1o) Beperkingen gebruik start/landingsbanen				Uiteenlopende indicaties over veranderingsrichting
	(1p) Beperkingen grondafhandeling				
	(1q) Kosten beheersing overlast sneeuwval en ijsvorming				
Lage temperaturen	(1r) Vertragingen en kosten de-icing *)				Kwantitatieve informatie over mogelijke veranderingen
	(1s) Werkomstandigheden bij grondafhandeling				
	(1t) Schade door vorst				
Hoge temperaturen	(1u) Beperkingen draagvermogen/belading vliegtuigen				
	(1v) Werkomstandigheden bij grondafhandeling				
	(1w) Gevaar door bereiken vlamptuigbrandstof				
	(1x) Koelbehoeften vliegtuigen aan gate				
	(1y) Koelbehoeften gebouwen en werkruimten				
	(1z) Directe schade aan infrastructuur en bedrijfsmiddelen				
	Negatieve beïnvloeding luchtkwaliteit				
<b>(2) Waterhuishoudingsstelsel</b>					
Neerslag (alle vormen), temperatuur, wind	(2a) Watervoorziening				Kwantitatieve informatie over mogelijke veranderingen
(Extreme) neerslag	(2b) Afwateringsituatie				
Winterse neerslag, temperatuur	(2c) Waterkwaliteit en afvalwaterbehandeling				Indicaties over veranderingsrichting
<b>(3) Overstromingsveiligheid</b>					
Wind, neerslag (alle vormen), temperatuur	(3a) Effecten overstromingen op operaties en schade/kosten				Indicaties over veranderingsrichting

\*) Noodzaak de-icing mede als gevolg van optreden winterse neerslag

	Geen effecten van toepassing
	Geen significant effect of beperkt effect dat op grond van huidige kennis/informatie niet verder kan worden geduid of gekwantificeerd
	Mogelijke effecten meer algemeen van toepassing (niet specifiek voor Schiphol) of te ondervangen binnen reguliere ontwikkelingen bedrijfsvoering
	Effecten potentieel van groot belang maar met huidige kennis/informatie nog niet vast te stellen
	Effecten potentieel van belang en mogelijk nader te beschrijven of uit te werken



Op grond van de bevindingen zoals die in de vorige hoofdstukken zijn beschreven is door middel van de genoemde kleurencode een onderscheid gemaakt naar de mogelijke effecten en de verder te nemen actie in de volgende vier categorieën:

1. Code beige: er is geen sprake van een significant effect of slechts van een beperkt effect dat op grond van de huidige kennis/informatie niet verder kan worden geduid of gekwantificeerd. Verdere actie: geen.
2. Code groen: de mogelijke effecten zijn meer algemeen van toepassing (niet specifiek voor Schiphol), dan wel op relatief eenvoudige wijze te ondervangen binnen reguliere ontwikkelingen van de bedrijfsvoering. Verdere actie: geen.
3. Code geel: de effecten zijn potentieel van groot belang maar met de huidige kennis/informatie nog niet vast te stellen. Verdere actie: nagaan van mogelijkheden om op deze effecten te anticiperen.
4. Code oranje: de effecten zijn potentieel van belang en moeten zo mogelijk nader moeten worden beschreven of uitgewerkt. Verdere actie: nagaan mogelijkheden voor verdere uitwerking in de zin van duiding, kwantificering of onderbouwing.

Het volgende beschrijft de effecten binnen de verschillende categorieën.

#### Effecten code beige

- (1b) Effecten stormcondities op capaciteit/vertraging grondafhandeling.
- (1c) Effecten stormcondities op schade/kosten infrastructuur/bedrijfsmiddelen.
- (1e) Effecten zichtcondities op capaciteit/vertraging grondafhandeling.
- (1g) Effecten regenval/extreme buien op capaciteit/vertraging grondafhandeling.
- (1i) Effecten extreme hagelbuien op capaciteit/vertraging start- en landingsoperaties.
- (1s) Effecten lage temperaturen op werkomstandigheden bij grondafhandeling.
- (1v) Effecten hoge temperaturen op werkomstandigheden bij grondafhandeling.
- (1w) Effecten hoge temperaturen op bereiken vlammpunt vliegtuigbrandstof.

Voor de effecten 1b en 1c geldt dat bepaalde beheermaatregelen als gevolg van het optreden van

stormcondities (zoals het met de kop in de wind plaatsen van vliegtuigen) aanleiding kunnen geven tot vertragingen in de grondafhandeling en kosten. Deze effecten zijn beperkt en onzeker omdat de mogelijke veranderingen in de windcondities onduidelijk zijn. Slecht-zicht condities kunnen leiden tot beperkingen voor het grondverkeer (effect 1e). Deze effecten zijn echter beperkt omdat ze door het gebruik van grondradar en transponders kunnen worden beheerst. Bovendien is het niet aannemelijk dat in de toekomst een toename van slecht-zicht condities zou optreden. Voor de overige effecten (1g, 1i, 1s, 1v en 1w) geldt dat ze tot dusver niet of nauwelijks relevant zijn gebleken en dat ook bij klimaatverandering geen significante effecten worden verwacht.

#### Effecten code groen

- (1k) Effecten extreme hagelbuien op schade/kosten infrastructuur/bedrijfsmiddelen.
- (1n) Effecten onweer/bliksem op schade/kosten infrastructuur/bedrijfsmiddelen.
- (1t) Schade door vorst op infrastructuur/bedrijfsmiddelen.
- (1y) Effecten van hoge temperaturen op koelbehoeften gebouwen en werkruimten.
- (1z) Effecten van hoge temperaturen op directe schade aan infrastructuur/bedrijfsmiddelen.
- (2a) Effecten van neerslag/temperatuur op de watervoorziening.

Voor de effecten 1k en 1n geldt dat van het optreden van schade onder de huidige omstandigheden niet is gebleken. Bij het optreden van mogelijke schade in de toekomst zullen naar verwachting de nodige voorzieningen worden getroffen (zoals het aanpassen van verzekeringen, het verbeteren van de 'hagelbestendigheid' of het treffen van extra maatregelen voor bliksembeveiliging). In dit opzicht onderscheidt Schiphol zich ook niet van andere bedrijfssituaties of bebouwde omgevingen. Een uitzondering hierop is het optreden van mogelijke hagelschade bij geparkeerde vliegtuigen. Voor zover dit kan leiden tot vertragingen in de grondafhandeling wordt dit aspect beschouwd in effect 1m (code oranje). De directe kosteneffecten van het optreden van hagelschade aan vliegtuigen worden daarbij gezien als een normaal risico dat in de bedrijfsvoering van de luchtvaartmaatschappijen door een verzekering moet wor-

den afgedekt. Ook voor de effecten 1t, 1y en 1z geldt dat ze als niet specifiek voor Schiphol worden beschouwd en binnen de reguliere bedrijfsvoering zouden moeten worden opgevangen. Een potentieel effect met betrekking tot de watervoorziening (2a) is het eventuele optreden van peildalingen in het oppervlakte- en grondwatersysteem en het ontstaan van mogelijke effecten door zettingen. Vastgesteld is dat hier geen grote veranderingen zullen optreden en dat zich geen effecten zullen voordoen die niet binnen normale onderhouds- en vervangingsschema's kunnen worden opgelost.

Een specifiek geval is de mogelijke negatieve invloed van hogere temperaturen op de luchtkwaliteit door ozonvorming. Deze is niet zozeer van belang voor het functioneren van de luchthaven zelf maar op de kwaliteit van de leefomgeving van Schiphol. In dit geval geldt dat de invloed van stijgende temperaturen op de bijdrage van Schiphol aan de luchtvervuiling naar verwachting wordt gecompenseerd door de (verdere) beperking van emissies zoals die binnen de reguliere ontwikkeling van de activiteiten op Schiphol is voorzien.

#### Effecten code geel

Code geel is van toepassing op een tweetal effecten, te weten de mogelijke effecten van de verandering van windcondities op capaciteit/vertraging start- en landingsoperaties (effect 1a) en de mogelijke effecten daarop van de verandering van zichtcondities (effect 1d). In beide gevallen gaat het om potentieel grote effecten indien zich als gevolg van klimaatverandering inderdaad een structurele verandering van deze condities zou voordoen. Naast een directe invloed op de capaciteit van het baanstelsel, en daarmee op de totale capaciteit van de luchthaven, kunnen dergelijke veranderingen ook effecten hebben op de geluidsbelasting van de omgeving en de mogelijkheden om te voldoen aan de restricties die door de beleidsmatig vastgestelde geluidsc contouren worden opgelegd. Op grond van de huidige kennis en informatie kunnen over de toekomstige ontwikkeling van deze weerparameters thans geen concrete uitspraken worden gedaan. Zowel gunstige als ongunstige trendmatige ontwikkelingen kunnen niet worden uitgesloten, maar het is ook mogelijk

dat zich ook op langere termijn geen significante veranderingen zullen voordoen. Gezien de potentieel grote consequenties van eventuele trendmatige veranderingen roept dit de vraag op hoe op grond van de voorziene kennisontwikkeling zo goed mogelijk op dergelijke veranderingen kan worden geanticipeerd.

#### Effecten code oranje

- (1f) Effecten extreme regenval op capaciteit/vertraging start- en landingsoperaties.
- (1h) Effecten en kosten maatregelen lokale wateroverlast.
- (1j) Effecten extreme hagelbuien op capaciteit/vertraging grondafhandeling.
- (1l) Effecten onweer/bliksem op capaciteit/vertraging start- en landingsoperaties.
- (1m) Effecten onweer/bliksem op capaciteit/vertraging grondafhandeling.
- (1o) Effecten winterse neerslag op capaciteit/vertraging start- en landingsoperaties.
- (1p) Effecten winterse neerslag op capaciteit/vertraging grondafhandeling.
- (1q) Effecten winterse neerslag op kosten beheersing overlast sneeuwval en ijsvorming.
- (1r) Effecten van de-icing als gevolg van lage temperaturen en winterse neerslag op capaciteit/vertraging grondafhandeling en kosten en inzet bedrijfsmiddelen.
- (1u) Effecten hoge temperaturen op draagvermogen/belading vliegtuigen.
- (1x) Effecten hoge temperaturen op (kosten) koelbehoeften vliegtuigen aan gate.
- (2b) Effecten van extreme neerslag op kosten waterhuishoudkundige aanpassingen en voorzieningen ten behoeve van afwatering.
- (2c) Effecten van winterse neerslag en temperatuur op kosten de-icing, gladheidsbestrijding en verwerking winterse neerslag uit oogpunt van beheersing waterkwaliteit.
- (3a) Effecten van overstromingen op operaties en schade/kosten.

Bij de bovengenoemde effecten gaat het in alle gevallen om (potentieel) significante effecten als gevolg van veranderingen in weerparameters waarvoor in ieder geval bepaalde indicaties bestaan voor de richting waarin deze veranderingen kunnen plaatsvinden. De concreetheid van deze informatie kan echter sterk verschillend zijn.



Er zijn aanwijzingen dat de effecten samenhangend met weersverschijnselen zoals extreme regenval, hagelbuien of onweer/bliksem (effecten 1f, 1h, 1j, 1l, 1m) zouden kunnen toenemen als gevolg van een toename van de convectieve buiactiviteit. Voor een aantal van de mogelijke effecten daarvan zal de significantie echter nog verder moeten worden vastgesteld/onderbouwd. De effecten van mogelijke veranderingen in winterse neerslag (1o, 1p, 1q, mede in relatie tot 1r) zijn potentieel groot, maar het is de vraag of hier iets over de aard van de mogelijke veranderingen kan worden gezegd omdat er verschillende indicaties zijn die in verschillende richtingen wijzen (enerzijds een toename van de temperatuur, anderzijds een toename van de hoeveelheid winterse neerslag). Vrij concrete informatie is beschikbaar over de mogelijke verhoging van de temperatuur, maar ook in dit geval moet het belang van de mogelijke effecten van temperatuurverhoging nader worden vastgesteld (effecten 1u en 1x).

Wat betreft het effect 2b (waterhuishouding – afwaterings situatie) gaat het vooral om de kosten van aanvullende aanpassingen om te voldoen aan de eisen die worden gesteld aan de capaciteit van afwateringsvoorzieningen en benodigde waterberging. Effect 2c (waterhuishouding – waterkwaliteit en afvalwaterbehandeling) heeft met name betrekking op de kosten voor het beperken van de belasting van het oppervlaktewater door middelen die worden gebruikt voor de-icing en gladheidsbestrijding en voor de afvoer en verwerking van vervuilde ijs/sneeuwresten.

Voor het waarborgen van de overstromingsveiligheid van de Haarlemmermeer en Schiphol (3a) gelden op dit moment de hoogste veiligheidsnormen, zowel voor wat betreft het bezwijken van de primaire als de regionale keringen. Toch kan het optreden van een overstroming die (een deel van) de luchthaven Schiphol zal treffen niet worden uitgesloten. De schade en economische gevolgen van een dergelijke overstroming zijn naar verwachting zeer groot. In het kader van de in dit jaar te nemen Deltabeslissingen vindt thans de voorbereiding plaats van een nieuw systeem van waterveiligheidsnormen voor de primaire waterkeringen, gebaseerd op een risicobenadering. In deze benadering worden de kansen op, en de gevolgen

van, overstromingen expliciet beschouwd. De te hanteren normen zullen daarbij worden uitgedrukt in termen van overstromingskansen. Op grond van het huidige en voorziene beleid zullen de veiligheidsnormen te allen tijde worden gehandhaafd, ook bij verandering van de hydraulische randvoorwaarden (waterstanden, golfopzet en golfbelasting) als gevolg van de invloed van klimaatverandering. Praktisch gesproken betekent dit dat de toekomstige kansen op het optreden van een overstroming niet zouden worden beïnvloed door klimaatverandering. Bezien vanuit de mogelijke gevolgen is een dergelijke invloed er wel. Bij een toename van de kritische waterstanden die het optreden van een overstromingsgebeurtenis bepalen zal de overstromingsdiepte toenemen, en daarmee de verwachte schade en het verwachte aantal slachtoffers, ook al blijven de overstromingskansen gelijk.

Ten aanzien van de huidige en toekomstige overstromingsveiligheid van Schiphol roept het bovenstaande diverse vragen op, zoals:

- Hoe is het gesteld met de huidige kwetsbaarheid voor overstroming van de luchthaven (in termen van de mogelijke schade en economische gevolgen)?
- Zijn de huidige veiligheidsnormen in overeenstemming met de mogelijke gevolgen van een overstroming van (een deel van) de luchthaven?
- Wat zijn de consequenties van de nieuwe normstelling die voor de primaire keringen zullen worden vastgesteld en van de effecten van klimaatverandering, met name bezien vanuit de eisen die aan de regionale keringen zouden moeten worden gesteld?
- In hoeverre is het mogelijk om de overstromingsrisico's voor Schiphol op kosteneffectieve wijze te beperken?

In verband met deze vragen is het zinvol de situatie betreffende de huidige en toekomstige overstromingsveiligheid van Schiphol nader te beschouwen.

In de hoofdstukken 3 t/m 5 vindt een uitwerking plaats van de effecten die in Tabel 1 zijn aangemerkt als code geel en oranje. Bij deze uitwerking wordt rekening gehouden met de structurering van effecten zoals gehanteerd in Tabel 1 en met

de logische samenhang die tussen bepaalde deeleffecten bestaat. De uitwerking wordt gebaseerd op de hoofdindeling:

1. Effecten op luchthavenoperaties.
2. Effecten op het waterhuishoudingsstelsel.
3. Effecten op de overstromingsveiligheid.

Onder de effecten op luchthavenoperaties worden de volgende typen effecten beschouwd:

- Invloed van veranderingen in wind- en zichtcondities op langere termijn: de effecten die zijn aangemerkt als code geel, te weten de effecten van verandering wind- en zichtcondities op capaciteit en vertraging start- en landingsoperaties (deeleffecten 1a en 1d).
- Effecten van convectieve buien: de effecten die zijn aangemerkt als code oranje, voor zover betrekking hebbend op het optreden van extreme (veelal zomerse) buien als gevolg van veranderingen in convectieve activiteit (regenval, hagelbuien en onweer/bliksem). Dit betreft de deeleffecten 1f, 1h, 1j, 1l en 1m.
- Effecten van winterse omstandigheden: de beperkingen in het gebruik van start- en landingsbanen en platformoperaties en de beheerskosten gekoppeld aan winterse buien (sneeuw en ijsvorming) en lage temperaturen (inclusief de effecten van de-icing). Dit heeft betrekking op de deeleffecten 1o, 1p, 1q en 1r. Tevens worden in dit onderdeel beschouwd de kosten van het waterkwaliteitsbeheer gekoppeld aan het verwijderen van sneeuw en ijs van de platforms en het gebruik van glycol voor de-icing (deeleffect 2c).
- Effecten van hogere temperaturen: de mogelijke beperkingen in draagvermogen/belading van (vracht)vliegtuigen (deeleffect 1u) en de effecten op de koelbehoeften van (passagiers)vliegtuigen aan de gate (deeleffect 1x).

De nader te beschouwen effecten op het waterhuishoudingsstelsel hebben uitsluitend betrekking op de mogelijke aanpassing van de afwatersituatie en benodigde waterbuffers als gevolg van de toename van (extreme) neerslag (deeleffect 2b). Gezien de logische samenhang wordt deeleffect 2c (waterkwaliteit en afvalwaterbehandeling) daarbij dus beschouwd bij de uitwerking van de effecten van winterse omstandigheden.

Binnen het onderdeel overstromingsveiligheid vindt een nadere beschouwing plaats van de omvang, ontwikkeling en mogelijke verdere beperking van het overstromingsrisico van de Haarlemmermeer en de Luchthaven Schiphol.





# 3

## Uitwerking effecten op luchthavenoperaties



### 3.1 Invloed veranderingen wind- en zichtcondities

#### Belang wind- en zichtcondities voor uitvoering start en landingsoperaties

De heersende condities betreffende wind en zicht vormen de belangrijkste bepalende factoren voor de uitvoering van de start- en landingsoperaties. Aan het gebruik van de banen worden strikte eisen gesteld ten aanzien van de maximaal toelaatbare windsnelheden voor dwarswind en rugwind. Onder normale omstandigheden zijn de hiervoor geldende kritische drempelwaarden resp. 20 en 7 kts<sup>2</sup>. Op grond van de verwachte windcondities wordt door LVNL een dagplanning gemaakt voor het baangebruik. Vanwege de restricties die aan de geluidsbelasting worden gesteld is er een voorkeur voor het gebruik van de banen die in noord-zuid richting zijn georiënteerd (Polderbaan, Zwanenburgbaan en Kaagbaan), zodat het minst over bebouwd gebied wordt gevlogen. Gezien de overheersende windrichtingen zijn dit echter ook de banen die het meest gevoelig zijn voor beperkingen door wind. Gegeven de omvang van het dagelijks aantal af te wikkelen vliegbewegingen staat de capaciteit van de luchthaven daardoor voortdurend onder druk.

Wat betreft de zichtomstandigheden worden vier fasen van beperkt zicht onderscheiden. De belangrijkste maat hiervoor is de 'Runway Visible Range', die is uitgedrukt in een afstand (m) waarover het licht van een lichtbron met 95% is afgenomen. Daarnaast spelen condities van laaghangende bewolking (afstand van maaiveld tot wolkenbasis) een rol. Onder optimale omstandigheden geldt voor Schiphol een maximale capaciteit van het baanstelsel van 106-110 vliegbewegingen (starts en landingen) per uur. Bij toenemende zichtbeperking treedt een (sterke) afname op van deze capaciteit, die voornamelijk wordt bepaald door het aanhouden van een grotere separatie bij de start/landingsoperaties (afstand in tijd/ruimte tussen opeenvolgende vliegbewegingen en vliegtuigen) en beperkingen in de mogelijkheden voor het gebruik van bepaalde

baancombinaties (bij slecht zicht geen convergerende, maar uitsluitend parallelle baancombinaties). Voor de verschillende beperkt-zicht fasen zijn richtgetallen voor de capaciteit van het baanstelsel beschikbaar. Bij de meest ongunstige zichtcondities loopt de capaciteit daarbij terug tot een derde van de maximale capaciteit.

Op grond van de informatie over de actuele en verwachte weersomstandigheden worden dagelijkse capaciteitsprognoses opgesteld voor perioden van 6 tot 24 uur. Bij de toewijzing van baancombinaties wordt daarbij in principe getracht te voorkomen dat tijdens inbound en outbound pieken in de verkeersdruk van gebruikte baancombinatie moet worden gewisseld. Voor de jaarlijkse operationele planning van het baanstelsel en voor de capaciteitsplanning over langere perioden wordt door AAS gebruik gemaakt van het model DAISY. Gegeven een beschrijving van de weersomstandigheden (wind –en zichtcondities) en het verkeersaanbod op uurbasis voor een geheel jaar kan met dit model de volledige afwikkeling van vluchten over het baanstelsel op jaarbasis en de consequenties voor de geluidsbelasting worden bepaald.

#### Recente ontwikkelingen in de ondersteuning van start- en landingsoperaties

De wens tot het zo goed mogelijk ondersteunen van het proces van baantoewijzing en capaciteitsplanning leidt tot een grote urgentie om te kunnen beschikken over eerdere en betere voorspellingen van veranderingen in met name wind- en zichtcondities. Dit komt tot uitdrukking in het accent dat in het klimaatonderzoek binnen de luchtvaartmeteorologie wordt gelegd op de mogelijkheden om de korte termijn verwachtingen voor de lokale weersomstandigheden op grond van beschikbare waarnemingen en weermodellen te verbeteren. In de deelonderzoeken die binnen het onderzoeksprogramma KvK zijn uitgevoerd is ook bij deze ontwikkelingen aangesloten.

De kern van de ontwikkeling en toepassing van nieuwe mogelijkheden en technieken wordt gevormd door het gedetailleerde weermodel HARMONIE. Met dit nieuwe-generatie, niet-hydrostatische weermodel kunnen de relevante weerprocessen op meer realistische wijze en op

<sup>2</sup> Windsnelheden worden in dit verband gemeten in knopen (knots) waarbij 1 knoop gelijk is aan 1 (zee)mijl per uur, hetgeen overeenkomt met ongeveer 0,5 m/s



veel kleinere tijd- en ruimteschalen worden beschreven, hetgeen leidt tot een aanzienlijke verbetering van het detail- en kwaliteitsniveau van de resultaten. De ontwikkeling van het model vormt onderdeel van een langjarig traject waarin door 26 landen wordt samengewerkt. Het model is sinds eind 2011 operationeel bij KNMI en wordt inmiddels ook standaard ingezet voor het bepalen van de dagelijkse (48 uur) weersverwachtingen. Het model kent een flexibele ruimtelijke resolutie. In horizontale zin wordt doorgaans gewerkt met een grid van 2,5 bij 2,5 km, maar ook hogere resoluties (tot 0,5 bij 0,5 km) kunnen worden gehanteerd. In verticale zin worden de coördinaten van de ruimtelijke cellen gedefinieerd in termen van hydrostatische druk. Op grond hiervan is in de onderste lagen van de verticaal (de zone met de meest actieve weersverschijnselen) sprake van een hoge(re) ruimtelijke resolutie. Voor het toepassingsgebied wordt doorgaans uitgegaan van een gebied van 2000 bij 2000 km<sup>2</sup>, op termijn uit te breiden tot geheel Europa. Ook bij het gebruik voor meer lokale toepassingen (zoals voor Schiphol) wordt echter uitgegaan van een aanzienlijk gebied (bijvoorbeeld minimaal 700 bij 700 km<sup>2</sup>) om de verplaatsing van druksystemen en de weersomstandigheden op de verschillende aanvliegeroutes adequaat te kunnen beschrijven.

Het weermodel HARMONIE speelt inmiddels al een belangrijke rol in het zogenoemde 'collaborate decision making' (CDM) proces voor de dagelijkse capaciteitsplanning. Dit is een gezamenlijk proces van alle belangrijke luchthavenpartijen (AAS, LVNL en KLM) met ondersteuning door KNMI. Voor dit doel wordt door KNMI een meteoroloog (de zogenoemde Meteorologisch Adviseur Schiphol of MAS) beschikbaar gemaakt. De MAS is ook semi-permanent op Schiphol gestationeerd (fysiek aanwezig in het geval de verwachte weersomstandigheden dat vereisen). De basis van de korte termijn weersverwachting wordt gevormd door de gedetailleerde resultaten van HARMONIE op de ruimte- en tijdschalen die relevant zijn voor Schiphol. Op deze resultaten zijn bepaalde nabewerkingen van toepassing in de zin van diagnostiek (bepalen van kritische weerparameters die niet direct uit de weermodellen komen); fysische nabewerking (bijvoorbeeld het bepalen van windgegevens op baanniveau); en een statistische na-

bewerking om te komen tot een kansverwachting. Vervolgens wordt een koppeling worden gemaakt met de systemen en procedures van AAS, LVNL en KLM om tot een operationele capaciteitsplanning te komen. Op dit moment is nog sprake van een aantal lopende onderzoeken die zijn gericht op de verdere ontwikkeling en toetsing van de gebruiksmogelijkheden van het model HARMONIE voor de ondersteuning van de luchthavenoperaties. De verwachting is dat HARMONIE medio 2015 geheel operationeel zal zijn voor de ondersteuning van het CDM proces.

### Anticiperen op mogelijke toekomstige effecten van klimaatverandering

Het windklimaat op de Noordzee en in Nederland is van nature zeer variabel. Voor zover met de huidige klimaatmodellen veranderingen van het windklimaat als gevolg van klimaatverandering kunnen worden berekend zijn die klein ten opzichte van de natuurlijke variabiliteit. Er zijn enige aanwijzingen dat een lichte verschuiving van de windrichtingsverdeling naar meer westelijke winden zou kunnen optreden, maar ook deze verschuiving is klein. De huidige resultaten geven dus geen duidelijke signalen van trendmatige veranderingen van de (gemiddelde) wind. Over de mogelijke effecten van klimaatverandering op de ontwikkeling van het windklimaat op langere termijn kunnen op basis van de huidige klimaatmodellen daarom nog geen concrete uitspraken worden gedaan.

Evenmin zijn met de huidige klimaatmodellen lange termijn trends af te leiden over de mogelijke toekomstige verandering van zichtcondities. Op grond van historische gegevens is over de afgelopen 30 jaar wel een zeer significante vermindering van de frequentie van het optreden van slecht-zicht condities vastgesteld als gevolg van de verbetering van de luchtkwaliteit in de laatste decennia. Mede op grond hiervan is het niet aanemelijk dat de zichtcondities in de toekomst structureel zullen verslechteren. Wel is er in dit verband een aantal aandachtspunten. Een eerste punt is dat de frequentie van het optreden van slecht-zicht condities mede kan worden beïnvloed door het toenemen van convectieve buiactiviteit in de toekomst. Een tweede punt heeft betrekking op de ontwikkeling van de hydrologie van de

bodem in verband met de invloed van mogelijke veranderingen in het aanwezige wateroppervlak en bodemvochtcondities op mistvorming.

Wat betreft het windklimaat is het denkbaar dat op langere termijn bepaalde veranderingen kunnen optreden, bijvoorbeeld door verschuivingen in de jetstream (bepalend voor de trekrichting van depressies) of door veranderingen in het optreden van blokkades boven het continent. Naast de gemiddelde wind zijn daarbij ook van belang de mogelijke veranderingen in het lokale windklimaat als gevolg van een toename van convectieve buien. Gezien de mogelijke effecten van dergelijke veranderingen is het van belang dat de ontwikkelingen op dat gebied nauwlettend worden gevolgd. Structurele veranderingen in het wind- en/of zichtklimaat kunnen grote gevolgen hebben voor de gebruiksmogelijkheden van het baanstelsel. Bepaalde ongunstige ontwikkelingen zouden op termijn kunnen leiden tot de noodzaak om de capaciteit van het baanstelsel uit te breiden. Gezien de doorlooptijden die met de voorbereiding en uitvoering van grootschalige infrastructurale ingrepen zijn gemoeid is het essentieel dat vroegtijdig op dergelijke ontwikkelingen kan worden ingespeeld.

Het bovenstaande leidt tot de vraag hoe op de mogelijke effecten van eventuele toekomstige veranderingen van wind- en zichtcondities op baangebruik en –capaciteit kan worden geanticipeerd. Mogelijkheden daartoe kunnen worden gevonden in de logische voortzetting van de lopende technologische ontwikkelingen. Daarbij gelden de volgende stappen:

- Signaleren van mogelijke toekomstige, grootschalige trends.
- Vertalen gevolgen van deze trends voor lokale en gedetailleerde weersomstandigheden.
- Bepalen mogelijke effecten op gebruik en capaciteit baanstelsel.

Door beperkingen in de huidige klimaatmodellen kunnen voor bepaalde weersverschijnselen nog geen uitspraken over eventuele trendmatige veranderingen worden gedaan. Op grond van voortschrijdende kennis- en modelontwikkelingen is de verwachting dat de potenties en betrouwbaarheid van de beschikbare klimaatmodellen in de

toekomst zullen toenemen. Parallel aan de verdere modelontwikkelingen zullen de kennis en inzichten over mogelijke veranderingen van de klimatologie worden vergroot op grond van de continue monitoring, processing en analyse van meteorologische gegevens. Indien er sprake zou zijn van significante trends zullen die na verloop van tijd dus zeker worden waargenomen. Door alert te blijven op de mogelijkheden die door de technische ontwikkelingen worden geboden kunnen eventuele trends zo snel mogelijk worden gesignaleerd.

Gegeven een situatie dat bepaalde trends in het windklimaat kunnen worden vastgesteld zouden met de beschikbare klimaatmodellen nadere uitspraken kunnen worden gedaan over de omvang van bepaalde trendmatige verschuivingen en de kansen op het optreden van bepaalde extreme condities. Hiervoor kan worden gedacht aan het uitvoeren van Monte Carlo achtige analyses. Binnen vastgestelde trends en condities op het niveau van de klimaatmodellen kunnen vervolgens meer specifieke beschrijvingen worden gemaakt van gedetailleerde toekomstige weerbeelden (aan te duiden als "future weather" scenario's), met gebruikmaking van geavanceerde weermodellen met hoge resolutie in ruimte en tijd (zoals HARMONIE). De beschrijving van dergelijke weerbeelden volgens het future weather concept vormt een uitwerking van de wijze waarop globale trends in weersituaties of -condities zich in ruimte/tijd manifesteren op de resolutieniveaus die bepalend zijn voor de uitvoering van luchthavenoperaties. Hiermee wordt voorzien in de mogelijkheid om de variabiliteit van het huidige weer in een toekomstige situatie (binnen vastgestelde trends van klimaatverandering) te projecteren. Door de keuze van een bepaalde representatieve periode (enkele maanden tot een jaar) en een maatgevende situatie (gemiddeld, of min of meer extreem) kan daarmee een basis worden gecreëerd voor verdere effectbepaling.

Voor deze effectbepaling kan gebruik worden gemaakt van bestaande en meer specifieke hulpmiddelen zoals bijvoorbeeld het model DAISY dat thans door AAS wordt gebruikt voor de jaarlijkse operationele planning. Een dergelijke planning is gebaseerd op een gedetailleerde beschrijving van



de wind- en zichtcondities (op uurbasis) en de daaruit voortvloeiende gebruikte baancombinatie voor elk uur van het jaar. Gegeven een hieruit afgeleide frequentieverdeling van de gebruikte baancombinaties (op uurbasis) en het aantal vluchten per uur wordt voor elk uur van het jaar een verdeling van de vluchten over de banen bepaald. Op grond van deze berekeningen kan vervolgens ook een prognose van de geluidsbelasting voor een toekomstige periode (5 of 10 jaar) worden opgesteld. Voor het huidige gebruik van DAISY wordt thans nog uitsluitend uitgegaan van historische jaargegevens over de wind- en zichtcondities. Het is denkbaar dat de resultaten van DAISY berekeningen voor een future weather scenario, waarin bepaalde toekomstige trendmatige ontwikkelingen betreffende de wind en zichtcondities tot uitdrukking zijn gebracht, worden vergeleken met de berekeningsresultaten onder de huidige klimaatcondities. Door het beschouwen en vergelijken van de resultaten voor een aantal verschillende representatieve jaren (in de zin van de wind/zicht karakteristieken) zouden vervolgens inzichten kunnen worden verkregen in de gevolgen van bepaalde trendmatige veranderingen in de wind en zicht omstandigheden op de jaarlijkse operationele planning, de geluidsbelasting en de eventueel optredende capaciteitsproblemen.

Het bovenstaande schetst een beeld van een conceptuele aanpak die in het verlengde ligt van de huidige technische ontwikkelingen. Met nadruk wordt gesteld dat het hier gaat om toepassingen die in ontwikkeling zijn en met de thans beschikbare middelen nog niet kunnen worden gerealiseerd. In die zin gaat het slechts om een denkrichting die aangeeft hoe de verdere voortzetting van het proces van adaptief management vorm zou kunnen krijgen als zich bepaalde trends in de klimatologie van wind (of zicht) zouden manifesteren.

### 3.2 Effecten van convectieve buien

Een aantal min of meer extreme weersomstandigheden dat zich met name onder zomerse omstandigheden kan voordoen hangt samen met het optreden van convectieve (temperatuur gedreven) buien waarbij sprake is van een sterke verticale dynamiek in de verplaatsing van luchtlagen. Het optreden van deze buien kan o.a. gepaard gaan met extreme neerslag (regen, hagel), onweer/bliksem en zware windstoten. Daarnaast kunnen zichtbeperkingen optreden. Er zijn sterke aanwijzingen dat de frequentie en intensiteit van dergelijke convectieve buien in een toekomstig, warmer klimaat zullen toenemen. Het volgende geeft een beschrijving van de mogelijke effecten en een nadere interpretatie van het belang van convectieve buien. Hierbij wordt niet verder ingegaan op de effecten van wind en zicht die samenhangen met het ontstaan van convectieve buien. Voor een beschrijving van het omgaan met wind- en zichtcondities wordt verwezen naar par. 3.1.

#### Overzicht en duiding van mogelijke effecten

Op grond van de screening in Hoofdstuk 2 zijn als mogelijk relevante effecten onderkend:

- (Extreme) regenval: beperkingen in gebruik start/landingsbanen; effecten en kosten maatregelen lokale wateroverlast.
- (Extreme) hagelbuien: beperkingen grondafhandeling
- Onweer/bliksem: beperkingen gebruik start/landingsbanen en grondafhandeling.

Situaties met hevige, extreme regenval zijn van invloed op de stroefheid van de baan, met name indien er sprake is van het ontstaan van plassen ('standing water') op de baan. Dit leidt tot een beperking van de remcapaciteit ('braking action'), hetgeen op verschillende wijzen van invloed kan zijn op het baangebruik en de baan capaciteit. Daarnaast kan extreme regenval leiden tot lokale wateroverlast en schade aan kwetsbare gebouwen en voorzieningen. Als gevolg van klimaatverandering moet een toename van de duur/frequentie van situaties met extreme regenval worden verwacht, en daarmee ook een toename van de

potentiële effecten. In principe kan een toename van deze effecten worden voorkomen of beperkt door het treffen van bepaalde technische maatregelen.

Het optreden van extreme hagelbuien kan op twee verschillende wijzen invloed hebben op de capaciteit van de grondafhandeling. Een eerste effect kan zijn dat de platformoperaties (het werken in de open lucht) gedurende extreme buien tijdelijk zou moeten worden gestaakt. Een tweede effect zou kunnen zijn dat schade ontstaat aan vliegtuigen die aanleiding geeft tot vertragingen in de grondafhandeling van vliegtuigen (door de noodzaak van inspecties en eventuele reparaties). Bij de gesprekken die met diverse partijen zijn gevoerd zijn geen bekende ervaringen gemeld van het staken van de grondafhandeling door hagel, en in de literatuur en op Internet zijn daarover evenmin concrete aanwijzingen te vinden. De conclusie is dat dit kennelijk niet of nauwelijks optreedt, dan wel door de korte duur van dergelijke buien niet tot significante effecten leidt. Het optreden van schade aan vliegtuigen aan de grond door extreme hagel wordt in de beschikbare literatuur niet expliciet als effect van klimaatverandering gesignaleerd. Op Internet zijn echter diverse berichten te vinden over zware hagelbuien die tot schade aan geparkeerde vliegtuigen hebben geleid, en ook tot aanzienlijke vertragingen. In mei 2009 is als gevolg van een heftige (zeer lokale) hagelbui op Schiphol een tiental vliegtuigen van Transavia beschadigd. De noodzakelijke inspecties en reparaties hebben in dit geval ook tot daadwerkelijke vertragingen geleid. Het effect lijkt op zich dus relevant. Over de kans op voorkomen van een dergelijke situatie op grond van de huidige weerstatistiek is echter geen concrete informatie beschikbaar. Evenmin zijn op grond van de beschikbare klimaatscenario's duidelijke uitspraken te doen over de verandering van de mogelijke kansen op het optreden van dergelijke effecten in de toekomst.

Het optreden van bliksem leidt in potentie tot beperkingen in het gebruik van start/landingsbanen en in de grondafhandeling. Verwachtingen van bliksem en het voorkomen van bliksem is geen directe overweging bij het vaststellen van het baan-gebruik en ook geen reden om het baangebruik

als geheel te staken. Wel kunnen zich effecten voordoen op de baantoewijzing door het optreden van convectieve buien, waar bliksem een onderdeel van kan vormen. Ingevolge de huidige richtlijnen worden bij waargenomen bliksem op korte afstand van de luchthaven de platformoperaties tijdelijk gestaakt. Van de duur/frequentie van deze effecten bestaat in de huidige situatie geen goed beeld. Naar verwachting gaat het vanwege de geringe tijdsduren om een beperkt effect.

Voor de mogelijke effecten van convectieve buien in de zin van hagel en bliksem geldt dus in het algemeen dat geen kwantitatieve inschattingen mogelijk zijn. Een aantal effecten lijkt daarbij niet of minder relevant (zoals het effect van hagel op grondafhandeling of het effect van bliksem op baantoewijzing). Over andere effecten zijn gezien de gebrekkige informatie over frequentie, duur en intensiteit van de achterliggende weersverschijnselen voor zowel de huidige situatie als voor de toekomstige klimaatscenario's geen duidelijke uitspraken te doen. Naar verwachting is het effect van bliksem op de grondafhandeling vrij beperkt. Ook de kans op het optreden van schade aan vliegtuigen op de grond door extreme hagel is waarschijnlijk zeer klein, maar hier geldt wel dat de effecten van vertragingen in de grondafhandeling door inspecties/reparaties potentieel groot kunnen zijn. Gezien de mogelijke toename van de kans op het optreden van onweer en (extreme) hagel door klimaatverandering vormen deze mogelijk effecten dus wel een aandachtspunt.

Wat betreft de frequentie, duur en intensiteit van extreme regenbuien bestaat wel een redelijk goed beeld van de historische en huidige situatie op grond van een langjarige en gedetailleerde serie waarnemingen. Bovendien kunnen op grond van de beschikbare klimaatscenario's bepaalde kwantitatieve uitspraken worden gedaan over de mogelijke toekomstige ontwikkelingen. Op de mogelijke effecten van (veranderingen in) het optreden van extreme regenbuien wordt in het navolgende meer specifiek ingegaan.

#### Nadere uitwerking mogelijke effecten van extreme regenval

Gegeven de voor de start- en landingsbanen van toepassing zijnde ontwerpnormen ontstaan bij



hevige regenval min of meer ernstige problemen ('standing water' op de baan) bij een intensiteit van 8 mm/uur gedurende een periode groter dan 15 minuten. In het syntheserapport Klimaatbestendig Schiphol van het KNMI (Kattenberg, A. et al, 2013) is een beeld geschetst van de overschrijdingsfrequentie van buiduren en intensiteiten voor Schiphol op basis van beschikbare metingen in de periode 1951-2010. Op grond van de huidige statistiek geldt voor de gemiddelde jaarlijkse frequentie van buiduren met een intensiteit  $\geq 8$  mm/uur globaal het volgende beeld:

- Buiduur 15 minuten: meer dan 10 maal per jaar.
- Buiduur 30 minuten: 10 maal per jaar.
- Buiduur 60 minuten: 2 tot 5 maal per jaar.
- Buiduur 2 uur: 1 maal per jaar.

Van de verschillende beschikbare KNMI klimaatscenario's laat het scenario 'W' de grootste toename zien van de toekomstige verwachte regenval. Voor het scenario W voor het jaar 2050 blijkt de neerslaghoeveelheid (in mm) voor korte buiduren (in de orde van 1 uur) met ruim 20% toe te nemen. Indien zou worden uitgegaan van een toename van 20% zou de gemiddelde jaarlijkse frequentie van de bovenstaande kritieke buiduren met een factor 1.5 tot 2 toenemen. Onder het meest ongunstige scenario W zouden dus ook de door de extreme regenval ondervonden beperkingen in het baangebruik in principe met 50% tot 100% kunnen toenemen.

In het geval van overvloedige regenval (en met name het ontstaan van plassen op de baan) treden beperkingen op in de 'braking action' als gevolg van verminderde baanstroefheid. Door Luchthaven Schiphol worden bij hevige regenval metingen uitgevoerd van de stroefheid van de banen en de gevolgen voor de braking action. De luchtverkeersleiding (LVNL) wordt hierover vervolgens geïnformeerd. Voor wat betreft de braking action wordt een aantal condities (in termen van 'good', 'medium' en 'poor') onderscheiden die van invloed zijn op de maximaal toelaatbare windsnelheden (voor dwars- en rugwind). Aldus leiden beperkingen in de braking action tot beperkingen in het gebruik van preferente banen en baancombinaties en de daarmee samenhangende capaciteit. Een ander effect is dat een verminderde braking action effecten heeft op de verblijftijd van

het vliegtuig op de baan (Runway Occupancy Time) omdat in verband met de grotere remweg een langer stuk van de baan moet worden gebruikt. Als de baan minder snel kan worden vrij gemaakt moet ook de separatie bij de nadering groter worden; dit leidt tot een groter landingsinterval en een lagere capaciteit.

Afhankelijk van de mate, de duur en het tijdstip van de optredende bui kunnen dus zeker bepaalde effecten op de baancapaciteit ontstaan. De meest ongunstige situatie doet zich voor indien een combinatie van hevige regenval en ongunstige windcondities zou leiden tot het tijdelijke uitsluiten van een van de banen in de op dat moment gehanteerde baancombinatie. In de Voorschriften Dienst Luchtverkeersleiding (VDV) worden echter geen waarden gegeven voor capaciteitsaanpassing op basis van beperkingen in braking action. De aanpassingen die in dergelijke gevallen plaatsvinden worden gedaan op basis van expert judgement van de verkeersleider. Het is wat betreft deze effecten dus niet goed mogelijk om expliciete uitspraken over de omvang van de mogelijke capaciteitsbeperkingen te doen.

Indien de hinder die van het optreden van dergelijke situaties wordt ondervonden in de toekomst zou toenemen is de vraag aan de orde of het handhaven van de gewenste baancondities door eventuele technische ingrepen zou kunnen worden bewerkstelligd. In het huidige baanontwerp is in dit verband sprake van een tweetal voorzieningen. Voor het bereiken van een adequate afwatering is in de dwarsdoorsnede van het baanprofiel een 'afschot' aangebracht met een helling van 1.5% in de vorm van een dakprofiel (dus vanuit het midden van de baan). Daarnaast is de baan afgewerkt met een zogenoemde anti-skid laag bestaande uit een scherpe steenslag. Deze laag dient enerzijds voor het waarborgen van de stroefheid van de baan; anderzijds is daardoor in de top-laag sprake van een zekere buffer voor de opvang van water (alvorens plasvorming zou optreden).

Maatregelen die in principe kunnen worden overwogen hebben betrekking op het aanpassen van het dwarsprofiel, dan wel van de anti-skid laag. De mate van afschot zoals thans op Schiphol gehanteerd (1.5%) vormt de bovengrens van de normen

zoals die in internationale afspraken (in ICAO-verband) zijn vastgesteld. Grotere hellingen kunnen gevolgen hebben voor de koersvastheid en stabiliteit van vliegtuigen op de baan bij hogere snelheden. Verruiming van deze waarden is dus in principe niet mogelijk (en kunnen in ieder geval niet eigenmachtig door individuele luchthavens worden ingevoerd). Wat betreft de kenmerken van de anti-skid laag zoals thans gehanteerd zijn al veel concessies aan de gewenste stroefheid gedaan. Hier is een afweging in het geding tussen de bandenslijtage die optreedt bij touch down en het afremmen van het vliegtuig op de baan. Een vergroting van de ruwheid zou in dit verband op grote bezwaren stuiten. Naast de bovengenoemde beperkingen zouden eventuele technische ingrepen ook leiden tot potentieel grote kostenconsequenties.

De conclusie is dat bij het huidige ontwerp van het baanstelsel op Schiphol al zeer hoge eisen betreffende de afwatering en stroefheid van toepassing zijn. Verdere technische aanpassingen in die richting zijn binnen de huidige context praktisch gezien niet haalbaar en lijken ook op grond van een afweging van kosten en effecten niet aantrekkelijk. Dit geldt in ieder geval voor de huidige situatie, waarbij de ondervonden hinder door overvloedige regenval kennelijk nog nauwelijks als beperkend wordt ervaren. Met het oog op de toekomstige ontwikkelingen is het van belang om de veranderingen van duur/frequentie en intensiteit van extreme regenbuien goed te monitoren. Indien een aantoonbare toename van deze verschijnselen zou optreden moet worden overwogen om de richtlijnen ten aanzien van de aanpassingen van de baancapaciteit meer expliciet te formuleren en eventueel aan te scherpen. Afhankelijk van verdere technische ontwikkelingen kan op dat moment ook worden bezien of bepaalde aanpassingen aan het ontwerp en/of het onderhoudsregime van de start/landingsbanen opportuun zijn.

Met het oog op de mogelijke effecten van lokale wateroverlast op kwetsbare gebouwen en voorzieningen is het denkbaar dat bepaalde aanpassingen plaatsvinden om het optreden van (schade door) wateroverlast te voorkomen. Hiervoor is een scala van mogelijke aanpassingen denkbaar die sterk afhangen van de specifieke kenmerken van

de gebouwen/voorzieningen en de lokale omstandigheden. Hier ligt ook een belangrijke relatie met de mogelijke maatregelen ter verkleining van de overstromingsrisico's door het treffen van adaptieve maatregelen waarmee schade door overstroming wordt voorkomen of beperkt. In dit verband wordt verder verwezen naar Hoofdstuk 5 van dit rapport.

### Nadere interpretatie belang van convectieve buien

Op grond van het voorgaande blijkt dat er in het algemeen weinig te zeggen is van de specifieke effecten van de verschillende weersverschijnselen die met convectieve buien gepaard kunnen gaan. Belangrijke redenen daarvoor zijn gelegen in de variabiliteit en onvoorspelbaarheid van het optreden van convectieve buien en in de vrij beperkte tijdsduren van het zich voordoen van dergelijke situaties (vaak korter dan een uur). Een ander punt is dat bij het optreden van convectieve buien doorgaans een combinatie van weersinvloeden van toepassing is. Door het min of meer gelijktijdig optreden van een aantal ongunstige factoren (neerslag, bliksem, wind, zicht) kunnen de effecten van de verschillende weersverschijnselen moeilijk afzonderlijk worden vastgesteld.

Dit leidt tot de vraag in hoeverre het zinvol is om rekening te houden met het optreden van afzonderlijke weersinvloeden als gevolg van convectieve buiactiviteit. Veeleer lijkt het van belang om voor de vaststelling van de mogelijke effecten uit te gaan van het optreden van convectieve buien als samenhangend verschijnsel. Zowel bij piloten als bij de verkeersleiding is er een sterke behoefte om dit soort buien te ontwijken. Voor piloten kan dit aanleiding zijn om bij nadering van de luchthaven af te wijken van aangewezen routes (na terugkoppeling op de verkeersleiding). In die zin is er dus een belangrijke invloed van het optreden van lokale buien op de actuele baantoewijzing bij start- en landingsoperaties. Daarbij geldt de aantekening dat de vrijheidsgraden voor de aanpassing van te gebruiken landingsbanen snel afnemen naarmate de landingsprocedure verder is gevorderd. Mede als gevolg van de verschillende baanrichtingen die bij het baanstelsel van Schiphol aan de orde zijn kan niet even snel worden gewisseld van aanvliegeroute.



Wat betreft de vluchtoperaties in de toekomst is er een duidelijke tendens naar het steeds meer automatiseren van het vluchtplan (baangebruik en planning van aankomsttijden). Dit hangt ook samen met de overgang naar de continuous descent approach (CDA), die is gericht op het beperken van de geluidsbelasting en het brandstofverbruik tijdens de nadering. De insteek is hierbij dat de te gebruiken baancombinaties worden vastgelegd voor minimaal de perioden die samenhangen met de dagelijkse 'inbound' en 'outbound' pieken in het aanbod van vliegtuigen en dat aanvliegroutes voorafgaand aan de overgang op het ILS (Instrument Landing System) steeds meer 'achterwaarts' worden vastgelegd. Voorzien is dat de overgang naar een dergelijk systeem in de toekomst geleidelijk zal worden geïmplementeerd. Het langer vooraf kunnen beschikken over (meer) nauwkeurige informatie over de wind- en zichtverwachtingen voor een bepaalde periode vormt hiervoor een belangrijke randvoorwaarde.

Een belangrijke constatering in dit verband is dat een toename van frequentie en intensiteit van convectieve buien als gevolg van klimaatverandering in de toekomst kan leiden tot conflicten met de huidige ontwikkelingen betreffende de automatisering van vluchtplannen. Dit als gevolg van het feit dat de invloeden van convectieve buien, die worden gekenmerkt door het dynamische en lokale karakter, in hoge mate verstoring zouden kunnen werken op de voor een bepaalde periode vastgestelde vluchtoperaties en vluchtroutes. De variabiliteit en onvoorspelbaarheid van convectieve buien versterken dit conflict. Het belang om te kunnen beschikken over goede en tijdige weersverwachtingen neemt daardoor verder toe.

Op grond van voortschrijdende ontwikkelingen in kennis en modeltechnieken, met name het gebruik van weermodellen met een grotere resolutie in ruimte en tijd zoals HARMONIE, kunnen naar verwachting nauwkeuriger uitspraken worden gedaan over het wel of niet optreden van kritieke omstandigheden die kunnen leiden tot het ontstaan van convectieve buien binnen bepaalde gebieden en tijdvensters. Het verbeteren van de mogelijkheden om met voldoende nauwkeurigheid het ontstaan van convectieve buien vooraf te kunnen uitsluiten kan daarbij al een belangrijke stap

voorwaarts betekenen. In situaties waarin het optreden van convectie buien niet kan worden uitgesloten blijft de onvoorspelbaarheid van de lokale weersverschijnselen nadrukkelijk aan de orde. In principe geldt hierbij dat geen deterministische beschrijving van dergelijke verschijnselen mogelijk is voordat deze zich feitelijk manifesteren en kunnen worden waargenomen. Wat betreft deze mogelijkheden zou dus moeten worden ingezet op het eerder signaleren van het ontstaan van buien en het verbeteren van de mogelijkheden voor het maken van interpretaties van het verdere verloop van de paden en ontwikkelingen van concreet waargenomen buien. Dit onderstreept het belang van de aanwezigheid van en samenwerking met de Meteorologisch Adviseur Schiphol (MAS) voor het ondersteunen van te maken interpretaties voor de (korte termijn) verwachtingen bij het zich voordoen van bijzondere weersituaties.

### 3.3 Effecten van winterse omstandigheden

#### Beschrijving effecten

Het optreden van winterse buien (sneeuw, hagel, ijsvorming) heeft een potentieel groot effect op luchthavenoperaties, zowel wat betreft de beschikbaarheid en het gebruik van de start- en landingsbanen en taxibanen, als de platforms en opstelplaatsen bij de gates. Daarnaast kan het optreden van winterse condities aanleiding geven tot de noodzaak van de-icing (het sneeuw- en ijsvrij maken van vliegtuigen, dan wel het voorkomen van sneeuw- en ijsvorming op vliegtuigen). In relatie tot het voorkomen van winterse omstandigheden wordt daarom onderscheid gemaakt naar de volgende effecttypen:

- 1) Kosten en vertragingen samenhangend met het gebruik van banen en platforms.
- 2) Kosten en vertragingen samenhangend met de uitvoering van de-icing.

#### 1) Kosten en vertragingen samenhangend met het gebruik van banen en platforms

De luchthaven Schiphol beschikt over uitgebreide voorzieningen (in de zin van mensen en appara-

tuur) voor het ruimen van sneeuw en ijs en de bestrijding van gladheid in geval van het optreden van winterse condities die leiden tot sneeuw- en ijsvorming op banen en platforms. Voor de banen is er sprake van 2 ploegen die simultaan en complementair werken. De eerste ploeg is continu bezig op de start- en landingsbanen. De tweede ploeg op de exit- en rijbanen. Deze ploegen zijn erop gericht om sneeuw en ijs te verwijderen en de gladheid te bestrijden door het sproeien van het dooimiddel kaliumformiaat. Een volledige ploeg beschikt daartoe over een vloot van specifieke apparatuur zoals sneeuwschuivers (met bezem achter en 'blowers'); afzonderlijke blowers; en sproeiwagens (met boomsproeier) die op een brede strook (tot een breedte van 15 m) kunnen opereren.

Voor het sneeuw- en ijsvrij maken van de platforms en opstelplaatsen worden veegwagens en sneeuwschuivers gebruikt. Sneeuw en ijs worden daarbij verzameld op tijdelijke stortplaatsen op het luchthaventerrein. Vanaf deze stortplaatsen vindt externe afvoer plaats met vrachtwagens en verdere verwerking/zuivering via stort in een depot en zuivering in een rioolwaterzuiveringsinstallatie. Met het afvoeren van sneeuw en ijs wordt tevens bereikt dat vervuilende stoffen (olie- en metaalresten, organische microverontreinigingen) van het luchthaventerrein worden verwijderd. Naast het verwijderen van sneeuw en ijs wordt ook op de platforms kaliumformiaat gesproeid. In dit geval wordt daarbij gebruik gemaakt van een ander type sproeiers (de zogenoemde werpsproeiers).

Met de inzet van de ploegen en vloten voor het ruimen van sneeuw en ijs en de gladheidsbestrijding zijn aanzienlijke kosten gemoeid. Daarnaast kunnen beperkingen optreden in de beschikbare baancapaciteit die leiden tot vertragingen. In principe treden geen vertragingen op indien drie of meer start- en landingsbanen beschikbaar kunnen worden gehouden. Bij het optreden van sneeuwbuien van langere duur is dit niet mogelijk en kan de beschikbare capaciteit gedurende kortere of langere tijd afnemen tot 2 banen of 1 baan (en in zeer extreme gevallen zelfs tot het tijdelijk sluiten van de luchthaven als geheel). Indien een verwachting bestaat van serieuze winterse buien

treedt een protocol in werking waarbij in overleg tussen LVNL, AAS en KNMI een inschatting wordt gemaakt van de verwachte sneeuwduur en -hoeveelheden. Vervolgens wordt vastgesteld in hoeverre de capaciteit onder de voorziene omstandigheden zou moeten worden gereduceerd. Bij ernstige verwachte capaciteitsbeperkingen worden procedures in werking gezet om (via Eurocontrol en in overleg met KLM) het aantal inkomende vluchten in de kritieke periode te beperken.

## 2) Kosten en vertragingen samenhangend met de uitvoering van de-icing

Er zijn diverse redenen waarom de-icing noodzakelijk kan zijn. Naast het optreden van winterse condities (ijzel, sneeuw) kan er sprake zijn van het optreden van lage grondtemperaturen in combinatie met luchtvochtigheid. Door de mogelijke sterke afkoeling van de brandstof opgeslagen in de vleugels kan dit in principe ook voorkomen bij grondtemperaturen boven nul. Het grootste deel van de de-icing operaties vindt plaats op speciale de-icing platforms onder geïsoleerde omstandigheden. Daarbij wordt het vliegtuig gesproeid met een oplossing van glycol. Het sproeiwater wordt ter plaatse opgevangen en via leidingen naar een afgedekte buffer gepompt. Een beperkt deel van de de-icing wordt uitgevoerd bij de gates op plaatsen waarvoor geen gesloten systeem beschikbaar is. In die gevallen worden operationele maatregelen getroffen om te voorkomen dat het sproeiwater wegloopt (tijdelijke sluiting van afvoergoten). Vervolgens wordt het restwater met zuigwagens opgenomen en eveneens naar de overdekte buffer afgevoerd. Vanuit de buffer wordt de vloeistof door een verwerkingsbedrijf met tankwagens afgevoerd en extern gezuiverd.

Met de uitvoering van de de-icing zijn aanzienlijke kosten gemoeid. Tevens leidt de uitvoering van de-icing tot een vergroting van de afhandelings-tijd. Afhankelijk van de capaciteit van de beschikbare de-icing opstellingen kan dit tijdens de drukere perioden bovendien leiden tot vertragingen door wachttijden voor de de-icing behandeling.



## Hoofdpijnen methode kwantitatieve effectbepaling

Voor de verdere uitwerking van de mogelijke effecten van het optreden van winterse condities is in de huidige visieontwikkeling een aanzet gegeven voor een operationele methode waarmee een kwantificering van de gevolgen van klimaatverandering wordt mogelijk gemaakt. Het volgende geeft hiervan een korte beschrijving. Voor een meer gedetailleerde beschrijving en illustratieve toepassing wordt verder verwezen naar Bijlage 2 bij dit rapport: "Methode voor bepalen effecten van winterse condities".

De hoofdlijn van aanpak bij de effectbepaling bestaat uit de volgende stappen:

- 1) Vaststellen aard en duur/frequentie van relevante winterse omstandigheden ('buien').
- 2) Vaststellen frequentieverdeling optreden 'buiduren' winterse condities binnen het etmaal.
- 3) Bepalen van kosten en vertragingseffecten.

### 1) Duur/frequentie van relevante winterse omstandigheden

Voor het bepalen van de effecten van winterse condities is het van belang om inzicht te krijgen in de aard en duur/frequentie van de omstandigheden die aanleiding kunnen geven tot het optreden van problemen (in het algemeen aan te duiden met het begrip "bui"). Deze informatie is gewenst in de vorm van de jaarlijkse frequenties van voorkomende discrete "buiduren". Een dergelijk 'frequentieprofiel' van buiduren kan worden gehanteerd voor gemiddelde of min of meer extreme jaren binnen een nader gedefinieerde historische tijdserie of een vastgesteld klimaatscenario.

Wat betreft de effecten van winterse condities op het gebruik van banen en platforms gaat het in de eerste plaats om het optreden van sneeuwbuien die zich in verschillende vormen kunnen voordoen (droge sneeuw, natte sneeuw). Daarnaast zijn ook andere vormen van winterse neerslag (hagel, ijsregen) en condities van ijsvorming en gladheid van belang (zoals ijzel, rijp en verschijnselen van aanvriezen door stralingsvorst in combinatie met vocht). In het KNMI-rapport Klimaatbestendig Schiphol (Kattenberg, A. et al, 2013) wordt informatie gegeven over de duur en frequentie van het optreden van sneeuw, hagel en ijsvorming op

grond van historische waarnemingen op locatie Schiphol. Het is daarbij niet direct duidelijk of en hoe het gehele spectrum van relevante winterse condities hierin is gedekt en hoe moet worden omgegaan met de combinatie van deze verschillende weersverschijnselen. Met name de verschillende omstandigheden die aanleiding geven tot het optreden van ijsvorming en gladheid lijken in dit opzicht minder eenduidig gedefinieerd.

Naar verwachting zijn de omstandigheden van winterse neerslag die van belang zijn voor de beschikbaarheid van banen/platforms in veel gevallen ook medebepalend voor de behoeften aan het uitvoeren van de-icing. Daarnaast kan de noodzaak voor de-icing ook worden ingegeven door andere omstandigheden, zoals het optreden van combinaties van lage bodemtemperaturen en hoge luchtvochtigheid, waarbij ook de afkoeling van de in de vleugels opgeslagen brandstof tijdens de vluchtuitvoering van belang is.

Op grond van het bovenstaande wordt geconstateerd dat het komen tot een representatieve beschrijving van de duur/frequentie karakteristiek van de bepalende omstandigheden voor de effecten van winterse condities een zeer cruciale, maar ook uiterst complexe, vraag is.

Naast de veelheid van verschijnselen en omstandigheden die hierbij een rol kunnen spelen gaat het daarbij ook om de vraag wat de samenhang (overlap) is tussen de condities die bepalend zijn voor de beschikbaarheid van banen/platforms, resp. de behoeften aan de-icing, en de coincidentie van het optreden van die omstandigheden. Dergelijke beschouwingen voeren te ver voor het huidige onderzoek. Bij de aanzet voor uitwerking en kwantificering van de visieontwikkeling in dit rapport is daarom als voorbeeld uitsluitend uitgegaan van de informatie over de duur/frequentie van sneeuwbuien. Daarmee is een belangrijk aspect van het optreden van winterse condities afgedekt, maar duidelijk is dat in de praktijk een veel breder spectrum van kritieke omstandigheden van toepassing is. De afbakening en definitie van het geheel aan bepalende winterse condities en het komen tot een adequate statistische beschrijving daarvan wordt in dit verband gezien als een belangrijke uitdaging en onderzoeksvraag.

## 2) Frequentieverdeling optreden 'buiduren' winterse condities binnen het etmaal

De effecten van het optreden van winterse buien zullen in het algemeen sterk afhangen van de duur/omvang van de bui. Daarnaast worden bepaalde effecten (zoals de mogelijk optredende vertragingen) in hoge mate bepaald door de intensiteit van de luchthavenoperaties (het aantal starts en landingen per uur) tijdens het optreden van de bui. De intensiteit van de operaties op Schiphol varieert sterk over de verschillende periodes tijdens het etmaal. Daarbij is er met name een zeer groot verschil in intensiteit tussen de avond/nachtperiode (ruwweg tussen ca 22.00 uur 's avonds en 7.00 uur 's morgens) en de dagperiode (incl. avondperiode tot 22.00 uur). De gemiddelde uurintensiteiten in deze beide perioden verschillen met meer dan een factor 10 (Amsterdam Airport Schiphol, 2013). Overigens is er gedurende de dag/avondperiode sprake van verschillende 'inbound' en 'outbound pieken'. De verschillen in de uurintensiteiten door deze pieken binnen de dag/avond periode (orde een factor 1,5) zijn klein in vergelijking met de verschillen tussen de dag- en nachtperiode. Voor de (illustratieve) effectbepaling is in dit verband uitgegaan van:

- Een periode 'druk' binnen het etmaal van 07.00 – 22.00 uur (lengte is 15 uur).
- Een periode 'stil' binnen het etmaal van 22.00 – 07.00 uur (lengte is 9 uur).

Voor deze beide perioden kunnen vervolgens de gemiddelde uurintensiteiten worden vastgesteld voor landende en startende vliegtuigen. Mede in verband met de naar verwachting sterk niet-lineaire effecten van het optreden van mogelijke vertragingen als functie van de buiduur is het bij de effectbepaling van groot belang dat voor de gehele range van mogelijk voorkomende buiduren wordt vastgesteld wat de jaarlijkse frequentie is van het voorkomen van aaneengesloten buiduren binnen de 'drukke', resp. 'stille' periode. Voor het spectrum van mogelijk voorkomende buiduren wordt uitgegaan van discrete buiduren van 1 t/m 24 uur. Gegeven de frequentie van voorkomen van deze discrete buiduren kan voor elke buiduur worden vastgesteld wat de frequentie is van de mogelijk voorkomende buiduren binnen de perioden 'druk' en 'stil' (eveneens onderscheiden naar gehele uren). Daarbij wordt uitgegaan van een gelijk-

matige kansverdeling van het begintijdstip van de bui over alle 24 uren in het etmaal, voor alle mogelijke buiduren.

## 3) Kosten en vertragingseffecten

Voor de vaststelling van de kosten en vertragingseffecten geldt een aparte uitwerking voor de onderscheiden effecttypen (effecten op banen/platforms en effecten van uitvoering de-icing). Daarbij zijn de volgende specifieke effecten van toepassing.

### Kosteneffecten banen/platforms:

- Kosten inzet ploegen en voertuigen/apparatuur voor ruiming sneeuw/ijs en gladheidsbestrijding met onderscheid naar de ploegen 'baan' en 'platform' (€/jaar).
- Kosten gebruik kaliumformiaat (voor gladheidsbestrijding) (€/jaar).
- Kosten voor afvoer en verwerking van sneeuw/ijs (€/jaar).

Voor de bepaling van de kosten van inzet ploegen en voertuigen/apparatuur worden daarbij de volgende kostenposten beschouwd:

- Kosten eenmalige inzet (mobiliseren en (de) mobiliseren) per ploeg. Hierbij valt te denken aan de kosten van het operationaliseren van mensen en voertuigen/apparatuur en het weer demobiliseren daarvan (schoonmaken, bijvullen, ontmantelen, opbergen).
- Variabele arbeidskosten van de ploegbezetting per bedrijfsuur.
- Overige variabele kosten per bedrijfsuur (zoals energie en variabel onderhoud).

### Vertragingseffecten banen/platforms:

- Vliegtuig wachturen (uur/jaar).
- Aantal geannuleerde of uitgeweken vluchten (#/jaar).

De variabele kosten van ploegen en voertuigen/apparatuur volgen uit de jaarlijkse inzet (aantal malen per jaar en aantal uren per jaar) die worden bepaald door het gehanteerde frequentieprofiel van buiduren. Het gebruik van kaliumformiaat en de hoeveelheden af te voeren sneeuw/ijs volgen uit het jaarlijkse aantal bedrijfsuren van de verschillende ploegen. Naast de kosten is de omvang van het gebruik van kaliumformiaat tevens van belang vanuit de mogelijke nadelige effecten op het



milieu (waterkwaliteit). Het aantal vliegtuig wachturen wordt bepaald met behulp van een wachttijdsimulatie voor de optredende aaneengesloten buiduren onder verschillende vluchtintensiteiten en optredende capaciteitsbeperkingen (en de frequenties van voorkomen daarvan). Bij ernstige beperkingen moeten vluchten uitwijken of worden vluchten geannuleerd op een zodanige wijze dat wachtrijen binnen praktische grenzen worden beperkt. Dat levert een basis voor het vaststellen van de aantallen geannuleerde of uitgeweken vluchten. De consequenties van deze vluchtbeperkingen (extra kosten, verminderde inkomsten, schadeclaims, overlast) zijn in potentie zeer groot. Deze vervolgeffecten worden verder echter niet expliciet vastgesteld.

#### Kosteneffecten uitvoering de-icing:

- Aantallen vliegtuigen die de-icing behoeven (#/jaar).
- Kosten uitvoering de-icing (€/jaar).
- Kosten gebruik en verwerking glycol (€/jaar).

#### Vertragingseffecten uitvoering de-icing:

- Vliegtuig wachturen voor de-icing behandeling (uur/jaar).
- Vliegtuig behandeluren de-icing (uur/jaar).

De aantallen vliegtuigen die de-icing behoeven volgen uit de confrontatie van buiduren/frequenties binnen de drukke, resp. stille periode en de daarvoor van toepassing zijnde uurintensiteiten van vertrekkende vliegtuigen. De kosten van uitvoering van de-icing en van gebruik/verwerking van glycol zijn direct gekoppeld aan het aantal vliegtuigen per jaar dat de-icing behoeft. Ook in dit geval geldt dat het gebruik van glycol kan leiden tot nadelige effecten op het milieu (waterkwaliteit). Het aantal vliegtuig wachturen voor de-icing behandeling wordt bepaald op grond van een wachttijdsimulatie, gegeven de beschikbare de-icing capaciteit (aantal de-icing plaatsen) en de gemiddelde uitvoeringstijd van een de-icing behandeling, voor verschillende aaneengesloten buiduren met bijbehorende vertrekintensiteiten en de frequenties daarvan. De vliegtuig behandeluren volgen rechtsreeks uit het aantal vliegtuigen dat de-icing behoeft en de gemiddelde behandelingsduur.

#### Illustratieve toepassing effectbepaling

Aan de methode voor de bepaling van de effecten van winterse neerslag is voor beide effecttypen (beschikbaarheid banen/platforms en uitvoering de-icing) een operationele uitwerking gegeven in de vorm van een tweetal afzonderlijke spreadsheets, te weten:

- Effecten winterse condities baangebruik.xlsx.
- Effecten winterse condities de-icing.xlsx.

Voor een gedetailleerde beschrijving van de opzet en invulling van deze spreadsheets wordt verwezen naar Bijlage 2: "Methode voor bepalen effecten van winterse condities". Op grond van deze spreadsheets is in Bijlage 2 tevens een illustratieve toepassing van de methode voor effectbepaling uitgewerkt. Met nadruk wordt gesteld dat deze toepassing is gebaseerd op indicatieve gegevens, met name waar het de kostengegevens betreft. Een daadwerkelijke kwantitatieve analyse van de effecten van klimaatverandering is binnen de scope van de huidige visieontwikkeling niet aan de orde. Op grond van de huidige invulling kan uitsluitend in illustratieve en relatieve zin een beeld worden gegeven van het gedrag en de gevoeligheid van de effecten voor bepaalde veranderingen in aard en omvang van de klimaatverandering.

De huidige toepassing is gebaseerd op de vergelijking van de optredende effecten voor een selectie van 'buiduur frequentieprofielen' die zijn afgeleid voor een aantal meer of minder extreme jaarsituaties binnen de huidige situatie. Daarbij gelden de volgende uitgangspunten.

- Voor het vaststellen van buiduur frequentieprofielen is vooralsnog uitsluitend uitgegaan van de beschikbare gegevens over het optreden van sneeuwbuien.
- De beschrijving van de huidige situatie is gebaseerd op een bij KNMI beschikbare langjarige serie met historische gegevens (waarnemingen per uur) over het optreden van sneeuwcondities op de Luchthaven Schiphol voor de jaren 1971 t/m 2014 (43 jaar).
- In het buiduur frequentieprofiel wordt voor alle discrete buiduren van 1 t/m 24 uur de jaarlijkse frequentie van voorkomen bepaald.

- Voor de huidige situatie zijn de volgende buiduur frequentieprofielen afgeleid:
  - Een gemiddeld jaarprofiel voor de hele historische tijdserie (aangeduid als Gem43).
  - Het meest extreme (strengste) jaarprofiel in de tijdserie (aangeduid als Streng1).
  - Het meest milde jaarprofiel in de tijdserie (aangeduid als Mild1).
  - Het gemiddelde van de 5 strengste jaarprofielen (aangeduid als Streng5).
  - Het gemiddelde van de 5 mildste jaarprofielen (aangeduid als Mild5).

Op grond van de voorbeeldberekeningen voor de bovengenoemde buiduur frequentieprofielen gelden de volgende observaties.

#### Effecten winterse condities op baangebruik

- Vergelijking van het strengste jaar in de serie (Streng1) met het gemiddelde jaar (Gem43) laat zien dat de totale kosten met 126% toenemen (dus met bijna een factor 2,3); de vliegtuigwachturen nemen met 150% toe; voor het aantal uitgeweken of geannuleerde vliegtuigen is een ruime verdriedubbeling van toepassing (+207%).
- Voor het meest milde jaar in de serie (Mild1) zijn zowel de kosten als de vliegtuigwachturen slechts orde 10% van het gemiddelde jaar. Annullering of uitwijken van vluchten treedt in het geheel niet op.
- Ook voor het gemiddelde van de 5 strengste jaren (Streng5) geldt voor zowel kosten als wachturen een ruime verdubbeling ten opzichte van de gemiddelde situatie. Het aantal geannuleerde of uitgeweken vluchten is 2,5 maal zo groot.
- Voor het gemiddelde van de 5 mildste jaren geldt dat zowel de kosten als wachturen slechts 20% bedragen van de gemiddelde situatie en het aantal geannuleerde of uitgeweken vluchten slechts 10%.
- Het verschil in effecten tussen Streng5 en Mild5 is zeer aanzienlijk. Daarbij geldt dat de effecten van Streng5 in termen van kosten, wachturen en uitgeweken vluchten resp. een factor 11, 12 en 25 groter zijn dan de effecten van Mild5.

#### Effecten winterse condities op de-icing

- Vergelijking van het strengste jaar in de serie (Streng1) met het gemiddelde jaar (Gem43): toename kosten de-icing, milieubelasting glycol en vliegtuigbehandeluren met 130%; toename wachturen voor de-icing behandeling met ruim 180%.
- Voor het meest milde jaar in de serie (Mild1) zijn kosten de-icing, milieubelasting glycol en vliegtuigbehandeluren maar 10% van de gemiddelde waarden; de wachturen voor behandeling bedragen slechts 5% van de gemiddelde situatie.
- Voor het gemiddelde van de 5 strengste jaren (Streng5) geldt dat de bovengenoemde effecten toenemen t.o.v. de gemiddelde situatie met resp. 115% en bijna 140%.
- Voor het gemiddelde van de 5 mildste jaren bedragen de bovengenoemde effecten slechts resp. 18% en 14% van de effecten in de gemiddelde situatie.
- Het verschil in effecten tussen Streng5 en Mild5 bedraagt een factor 17 voor de wachttijden voor de-icing behandeling en een factor 12 voor de overige effecten.

Over het optreden van winterse condities worden in toekomstige klimaatscenario's geen expliciete uitspraken gedaan. Op grond van de ontwikkelde methode voor effectbepaling kunnen wel inzichten worden verkregen in de effecten van bepaalde 'what if' veronderstellingen betreffende de mogelijke veranderingen in het toekomstige weerbeeld. Een van de plausibele mogelijkheden is bijvoorbeeld dat de grilligheid van het toekomstige weerbeeld ten aanzien van het optreden van winterse condities zou kunnen toenemen. Dit kan in illustratieve zin tot uitdrukking worden gebracht in een scenario waarbij toekomstige jaren vooral zouden bestaan uit een afwisseling van vrij milde situaties en vrij strenge situaties (gekenmerkt door bijvoorbeeld de karakteristieken van resp. Mild5 en Streng5).

Een indruk van de gevolgen hiervan kan worden verkregen door de effecten van het huidige gemiddelde jaar te vergelijken met het gemiddelde van de effecten van Mild5 en Streng5. Onderstaande tabellen tonen daarvan de effecten op resp. baangebruik en de-icing. Uit deze vergelij-



king blijkt dat de gemiddelde jaarlijkse effecten in dat geval significant zouden toenemen (met orde 15-30%).

Effecten baangebruik	Gem43	(Mild5+Streng5)/2	Vershil (%)
Kosten (€/jaar)	100%	116%	+16%
Wachturen (uur/jaar)	100%	121%	+21%
Geannuleerde vluchten (#/jaar)	100%	130%	+30%
<b>Effecten de-icing</b>			
Kosten (€/jaar)	100%	117%	+17%
Milieubelasting glycol (kg/jaar)	100%	117%	+17%
Behandeluren (uur/jaar)	100%	117%	+17%
Wachturen (uur/jaar)	100%	127%	+27%

Voor verdere details van de illustratieve effectbepaling wordt verwezen naar Bijlage 2.

### 3.4 Effecten van hogere temperaturen

#### Beschrijving effecten

Wat betreft de mogelijke effecten van hogere temperaturen op de luchthavenoperaties wordt expliciet gekeken naar de volgende effecttypen:

- 1) De effecten op draagkracht en laadvermogen van (vracht)vliegtuigen.
- 2) De kosten van koelbehoeften van (passagiers)vliegtuigen aan de gate.

#### 1) Effecten op draagkracht en laadvermogen (vracht)vliegtuigen

De luchttemperatuur heeft invloed op de dichtheid van de lucht en daarmee op de ontwikkeling van het draagvermogen als functie van de voorwaartse snelheid bij het opstijgen van vliegtuigen. Bij een toename van de luchttemperatuur is daardoor voor het opstijgen een groter vermogen vereist, hetgeen leidt tot een groter brandstofverbruik. Bij (zeer) hoge temperaturen kan dit bovendien leiden tot het ontstaan van beperkingen in MTOW (maximum take-off weight) hetgeen van invloed kan zijn op de beladingsgraad van vliegtuigen. Dit kan met name van belang zijn voor (doorgaans zwaar beladen) vrachtvliegtuigen. Er

zijn verschillende mogelijkheden om met deze problemen om te gaan. Mogelijkheden om de MTOW te vergroten zouden kunnen worden gevonden in technische maatregelen zoals de vergroting van het motorvermogen van vliegtuigen of het verlengen van startbanen. Daarnaast is er een aantal mogelijkheden in de operationele sfeer, zoals het veranderen van vertrektijden (het vermijden van de warmste perioden van het etmaal) of het verminderen van de beladingsgraad. Elk van deze maatregelen leidt echter tot nadelige effecten op de kosten en/of planning (efficiëntie) van luchtvaartoperaties.

Het is niet op voorhand duidelijk waar voor de operaties op Schiphol de kritische grenzen liggen ten aanzien van het optreden van deze effecten, noch van de omvang van de effecten die zich bij een structurele toename van gemiddelde en extreme temperaturen zouden kunnen voordoen. In de huidige uitwerking is getracht de functionele verbanden te leggen tussen de verwachte veranderingen in temperatuur volgens de thans gangbare scenario's en de effecten die zich ten aanzien van het draagvermogen van vliegtuigen zouden kunnen voordoen. Op grond daarvan is een operationele aanpak ontwikkeld waarmee de omvang van de mogelijke veranderingen kunnen worden zichtbaar gemaakt en waarmee verkennende analyses kunnen worden uitgevoerd. Het volgende beschrijft deze aanpak en geeft een illustratie van de mogelijke, relatieve effecten.

## 2) Kosten van koelbehoeften van (passagiers) vliegtuigen aan de gate

Tijdens het verblijf van vliegtuigen aan de gate in perioden met buitentemperaturen boven een bepaalde waarde is koeling noodzakelijk. In tijden met hoge temperaturen kan de opwarming van vliegtuigen snel verlopen (tot wel 1° per minuut). Voorheen werd de koeling vaak geregeld door gebruik te maken van (externe) dieselaangedreven koelaggregaten of de on-board APU (Auxilliary Power Unit). Om de milieueffecten van het gebruik van verbrandingsmotoren op de luchthaven te beperken wordt thans overgegaan op het gebruik van elektrisch gedreven externe koelvoorzieningen. Daartoe worden de opstelplaatsen bij de gate voorzien van elektrische aansluitingen. Afhankelijk van de omvang van het vliegtuig zijn meerdere koelunits en aansluitingen noodzakelijk (tot wel 5 voor een A380). Door de verwachte toename van de gemiddelde en extreme temperaturen als gevolg van klimaatverandering zal naar verwachting een significante toename optreden van de duur en omvang van de koelbehoeften.

In het kader van de visieontwikkeling RAS Mainport Schiphol is geen analyse gemaakt van de huidige omvang en kosten van de koelvoorzieningen. Wel is, evenals in het voorgaande geval, getracht een operationele aanpak te ontwikkelen op grond waarvan de omvang van de mogelijke veranderingen kunnen worden zichtbaar gemaakt en waarmee bepaalde verkennende analyses kunnen worden uitgevoerd.

### Hoofdlijnen methode kwantitatieve effectbepaling

Wat betreft de uitwerking van de mogelijke effecten van het optreden van hogere temperaturen is in de visieontwikkeling een aanzet gegeven voor een operationele methode waarmee een kwantificering van de gevolgen van klimaatverandering wordt mogelijk gemaakt. Het volgende geeft hiervan een korte beschrijving. Voor een meer gedetailleerde beschrijving en illustratieve toepassing van deze methode wordt verder verwezen naar Bijlage 3 bij dit rapport: "Methode voor bepalen effecten van hogere temperaturen".

Voor beide effecttypen bestaat de hoofdlijn van aanpak uit de volgende stappen:

- 1) Bepalen aantal dagen waarop een gegeven maximum temperatuur ( $T_{max}$ ) wordt bereikt.
- 2) Bepalen temperatuurverloop over het etmaal.
- 3) Bepalen van aantal vluchten/vliegtuigen dat effecten ondervindt.
- 4) Berekening en vergelijking van effecten.

#### 1) Aantal dagen waarop een gegeven maximum temperatuur ( $T_{max}$ ) wordt bereikt

Als basis voor de effectbepaling moet een verdeling worden gemaakt van het aantal dagen per jaar waarop een bepaalde maximum temperatuur wordt bereikt. Bij de vaststelling hiervan worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het aantal dagen met een bepaalde  $T_{max}$  wordt vastgesteld voor een range van waarden voor  $T_{max}$  die voor de effectbepaling relevant wordt geacht. In de huidige uitwerking is daarbij uitgegaan van een range van 20-40 °C. Voor elke discrete waarde in deze range wordt het aantal dagen per jaar vastgesteld waarop de maximum dagtemperatuur gelijk is aan deze waarde. De aantallen dagen per  $T_{max}$ -waarde waarop de betreffende  $T_{max}$  wordt bereikt wordt aangeduid als het 'T $_{max}$ -profiel'.
- Voor de huidige toepassing wordt uitgegaan van een aantal verschillende  $T_{max}$ -profielen. Deze worden bepaald voor een tweetal scenario's (de huidige situatie en het scenario W+ voor het zichtjaar 2050). Binnen die scenario's is een additionele keuze mogelijk van het type jaar dat in het  $T_{max}$ -profiel tot uitdrukking wordt gebracht (in de zin van een gemiddeld of een min of meer extreem (ongunstig of gunstig) jaar).

#### 2) Temperatuurverloop over het etmaal

De maximale temperatuur die in een etmaal optreedt doet zich in het algemeen voor in het midden van de middag (tussen 15.00 en 16.00 uur). De laagste temperatuur gedurende het etmaal zit doorgaans in de vroege ochtend ergens tussen 5.00 en 6.00 uur. In diverse bronnen op Internet wordt aangegeven dat het temperatuurverloop gedurende het etmaal redelijk benaderd kan worden met een sinusfunctie. In de illustratieve toepassing zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:





- De maximum etmaaltemperatuur treedt op om 15.00 uur.
- De minimum etmaaltemperatuur treedt op om 6.00 uur.
- Het gemiddelde verschil tussen de maximum en minimum temperatuur kan worden uitgedrukt als een fractie van de optredende maximum temperatuur.
- Tussen deze tijdstippen en de optredende maximum en minimum temperaturen is sprake van een sinusvorming verloop.

Op grond van deze uitgangspunten kan, voor elke gegeven waarde van Tmax binnen de gehanteerde range van 20-40 °C een temperatuurverloop over de discrete uren van het etmaal worden bepaald.

#### Stappen 3) en 4)

Voor de beide overige stappen (bepalen aantal vluchten/vliegtuigen dat effecten ondervindt en berekening effecten) geldt een specifieke uitwerking voor de onderscheiden effecttypen. Daarbij zijn de volgende specificaties van toepassing.

#### Effecten op laadvermogen vrachtvliegtuigen

- Stap 3) Bepalen aantal vluchten/vliegtuigen dat effecten ondervindt: vaststellen gemiddeld aantal vertrekkende vluchten van vrachtvliegtuigen per uur van het etmaal gedurende de zomerperiode die representatief is voor het optreden van de (kritische) temperaturen waarbij effecten kunnen optreden.
- Stap 4) Berekening effecten:
  - Bepalen van de jaarlijks aantallen vrachtvluchten die effect ondervinden (waarvoor het vertrek plaatsvindt bij temperaturen boven een gegeven kritische temperatuur).
  - Bepalen van een 'schadescore' op grond van de aantallen kritische vluchten en het verschil tussen de actuele temperatuur bij vertrek en de kritische temperatuur per optredende Tmax in het kritische gebied.

#### Kosten koelbehoeften van passagiersvliegtuigen aan de gate

- Stap 3) Bepalen aantal vluchten/vliegtuigen dat effecten ondervindt:
  - Vaststellen aantallen en tijdsverdeling passagiersvliegtuigen aan de gate per koelcapaciteitsklasse.

- Vaststellen aard/aantal van jaarlijks optredende 'vliegtuig koelevents' naar capaciteitsklasse en mate van benodigde koeling.
- Stap 4) Berekening effecten: vaststellen van kosten koeling (gebruik koelunits) in €/jaar met onderscheid naar:
  - Kosten van aansluiting koelunits.
  - Kosten huur/gebruik koelunits.
  - Energieverbruik van koelunits.
  - Totale kosten gebruik koelunits.

Bij de berekening van effecten wordt onderscheid gemaakt naar verschillende rekengevallen die worden bepaald door de keuze van een scenario en een specifiek (gemiddeld of min of meer extreem) jaar daarbinnen. De verschillende rekengevallen worden tot uitdrukking gebracht in het voor de berekening te hanteren Tmax-profiel. De resultaten van verschillende berekeningen kunnen in absolute of relatieve zin worden vergeleken met een nader te kiezen rekengeval dat als referentie wordt gehanteerd.

#### Illustratieve toepassing effectbepaling

Aan de methode voor de bepaling van de effecten van hogere temperaturen is voor beide effecttypen (effecten op laadvermogen vrachtvliegtuigen en effecten op koelbehoeften passagiersvliegtuigen) een operationele uitwerking gegeven in de vorm van de spreadsheet "Effecten van hogere temperaturen.xlsx". Voor een gedetailleerde beschrijving van opzet en invulling van deze spreadsheet wordt verwezen naar Bijlage 3: "Methode voor bepalen effecten van hogere temperaturen". Op grond van deze spreadsheet is in Bijlage 3 tevens een illustratieve toepassing van de effectbepalingsmethode uitgewerkt. Ook voor deze toepassing geldt dat ze is gebaseerd op indicatieve gegevens en aannamen. Op grond van de huidige invulling kan uitsluitend in illustratieve en relatieve zin een beeld worden gegeven van het gedrag en de gevoeligheid van de effecten voor bepaalde veranderingen in de aard en omvang van de klimaatverandering.

Voor de huidige toepassing is gebruik gemaakt van temperatuurgegevens van het KNMI voor de Luchthaven Schiphol voor de huidige en een toekomstige situatie. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De basis wordt gevormd door de bij KNMI beschikbare informatie over de maximaal optredende etmaaltemperaturen (Tmax) op de Luchthaven Schiphol voor een 30-jarige tijdreeks gecentreerd rond het jaar 1990 (de jaren 1976-2005). Deze tijdreeks wordt gezien als representatief voor de huidige situatie (scenario Huidig).
- Daarnaast is gebruik gemaakt van de KNMI-gegevens voor het scenario W+ 2050, gebaseerd op een projectie van de tijdreeks 1976-2005 naar een tijdreeks gecentreerd rond 2050 (de reeks 2036-2065) volgens de uitgangspunten van het scenario W+.

Door het KNMI zijn voor deze tijdseries de gegevens beschikbaar gesteld op grond waarvan de Tmax-profielen (aantal dagen per jaar waarop een gegeven Tmax van toepassing is) voor alle 30 jaren in de tijdreeks konden worden afgeleid. Vervolgens zijn voor de tijdseries van de scenario's Huidig en W+ 2050 de volgende Tmax-profielen vastgesteld:

- Het gemiddelde Tmax-profiel.
- Een benadering van het 'warmste' Tmax profiel in de serie. Hiertoe is het jaar 1995 (in tijdserie scenario Huidig), resp. het jaar 2055 (in tijdserie W+ 2050) geselecteerd.
- Een benadering van het 'koelste' Tmax profiel in de serie. Hiertoe is het jaar 1977 (in tijdserie scenario Huidig), resp. het jaar 2037 (in tijdserie W+ 2050) geselecteerd.

Aldus zijn de illustratieve berekeningen gemaakt voor de volgende rekengevallen:

- Scenario Huidig: "gemiddeld", "warm" (1995) en "koel" (1977).
- Scenario W+ 2050: "gemiddeld", "warm" (1995) en "koel" (1977).

Op grond van de bovenstaande voorbeeldberekeningen gelden de volgende observaties.

#### Effecten op laadvermogen vrachtvliegtuigen

- Rekengevallen binnen scenario Huidig:
  - Effecten in 'warm' jaar zijn bijna het dubbele van effecten in gemiddeld jaar.
  - In een 'koel' jaar bedragen de effecten minder dan 20% van een gemiddeld jaar.
  - Verhouding effecten in een 'warm' versus een 'koel' jaar is orde een factor 10.

- Rekengevallen binnen scenario W+ 2050:
  - Effecten in 'warm' jaar zijn ongeveer het dubbele van effecten in gemiddeld jaar.
  - In een 'koel' jaar bedragen de effecten orde 30% van effecten in gemiddeld jaar.
- Vergelijking rekengevallen scenario W+ 2050 met scenario Huidig:
  - Voor zowel het gemiddelde als het 'warme' jaar zijn de effecten in W+ 2050 2 à 3 maal groter dan in scenario Huidig.
  - Voor het 'koele' jaar nemen de effecten in W+ 2050 ten opzichte van scenario Huidig toe met een factor 4 à 5.
  - Voor het 'koele' jaar in scenario W+ 2050 geldt dat de effecten nog iets kleiner zijn dan voor het gemiddelde jaar in scenario Huidig, maar wel in de buurt komen.

#### Effecten op koelbehoeften passagiersvliegtuigen

- Rekengevallen binnen scenario Huidig:
  - Kosten koeling voor een 'warm' jaar bedragen bijna het dubbele van de kosten in een gemiddeld jaar.
  - Kosten in een 'koel' jaar bedragen ruim 20% van de kosten in een gemiddeld jaar.
- Rekengevallen binnen scenario W+ 2050:
  - Kosten koeling voor een 'warm' jaar bedragen bijna het dubbele van de kosten in een gemiddeld jaar.
  - Kosten in een 'koel' jaar bedragen bijna 45% van de kosten in een gemiddeld jaar.
- Vergelijking rekengevallen scenario W+ 2050 met scenario Huidig:
  - Voor het gemiddelde jaar zijn de kosten in W+ 2050 ruim 2 maal groter dan in scenario Huidig.
  - Voor het 'warme' jaar zijn de kosten in W+ 2050 bijna 2 maal groter dan in scenario Huidig.
  - Voor het 'koele' jaar nemen de kosten in W+ 2050 ten opzichte van scenario Huidig toe met bijna een factor 4,5.
  - Voor het 'koele' jaar in scenario W+ 2050 geldt dat de kosten vrijwel gelijk zijn aan de kosten voor het gemiddelde jaar in scenario Huidig.



# 4

## Effecten op afwateringsituatie en benodigde waterbuffers



## 4.1 Beschrijving afwateringssysteem Schiphol

Het totale watersysteem van Schiphol heeft een oppervlakte van 2800 ha en beslaat ongeveer 15% van de oppervlakte van de Haarlemmermeer. Van dit gebied bestaat ca 1000 ha uit verhard oppervlak. In het verharde gedeelte bevindt zich een riool- en gotensysteem met een totale lengte van orde 500 km en hoofdleidingen tot 1,5 m diameter. Daarnaast bevindt zich in het gebied een systeem van aaneengesloten watergangen met een totale lengte van ca 35 km. Het totale gebied van Schiphol beslaat een drietal verschillende peilvakken, als volgt:

1. Het peilvak GH-52.140.25 ten zuidoosten van de NS-tunnel met een maximale peilstijging van 0,6 meter.
2. Het peilvak GH-52.140.00 (Polderboezem) ten noordwesten van de NS-tunnel met een maximale peilstijging van 0,5 meter.
3. Het peilvak GH-52.140.02 rondom de Polderbaan met een maximale peilstijging van 0,8 meter.

Voor de afwatering van het luchthaventerrein, als onderdeel van het watersysteem van de Haarlemmermeer, staan verschillende gemalen ter beschikking. Het gemaal Bolstra aan de zuidoostkant van het bovengenoemde peilvak 1 en het gemaal Lijnden aan de noordoostzijde van de Hoofdvaart zorgen voor een directe afvoer naar het boezemwater (Ringvaart). Het tracé van de NS-spoortunnel vormt een belangrijke (water) scheiding tussen de bovengenoemde peilvakken 1 en 2. Vanuit peilvak 1 wordt het water in eerste instantie afgevoerd naar de Ringvaart via het gemaal Bolstra. Voor de overige peilvakken wordt de afvoer naar de Ringvaart verzorgd door het gemaal Lijnden. Als de afvoercapaciteit van peilvak 1 via gemaal Bolstra onvoldoende is kan het water via het gemaal NS Noord (ten noorden van de Buitenveldertbaan) naar peilvak 2 worden gebracht en vervolgens via gemaal Lijnden naar de Ringvaart worden afgevoerd. Een andere mogelijkheid is dat het water uit peilvak 1 via een overstort naar een ander peilvak buiten het Schipholtrein wordt gebracht, vanuit dit peilvak via het gemaal NS Zuid (officieel 'Vakgemaal Rijk' bij de zuidpunt van

de Zwanenburgbaan) naar peilvak 2 wordt gepompt en vervolgens via Lijnden wordt afgevoerd. Voor de thans aanwezige gemalen geldt dat ze beschikken over ruim voldoende (rest)capaciteit om in de huidige situatie en in de voorzienbare toekomst aan de afwateringseisen te voldoen. Ook als er geen sprake is van neerslag wordt het gebied elke 3 tot 4 dagen bemalen vanwege de continu aanwezige kwelbelasting.

Per peilvak is een bergingskarakteristiek opgesteld waarbij rekening is gehouden met de maximale peilstijging die van toepassing is (zoals bovenstaand per peilvak gegeven).

Binnen peilvak 1 is ter hoogte van het gemaal Bolstra sprake van een klein afzonderlijk peilvak voor een deelgebied met veel bebouwing en een lager maaiveld. Op dit moment is sprake van de aanleg van een stuwgemaal waardoor het mogelijk wordt om de maximale peilopzet in het resterende deel van peilvak 1 te vergroten tot 0.8 m, hetgeen leidt tot een verruiming van de bergingsmogelijkheden. Het is de verwachting dat deze aanpassing in de loop van 2014 zal worden gerealiseerd.

## 4.2 Huidige en toekomstige beheersing afwateringssituatie

Voor de lokale afvoer en opvang van water worden eisen gesteld aan de verhoudingen tussen het open wateroppervlak en het landoppervlak. Voor de polder als geheel dient het open wateroppervlak ca 11% te bedragen. In het geval van uitbreidingen van het verharde luchthaventerrein (hetgeen bij Schiphol met grote regelmaat aan de orde is) dient een compensatie plaats te vinden van het bergend vermogen van het beschikbare open water oppervlak. De algemene vuistregel daarvoor is dat voor een toename van het verharde oppervlak met waarde X het open wateroppervlak met 15% van X zou moeten toenemen.

Met het Hoogheemraadschap Rijnland zijn ten aanzien van de voor Schiphol te hanteren randvoorwaarden aparte afspraken gemaakt, die zijn



gebaseerd op specifieke berekeningen van de bergingskarakteristieken en bergingsbehoeften van de verschillende peilvakken binnen het Schipholterrein. Ingevolge de richtlijnen van het Nationaal Bestuursakkoord Water zijn deze berekeningen gebaseerd op de toegestane maximale peilstijging per peilvak voor een ontwerpsituatie (in de zin van neerslagintensiteit en buiduur) die zich 1 maal per 100 jaar voordoet. Hierbij is uitgegaan van het zogenoemde 'KNMI middenscenario' voor het jaar 2050. Dit scenario, zoals gehanteerd door het Hoogheemraadschap Rijnland houdt rekening met de KNMI klimaatscenario's (W, W+, G en G+). Gezien de grote onzekerheidsmarges in deze KNMI klimaatscenario's is er daarbij om praktische redenen voor gekozen om niet uit te gaan van het (voor toename regenval) meest extreme scenario W. Dit houdt in dat in het gehanteerde middenscenario drie van de vier KNMI klimaatscenario's worden afgedekt (Hoogheemraadschap van Rijnland, 2010).

Op grond van deze uitgangpunten is een kwantitatieve relatie afgeleid voor de benodigde extra waterberging (in termen van additioneel open wateroppervlak) als functie van de toename van het verharde oppervlak. Deze relatie vormt de basis voor de zogenoemde Berging Rekening Courant (BRC) ook wel aangeduid als 'Waterbank'. De kern van de BRC is dat een boekhouding wordt bijgehouden van de benodigde en beschikbare buffer aan bergend vermogen zoals bepaald door het open wateroppervlak per peilvak.

Als uitgangspunt voor de BRC is voor het jaar 2004 een nul situatie vastgesteld. Daarbij bleek dat er op grond van de toenmalige situatie sprake was van een bepaalde overcapaciteit in de beschikbare berging. Bij aanvang van het gebruik van de BRC was er dus sprake van een positief saldo. Bij het uitvoeren van uitbreidingsprojecten kan op dit positieve saldo worden ingeteerd en worden de veranderingen in het saldo nauwkeurig bijgehouden. Op gezette tijden vinden waterhuishoudkundige aanpassingen plaats die leiden tot een vergroting van het saldo (door uitbreiding van het open wateroppervlak of andersoortige verruiming van de bergingsmogelijkheden). Met het toepassen van een dergelijk systeem wordt voorkomen dat voor elk afzonderlijk project aparte

procedures met betrekking tot de waterhuishoudkundige eisen moeten worden doorlopen, hetgeen leidt tot een aanzienlijke beperkingen van de benodigde inspanningen en een grote flexibiliteit. Door het handhaven van een bepaalde positieve buffer wordt daarbij te allen tijde met een zekere marge aan de gestelde afwateringseisen voldaan. Rond de aanvraag van vergunningen en de afspraken in het kader van de BRC vindt frequent (tweewekelijks) overleg plaats tussen Rijnland en de contactpersoon van Schiphol, hetgeen in zeer goede orde verloopt.

Bij het realiseren van de benodigde verruiming van de oppervlaktewaterberging geldt dat voor Schiphol beperkingen worden opgelegd aan de aard en omvang van het open wateroppervlak in de directe omgeving van de luchthaven in verband met de aantrekking van (water)vogels en het gevaar voor vogelaanvaringen. Vooralsnog kunnen nog voldoende mogelijkheden voor verruiming van waterbuffers worden gevonden door het hanteren van een aantal specifieke regels bij de uitbreiding van het open water oppervlak. Zo vinden de uitbreidingen uitsluitend plaats in de vorm van relatief diepe watergangen met beperkte breedten en relatief steile oevers, die onaantrekkelijk zijn voor watervogels. Daarnaast worden andere mogelijkheden benut om het bergend vermogen te vergroten. Het aanpassen van de maximale peilopzet binnen peilvak 1 door het onderscheiden van een extra peilvak en de aanleg van een stuwemaal is daarvan een voorbeeld. Ook andere vormen van buffering worden momenteel nader bekeken, zoals het gebruik van Cedumdaken en de opvang van regenwater als alternatieve bron voor bepaalde gebruiksdoelen ('grijs' water).

Op dit moment geldt dat op grond van de thans voorziene uitbreidingsplannen voor de luchthaven reeds op de benodigde behoeften voor de waterberging tot 2030 is geanticipeerd. Daartoe zijn de beschikbare mogelijkheden geïnventariseerd en aangegeven op een 'vlekkenkaart' per inrichtingsgebied. Tevens geldt dat er in de kwantitatieve relatie die wordt gehanteerd voor de bepaling van de benodigde berging in het kader van de BRC sprake is van een ruime 'veiligheidsmarge'. Zo is er in het bestaande riolerings- en gotensysteem sprake van een aanzienlijk bergend vermogen dat

in de thans voor de BRC gehanteerde bergingsrelatie niet wordt meegerekend.

### 4.3 Conclusies en aandachtspunten betreffende klimaatbestendigheid

Op grond van het voorgaande kan worden geconcludeerd dat de eisen en behoeften betreffende de afwateringsituatie voor het luchthaventerrein voor de komende decennia op adequate wijze lijken te zijn afgedekt. Met de thans gehanteerde procedures bestaat ook een goede basis voor het tijdig anticiperen op toekomstige ontwikkelingen en het voldoen aan mogelijke aanvullende eisen die op grond daarvan zouden worden gesteld. Op langere termijn vormen de mogelijke effecten van klimaatverandering op de afwateringsituatie echter een blijvend aandachtspunt. Het lijkt daarbij reëel om te veronderstellen dat de kosten om te voldoen aan de afwateringseisen in de toekomst significant kunnen toenemen.

Op dit moment is de gehanteerde bergingsrelatie gebaseerd op het door het Hoogheemraadschap Rijnland gehanteerde middenscenario voor 2050. Het is mogelijk dat de toename van de regenval zich ontwikkelt volgens een ongunstiger scenario (zoals het klimaatscenario W dat niet door het middenscenario wordt afgedekt). Daarnaast is de verwachting dat de effecten van klimaatverandering zich na 2050 in toenemende mate zullen manifesteren. Bij de thans voorziene ontwikkeling kan in ieder geval tot 2030 met relatief eenvoudige middelen aan de afwateringseisen worden voldaan. Bij toenemende bergingsbehoeften is het echter goed denkbaar dat naast het vergroten van het open wateroppervlak ook aanvullende maatregelen, met hogere kosten, zullen moeten worden gehanteerd. Te denken valt in dat verband aan het overkluizen van watergangen of het op andere wijze voorzien in het creëren van overdekte of gesloten bergingsystemen (ook binnen het bestaande of uit te breiden riool- en gootsysteem). Hierbij geldt dat een en ander in belangrijke mate wordt bepaald door de verdere ontwikke-

lingen met betrekking tot het (water) vogelprobleem. Als deze problemen door bepaalde omgevingsveranderingen zouden afnemen of indien hiervoor andere oplossingen worden gevonden, dan zou voor het beheersen van de afwateringsituatie wellicht wel met uitsluitend goedkopere ingrepen (zoals het vergroten van het open wateroppervlak) kunnen worden volstaan.



5

# Overstromingsveiligheid Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol

## 5.1 Huidige en toekomstige overstromingsrisico's

In deze paragraaf wordt op grond van de beschikbare literatuur en de gevoerde inhoudelijke gesprekken met diverse betrokken en deskundige partijen een beeld geschetst van de huidige overstromingsrisico's en de verwachte toekomstige ontwikkeling daarvan. Daarbij wordt op de volgende zaken ingegaan:

- Algemene situatie betreffende de overstromingsveiligheid.
- Bedreiging door het bezwijken van een primaire kering.
- Bedreiging door het bezwijken van een regionale kering.
- Ontwikkeling overstromingsveiligheid door klimaatverandering.
- Gevolgen van een eventuele overstroming voor Schiphol.

### Algemene situatie betreffende de overstromingsveiligheid

De Luchthaven Schiphol bevindt zich in de Haarlemmermeerpolder welke onderdeel uitmaakt van dijkkring 14 (Zuid-Holland). Voor de primaire keringen van deze dijkkring geldt momenteel de hoogste veiligheidsnorm zoals thans voor de primaire keringen in Nederland gehanteerd (een veiligheidsnorm van 1/10.000 jaar gebaseerd op de overschrijdingskans van de maatgevende hoogwaterstand). De Haarlemmermeerpolder wordt omsloten door een regionale kering (de Ringvaartkade) voor de kering van het water uit Rijnland's boezem. Ook voor deze regionale kering is de op dit moment hoogst mogelijke veiligheidsklasse (klasse V) van toepassing. Hiervoor geldt een overschrijdingskans van 1/1000 per jaar.

### Bedreiging door het bezwijken van een primaire kering

Voor een aantal overstromingssituaties als gevolg van het bezwijken van de primaire waterkering van dijkkring 14 geldt dat zij bedreigend kunnen zijn voor de Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol. Dit is bijvoorbeeld het geval indien een bres zou optreden in de waterkering van de Noordzeekust tussen Katwijk en IJmuiden. Voor de meer zuidelijke kustlocaties en de keringen

langs Nieuwe Waterweg en Nieuwe Maas geldt dat bij het optreden van een bres het water de Haarlemmermeerpolder niet zal bereiken. Uit beschikbare berekeningen van overstromingsscenario's in geval van een bres bij Katwijk of Noordwijk (Jongejan, R.B., 2010; Van der Most, H. en F. Klijn, 2013) blijkt dat het water zich in dat geval vrij snel via het boezemsysteem kan verspreiden en op verschillende locaties in dijkkring 14 tot flinke overstromingen kan leiden. Bij deze berekeningen wordt tevens zichtbaar dat de regionale kering rond de Haarlemmermeer (de Ringvaartkade) in principe werkt als een 'schild' die de Haarlemmermeer van een overstroming zou kunnen vrijwaren, met uitzondering van een aantal locaties waar door het overlopen van de kade na enige tijd (beperkte) overstromingen kunnen ontstaan. Een omvangrijke overstroming van de Haarlemmermeer zou alleen optreden indien als gevolg van het optreden van de 'primaire' overstroming ook de Ringvaartkade op een of meer plaatsen bezwijkt. Uit een oudere berekening voor het optreden van een bres in de primaire kering bij Katwijk, waarbij ervan is uitgegaan dat de regionale kering rond de Haarlemmermeer inderdaad zou bezwijken, blijkt overigens dat ook in dat geval de overstromingsdiepten in de omgeving van Schiphol beperkt zouden blijven tot orde 0,5-1,0 m (Projectbureau VNK, 2006).

Naast het bezwijken van een primaire kering van dijkkring 14 is het denkbaar dat een overstroming optreedt door het bezwijken van een primaire kering in een aangrenzende dijkkring, bijvoorbeeld in dijkkring 15 (Lopiker- en Krimpenerwaard) of dijkkring 44 (Kromme Rijn) welke door zogenoemde C-keringen zijn gescheiden van dijkkring 14. Voor deze beide dijkringen geldt dat de huidige normen voor de overstromingsveiligheid lager zijn dan voor dijkkring 14, te weten 1/2000 per jaar voor dijkkring 15 en 1/1250 per jaar voor dijkkring 44 (eveneens gebaseerd op de overschrijdingskans van de maatgevende hoogwaterstand). Deze zaken zijn nader onderzocht in een onderzoek naar de overstromingsveiligheid van centraal Holland, gecoördineerd door de Provincie Zuid-Holland. In dit onderzoek is vastgesteld dat de hoogte van de bestaande C-keringen thans niet voldoende is om een overstroming in dijkkring 14 te voorkomen bij het bezwijken van een primaire kering in de





dijkringen 15 of 44 (Asselman, N. en A. de Wit, 2009). Er zijn dan ook bepaalde overstromings-scenario's denkbaar voor de dijkringen 15 en 44 die een bedreiging kunnen vormen voor de Haarlemmermeer. In deze gevallen geldt dan dat na het bezwijken van de primaire kering in een der dijkringen 15 of 44 en het falen (overlopen) van de C-kering, ook nog de regionale kering van de Haarlemmermeer zou moeten bezwijken.

Blijkens het bovenstaande vindt overstroming van de Haarlemmermeer als gevolg van het bezwijken van een primaire kering alleen plaats bij het optreden van een van de (of beide) volgende gebeurtenissen:

- Het overlopen van de regionale kering.
- Het op een of meer plaatsen bezwijken van de regionale kering als gevolg van de primaire overstromingsgebeurtenis.

Het eerste verschijnsel wordt bepaald door de waterstanden die na verloop van tijd in het regionale systeem zullen optreden en de hoogte van de bestaande regionale kering. Van belang daarbij zijn de waterstanden die van toepassing zijn voor de bezwijklocatie(s) van de primaire overstroming en de wijze waarop deze waterstanden zich in het boezemsysteem kunnen verspreiden en opbouwen. Uit de beschikbare voorbeeldberekeningen blijkt dat de omvang van de mogelijke overstromingen door overloop van de regionale kering in de huidige situatie beperkt is, tenzij de kritieke condities zich heel lang (orde weken) zouden kunnen handhaven.

Dat betekent dat een omvangrijke overstroming van de Haarlemmermeer in principe alleen zal optreden bij het bezwijken van de regionale kering. De cruciale vraag is dan of de standzekerheid van de regionale kering zou zijn gewaarborgd bij de belastingsituaties die door het bezwijken van de primaire kering kunnen ontstaan. Op deze vraag is niet direct een eenduidig antwoord te geven. In een studie van Deltares (Van den Berg, F. en M. van der Ruyt, 2009) is op grond van een aantal voorbeeldtrajecten van regionale keringen vastgesteld dat in het algemeen niet van voldoende standzekerheid kan worden uitgegaan, met uitzondering van de boezemkaden in de hoogste veiligheidsklasse (klasse V). Voor de regionale kering

van de Haarlemmermeer is klasse V van toepassing. Hieruit zou kunnen worden geconcludeerd dat deze kering bij een primaire overstromingsgebeurtenis waarschijnlijk niet zou bezwijken. Dat is in ieder geval het uitgangspunt geweest voor de overstromingsscenario's die zijn beschouwd in VNK2 (Jongejan, R.B., 2010) en die de basis vormen voor de onderbouwing van de nieuwe landelijke normen voor de primaire waterkeringen in het Deltaprogramma Veiligheid. In de hiervoor gemaakte berekeningen van de primaire overstromingsgebeurtenissen wordt ervan uitgegaan dat in de Haarlemmermeer (en op de luchthaven Schiphol) geen overstroming zal optreden als gevolg van het bezwijken van een regionale kering. Bij de vaststelling van de nieuwe normen voor de primaire waterkeringen spelen de overstromingsrisico's van de Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol dus verder geen rol. Bezien vanuit de samenhang tussen de nationale en regionale waterveiligheid lijkt het gewenst de consequenties van de aanname dat de regionale kering bij een primaire overstroming niet zou bezwijken nader te onderzoeken.

Het is belangrijk te realiseren dat de vigerende normstelling voor de overstromingsveiligheid niet is gebaseerd op een vastgestelde overstromingskans, maar op een maatgevende hoogwaterstand bij een gedefinieerde overschrijdingsfrequentie (overschrijdingskans). Het bereiken van de maatgevende hoogwaterstand behorend bij de gedefinieerde overschrijdingskans zal in het algemeen nog niet direct leiden tot het falen van de kering en het optreden van een daadwerkelijke overstroming. In het verleden werd algemeen aangenomen dat de werkelijke overstromingskansen beduidend kleiner zouden zijn dan de in de normstelling gehanteerde overschrijdingskansen. In het afgelopen decennium is door het Projectbureau VNK (Veiligheid Nederland in Kaart) veel ervaring opgedaan met de gedetailleerde berekening van overstromingskansen, op grond van het samenspel van verschillende relevante faalmechanismen. Daarbij is gebleken dat de berekende overstromingskansen per situatie aanzienlijk kunnen verschillen en zeker niet per definitie kleiner zijn dan de overschrijdingskans waarop het ontwerp van de kering is gebaseerd. Overigens geldt dat overstromingsveiligheid van de duinenkust

thans wel is gebaseerd op een maximaal toelaatbare faalkans van de eerste duinenrij.

Ten behoeve van de in dit jaar te nemen Deltabeslissingen wordt thans gewerkt aan een nieuw systeem van waterveiligheidsnormen gebaseerd op een risicobenadering. Daarbij worden de kansen op, en de gevolgen van, een overstroming expliciet beschouwd. De uiteindelijke normen zullen worden uitgedrukt in overstromingskansen. Binnen de risicobeschouwing wordt onderscheid gemaakt naar gevolgen in termen van slachtoffers en economische schade. Voor het bepalen van het slachtofferrisico geldt daarbij een nader onderscheid naar de kans op overlijden van een enkel persoon als gevolg van een overstroming (gekoppeld aan een bepaalde locatie) versus het overlijden van een groep personen van een bepaalde omvang. Om de ruimtelijke differentiatie van kansen en gevolgen op adequate wijze tot uitdrukking te kunnen brengen wordt deze benadering gekoppeld aan een indeling van het systeem van primaire keringen in nader gedefinieerde trajecten, met uit oogpunt van de risicobenadering min of meer gelijkwaardige kenmerken. Hiermee wordt het principe van het toekennen van een uniforme veiligheidsnorm per dijkkring dus verlaten.

### Bedreiging door het bezwijken van een regionale kering

Voor de regionale kering rond de Haarlemmermeer geldt de thans hoogst mogelijke norm voor de overstromingsveiligheid (1/1000 per jaar gebaseerd op de overschrijdingskans van de maatgevende hoogwaterstand). Ook in dit geval is het goed mogelijk dat de kans op het optreden van een daadwerkelijke overstroming kleiner is. Op grond van de gestelde normen zouden de kansen op het optreden van een overstroming van de Haarlemmermeer door het bezwijken van de regionale kering (Ringvaartkade) groter zijn dan de kansen op een overstroming door het bezwijken van een primaire waterkering. In het geval van het bezwijken van de Ringvaartkade wordt de omvang van de overstroming (in de zin van overstroomd gebied en overstromingsdiepte) echter sterk beperkt door het beschikbare boezemwatervolume.

Door het Hoogheemraadschap van Rijnland zijn nadere analyses gemaakt van de aard en omvang van de overstromingen die in de Haarlemmermeer zouden kunnen optreden op grond van berekeningen met het Calamiteiten Informatie Systeem (Hoogheemraadschap van Rijnland, 2008). De resultaten zijn vastgelegd in een 'overstromingsfrequentiekaart' die aangeeft hoe vaak bepaalde delen van de Haarlemmermeer zouden onderlopen (uitgaande van de beschouwde doorbraaklocaties) en een 'kaderisicokaart' die laat zien voor welke delen van de kering de schade bij een doorbraak het grootst is. Het algemene beeld is dat de overstromingsfrequenties en overstromingsdiepten van het grootste deel van het gebied waarin Schiphol zich bevindt vrij beperkt zijn. Door de potentieel grote schade die op en rond het terrein van de luchthaven kan optreden is het zuidoostelijke stuk van de regionale kering (ter hoogte van Schiphol) wel als een van de meest risicovolle delen aangemerkt.

De gevolgen van een aantal specifieke overstromingen waardoor (een deel) van de luchthaven zou worden getroffen zijn nader beschreven in (Keizer, A.J., 2008). Dit rapport geeft de resultaten van afzonderlijke overstromingsberekeningen in het geval van het bezwijken van de Ringvaartkade op een aantal locaties in de periferie van de luchthaven, te weten een locatie noordelijk van Schiphol bij het dorp Zwanenburg; een locatie ten zuidoosten van Schiphol ter hoogte van de Westeinderplas; en een locatie direct ten oosten van Schiphol. Bij een doorbraak op de locatie bij Zwanenburg wordt, naast het dorp Zwanenburg zelf, alleen de omgeving van het noordelijke deel van de Polderbaan en de Zwanenburgbaan getroffen. Gezien de geringe overstromingsdiepte ter plaatse van de landingsbanen (< 0.5 m) komen de landingsbanen in principe niet of nauwelijks onder water en blijven de gevolgen voor Schiphol beperkt. Bij een doorbraak op de locatie bij de Westeinderplas treedt een overstroming op van grote omvang omdat de Westeinderplas hier in directe verbinding staat met de Ringvaart en een groter watervolume min of meer direct kan instromen. Hierdoor zou ook een deel van Schiphol (rond het zuidelijke deel van Kaagbaan en Aalsmeerbaan) worden getroffen. De overstromingsdiepten in de buurt van Schiphol blijven daarbij



echter beperkt tot enige decimeters (in ieder geval < 0.5 m). Een doorbraak op een locatie direct ten oosten van Schiphol vormt de meest directe bedreiging voor Schiphol. De omvang van de overstroming is weliswaar beperkt, maar de kern van het overstromde gebied bevindt zich ter hoogte van de Schiphol Oostbaan, de Aalsmeerbaan en de Kaagbaan en zou ook de terreinen en activiteiten in de directe omgeving daarvan treffen. De overstromingsdiepten zouden orde 0.50 m kunnen bedragen, maar in ieder geval nergens hoger worden dan 1.0 m.

### Ontwikkeling overstromingsveiligheid door klimaatverandering

Op grond van het huidige en verwachte beleid aangaande de overstromingsveiligheid geldt dat door de nationale en regionale overheden te allen tijde moet worden gewaarborgd dat aan de vastgestelde veiligheidsnormen zal worden voldaan. De effecten van klimaatverandering kunnen o.a. van invloed zijn op de hydraulische randvoorwaarden (waterstanden en effecten van wind, golven) die bepalend zijn voor de overstromingskans. Het uitvoeren van de eventueel benodigde aanpassingen om aan de gestelde veiligheidsnormen (in de zin van overstromingskansen) te blijven voldoen vormt echter onderdeel van het bestaande beleid. In die zin is er dus geen directe invloed van klimaatverandering op de overstromingskans. Bezien vanuit de mogelijke gevolgen is een dergelijke invloed er wel. Immers, bij een toename van de kritische waterstanden die het optreden van een overstromingsgebeurtenis bepalen zullen omvang en overstromingsdiepte, en daarmee de verwachte schade en het verwachte aantal slachtoffers, toenemen ook al blijven de overstromingskansen gelijk. In dit verband is er een duidelijk verschil tussen de hydraulische randvoorwaarden die bepalend zijn voor de primaire en regionale keringen. Als gevolg van de effecten van zeespiegelstijging en de toename van rivierafvoeren kunnen de maatgevende waterstanden voor de primaire keringen door klimaatverandering significant toenemen. Dit is in principe niet, of in ieder geval veel minder, het geval voor de hydraulische randvoorwaarden die bepalend zijn voor de regionale keringen aangezien deze vooral worden bepaald door menselijke beslissingen betreffende het peilbeheer van de regionale boezemwateren. Naast de

effecten van klimaatverandering kunnen de gevolgen van een overstroming ook toenemen door groei van de bevolking en/of economische groei (toename productiewaarden en geïnvesteerd vermogen). Dergelijke veranderingen zouden in de hoogte van de toekomstige veiligheidsnormen tot uitdrukking moeten worden gebracht.

Voor de bedreiging van Haarlemmermeer en Schiphol als gevolg van het directe bezwijken van een regionale kering zal de invloed van klimaatverandering dus zeer beperkt zijn. Voor de bedreiging als gevolg van het bezwijken van een primaire kering is deze invloed wel van belang. In (Van der Most, H. en F. Klijn, 2013) worden de resultaten gegeven van een illustratieve overstromingsberekening voor het bezwijken van de primaire kering bij Katwijk in de huidige situatie en een toekomstige situatie waarbij de maatgevende waterstand op zee met 1.3 m is toegenomen. In beide gevallen is daarbij aangenomen dat de Ringvaartkade niet zou bezwijken. In het eerste geval zou in de Haarlemmermeer geen overstroming optreden met uitzondering van een zeer beperkt gebied met lokale overlast door het overlopen van de kade. In het tweede geval zouden zich in verschillende delen van de Haarlemmermeer (met inbegrip van het zuidoostelijk deel van Schiphol) door het overlopen van de kaden vrij aanzienlijke lokale overstromingen voordoen waarbij plaatselijk waterdiepten boven 1.0 m worden bereikt. Indien in dit geval zou worden aangenomen dat de Ringvaartkade zou bezwijken dan wordt de gehele Haarlemmermeer overstromd. Hierbij moet worden opgemerkt een verandering van de maatgevende waterstand met 1.3 m als zeer extreem moet worden beschouwd en beduidend groter is dan de veranderingen die zouden volgen uit de door de Deltacommissie beschouwde scenario's.

Het voorgaande maakt duidelijk dat door het toenemen van de maatgevende waterstanden voor de primaire keringen als gevolg van klimaatverandering ook aanpassingen aan de regionale keringen zouden moeten plaatsvinden om het regionale veiligheidsniveau te kunnen handhaven in het geval van een primaire overstroming. Waar er in de huidige situatie al vraagtekens kunnen worden geplaatst bij de standzekerheid van de regionale kering indien een primaire overstroming zou op-

treden is dat bij een toekomstige overstroming (met hogere maatgevende waterstanden) zeker het geval. En ook de hoogten van de regionale keringen zouden moeten worden aangepast om in dat geval het ontstaan van overstromingen door het verschijnsel 'overloop' te beperken. Begrepen is dat in de huidige normstelling betreffende de overstromingsveiligheid van de regionale keringen van boezemwateren niet expliciet rekening wordt gehouden met de mogelijke belastingsituaties die kunnen ontstaan bij het bezwijken van een primaire kering.

### Gevolgen van een eventuele overstroming voor Schiphol

Mainport Schiphol vormt een internationaal en multimodaal knooppunt van vervoersstromen (mensen en goederen), geld, informatie, kennis en cultuur, als onderdeel van een wereldwijd netwerk. Als knooppunt in het wereldwijde luchttransportnetwerk worden meer dan 100 lijndienstmaatschappijen gefaciliteerd die in 2012 ruim 50 miljoen reizigers en 1,5 miljoen ton vracht vervoerden naar/van meer dan 300 directe herkomsten en bestemmingen. Daarbij is op jaarbasis sprake van ruim 420.000 vliegbewegingen. Als 4e luchthaven van Europa vormt Schiphol een van de belangrijkste 'hubs' in het intercontinentale vervoersnetwerk.

De mainport functioneert als een geheel van elkaar versterkende bedrijven en activiteiten en maakt de regio Amsterdam tot een aantrekkelijke vestigingslocatie voor internationaal georiënteerde bedrijven en instituten. Daarmee vormt Mainport Schiphol een belangrijke motor voor de Nederlandse economie. Het luchthaventerrein zelf vormt de vestigingsplaats van 500 bedrijven met een totale directe werkgelegenheid (op locatie) van 64000 personen. De totale bijdrage aan de werkgelegenheid in Nederland wordt geschat op 290.000 banen. De totale waarde van de vaste activa op het luchthaventerrein bedraagt 3,9 miljard euro. De totale bijdrage van de luchtvaartsector aan de Nederlandse economie (Bruto Nationaal Product) wordt geschat op 26 miljard euro per jaar (Schiphol Group, 2013).

Uit de voorgaande beschouwing van overstromingskansen en -scenario's blijkt dat het optreden van een overstroming die een deel van Schiphol zou kunnen treffen niet kan worden uitgesloten. De daarbij optredende overstromingsdiepten zijn naar verwachting beperkt (vermoedelijk in de orde van 0,5 m of minder). De kans op het optreden van slachtoffers op de luchthaven is nagenoeg verwaarloosbaar, maar gezien de belangen die zijn gemoeid met het functioneren van Mainport Schiphol kan een dergelijke gebeurtenis zeer grote economische en maatschappelijke consequenties hebben. Met het droog- en schoonmaken van het overstroomde gebied en het herstel van infrastructuur, installaties en systemen (leidingen, kabels, etc.) kunnen dagen en mogelijk weken zijn gemoeid. De gevolgen voor de internationale vervoersstromen en de regionale en nationale economie van het mogelijk uitvallen van een dergelijk vitaal knooppunt gedurende een langere periode zijn niet of nauwelijks te kwantificeren. De standaardmethoden die worden gehanteerd bij de schadebepaling van overstromingsgebeurtenissen beperken zich doorgaans tot de directe schade en de mogelijke gevolgen van omzetverlies. Bij de werkelijke effecten gaat het echter om de directe en indirecte economische gevolgen die door de gehele internationale luchttransportsector, alsmede door een groot deel van de regionale en de nationale economie zullen worden ondervonden. De mogelijke imagoschade kan daarbij in potentie ook gevolgen hebben voor de rol en positie van Mainport Schiphol op langere termijn. Voor het tot uitdrukking brengen van dit soort schade-effecten zijn de thans gehanteerde benaderingen voor het vaststellen van de schade door overstroming volstrekt ontoereikend.

Gegeven de grote complexiteit van de gevolgebepaling en de daarbij van toepassing zijnde onzekerheden lijkt het in eerste instantie minder zinvol veel tijd en aandacht te besteden aan de kwantificering van de economische schade van mogelijke overstromingsscenario's. Veeleer is het van belang om te trachten de kans op, en de gevolgen van, mogelijke overstromingsgebeurtenissen binnen praktische mogelijkheden en aanvaardbare kosten zoveel mogelijk te beperken. Gezien de kenmerken van het luchthavengebied en zijn di-

recte omgeving is het denkbaar dat in dit verband bepaalde kosteneffectieve verbeteringen mogelijk zijn. Hierop wordt in het vervolg verder ingegaan.

## 5.2 Mogelijkheden vergroting overstromingsveiligheid Schiphol

### Kosteneffectiviteit vergroting overstromingsveiligheid

Voor de waterveiligheid van de Haarlemmermeer en van Schiphol gelden de strengste normen die thans in Nederland van toepassing zijn. De kans op het bezwijken van een primaire kering die zou leiden tot een overstroming van de Haarlemmermeer is naar verwachting zeer gering, enerzijds vanwege de hoge veiligheidsnorm voor de primaire keringen sec, maar ook omdat een dergelijke overstroming alleen kan optreden indien ook de regionale kering op een of meer plaatsen zou bezwijken. In het geval van het eventueel direct bezwijken van de regionale kering (Ringvaart) wordt de omvang van de overstroming (overstroomd gebied en overstromingsdiepte) beperkt door het beschikbare boezemwatervolume.

Toch bestaat er binnen de huidige veiligheidsnormen een bepaalde kans dat (een deel van) Schiphol door een overstroming wordt getroffen. Gezien de grote economische belangen die zijn gemoeid met het functioneren van de luchthaven zou dat kunnen leiden tot een zeer omvangrijke schade. In de beschouwing van de overstromingsveiligheid speelt het functioneren van de regionale keringen een sleutelrol. Voor het optreden van een daadwerkelijke overstroming is het immers noodzakelijk dat de regionale kering bezwijkt of het water over de regionale kering stroomt. De overstromingsveiligheid van de Haarlemmermeer en Schiphol wordt uiteindelijk dus in belangrijke mate bepaald door de standzekerheid en de hoogte van de regionale kering.

Dit roept de vraag op of er ten aanzien van de overstromingsveiligheid van de regionale keringen rond het luchthaventerrein op dit moment

sprake is van een optimale situatie. Gezien de grote potentiële economische schade is het denkbaar dat de verwachte schade die samenhangt met de huidige veiligheidsniveaus door het treffen van aanvullende maatregelen op een kosteneffectieve wijze kan worden gereduceerd. Een eenvoudig voorbeeld kan deze gedachtegang illustreren. Stel dat de huidige kans op een regionale overstroming die het luchthaventerrein treft gelijk zou zijn aan 1/1000 per jaar. En stel dat de totale directe en indirecte economische schade bij het optreden van een dergelijke gebeurtenis 3 miljard euro zou bedragen. Dat leidt tot een verwachtingswaarde van het overstromingsrisico van € 3 miljoen/jaar. Indien maatregelen zouden kunnen worden getroffen om de overstromingskans en/of de gevolgen (en daarmee het risico) van een overstroming met bijvoorbeeld de helft te reduceren (dus tot € 1,5 miljoen/jaar) zou daarmee een totale investering in maatregelen ter reductie van het risico in de orde van tientallen miljoenen gerechtvaardigd kunnen zijn. Vanuit dit perspectief is het dus goed denkbaar dat kosteneffectieve maatregelen ter reductie van het regionale overstromingsrisico zouden kunnen worden gerealiseerd.

### Mogelijke maatregelen voor vergroten regionale overstromingsveiligheid

Bij het identificeren van mogelijke maatregelen voor het vergroten van de regionale overstromingsveiligheid zou moeten worden uitgegaan van de principes van de 'meerlaags' veiligheid. In deze benadering worden mogelijke maatregelen beschouwd in drie opeenvolgende lagen, te weten: (1) preventie; (2) beperken/voorkomen gevolgen door ruimtelijke ingrepen; en (3) rampenbeheersing. De maatregelen in de eerste laag zijn gericht op het voorkómen van een overstroming, veelal de belangrijkste pijler van het waterveiligheidsbeleid. De volgende lagen zijn vooral gericht op het beperken van de gevolgen van een overstroming. Binnen de tweede laag ligt het accent daarbij op maatregelen in de sfeer van ruimtelijke inrichting en adaptatie. De derde laag zet vooral in op de voorbereiding en organisatie van acties voor het beheersen van een overstroming in de zin van evacuatie, hulpverlening en herstel, met een accent op het beperken van (gevolgen voor) slachtoffers.

Wat betreft de maatregelen in de sfeer van preventie ligt het accent in dit geval op de mogelijke aanpassing van de regionale keringen. Immers, een overstroming van de Haarlemmermeer als gevolg van het bezwijken van een primaire kering kan zich alleen voordoen indien het water over de regionale kering loopt of indien de regionale kering zou bezwijken als gevolg van de belastingsituatie die bij een primaire overstromingsgebeurtenis ontstaat. Logische opties in dit verband zijn het (lokaal) verhogen of versterken van regionale keringen. Andere mogelijkheden hebben betrekking op het compartimenteren van het regionale boezemsysteem met flexibele (tijdelijke) keringen om het instromend watervolume bij het optreden van een bres te beperken. In het deel van de Ringvaart in de omgeving van Schiphol zijn overigens al enkele van dit soort voorzieningen beschikbaar.

Binnen de tweede laag kunnen bepaalde gebiedsgerichte maatregelen worden beschouwd, zoals bijvoorbeeld (Keizer, A.J., 2008):

- Gebiedscompartimentering.
- Bescherming waardevolle gebieden.
- Het gebruik van retentiegebieden.
- Waterloopcompartimentering.

Door het gebruik van lijnvormige elementen kan binnen het overstroombare gebied van de Haarlemmermeer een compartimentering worden aangebracht met als doel bepaalde deelgebieden bij een doorbraak van overstroming te vrijwaren, het water te vertragen of te geleiden. Ook kunnen waardevolle gebieden worden beschermd door de aanleg van secundaire keringen of lokale ophoging. Deelgebieden met relatief laagwaardige vormen van landgebruik kunnen worden gebruikt als retentiegebied voor de berging van delen van het overstromingsvolume. Door het compartimenteren van waterlopen kan worden voorkomen dat het water zich snel via de waterlopen in de polder kan verspreiden. De omgeving van Schiphol wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van een veelheid aan infrastructurele voorzieningen (zoals wegen, spoorlijnen, kaden en landingsbanen) met een (deels) verhoogde ligging. Bij de genoemde maatregelen is het van belang dat zo goed mogelijk gebruik wordt gemaakt van de aanwezigheid van de verschillende vormen van bestaande lijninfrastructuur.

Daarnaast kan binnen de tweede laag een groot aantal maatregelen worden getroffen die zijn gericht op het beperken van de schadegevoeligheid van gebouwen, infrastructuur en voorzieningen (in essentie het voorkomen dat bepaalde ruimten kunnen onderlopen en dat het water in aanraking kan komen met kwetsbare voorzieningen). Specifieke eisen voor het functioneren van de luchthaven zijn daarbij bijvoorbeeld het waarborgen van de elektriciteitsvoorziening; de aanvoer van vliegtuigbrandstof (kerosineleidingen); het functioneren van systemen voor communicatie, verlichting en afwatering (bemaling). Voorts moet de overstromingsvrije ligging van aanvoerwegen worden gewaarborgd en is het van groot belang dat het onderlopen van tunnels (zoals de spoortunnel) wordt voorkomen. In dit verband wordt opgemerkt dat met het treffen van dit soort maatregelen ook de kwetsbaarheid voor het optreden van schade door lokale wateroverlast (als gevolg van extreme neerslag) aanzienlijk zou kunnen worden verkleind.

Maatregelen binnen de derde laag zijn voor het waarborgen van de overstromingsveiligheid van Schiphol wellicht minder relevant gezien de zeer beperkte slachtofferrisico's bij de voor Schiphol relevante overstromingsscenario's. Wel is van groot belang dat tussen alle betrokken partijen goede afspraken worden gemaakt en protocollen worden ontwikkeld met betrekking tot het gebruik van de bestaande infrastructuur en de inzet van beschikbare voorzieningen, gericht op het beperken van de omvang van overstromingen; het vrijwaren van bepaalde gebieden; en het beperken van schade

### Luchthaven Schiphol als 'safe haven' en 'emergency airport'

De beschouwing van de mogelijke overstromingsscenario's van de Haarlemmermeer en Schiphol leert dat het optreden van een overstroming niet kan worden uitgesloten. Anderzijds geldt dat de kansen op het optreden van een overstroming gering zijn en dat de omvang van mogelijke overstromingen (zeker voor de Luchthaven Schiphol) beperkt is. Als kan worden uitgegaan van het functioneren van de Ringvaart als extra bescherming voor de Haarlemmermeer bij het bezwijken van een primaire kering is de conclusie



dat de Haarlemmermeer en de Luchthaven Schiphol feitelijk bijzonder veilig zijn en zich in dit opzicht positief onderscheiden van hun directe omgeving. Het is denkbaar dat met het treffen van bepaalde, aanvullende maatregelen een situatie kan worden bereikt waarbij de overstromingsveiligheid van Schiphol zodanig wordt vergroot dat de overstromingsvrije ligging en het kunnen functioneren als luchthaven binnen min of meer extreme omstandigheden wordt gewaarborgd. Bij het optreden van een grote, primaire overstroming is het kunnen beschikken over een nagenoeg overstromingsvrije plaats ('safe haven') binnen een zeer dichtbevolkt en economisch waardevol gebied als Centraal Holland op zich al van groot belang. Maar als dit gebied tevens kan functioneren als centraal gelegen luchtbrug en multimodaal vervoersknooppunt ('emergency airport') ontstaat een unieke potentie. Een dergelijke faciliteit zou van enorme waarde kunnen zijn om de gevolgen van een eventuele primaire overstroming in een wijde omgeving te beperken. Daarmee zou een vergroting van de overstromingsveiligheid van Schiphol in potentie verschillende doelen kunnen dienen. Enerzijds kan het optreden van fysieke schade en de economische schade van het uitvalven van de luchthaven worden voorkomen (met name van belang bij een regionale calamiteit). Anderzijds kunnen de gevolgen van een grote, primaire overstroming in Centraal Holland worden beperkt. Een bijkomend voordeel is dat de status van 'emergency airport' ook voor het internationale imago een zeer positieve uitstraling kan hebben.

Wat betreft de potenties van een luchthaven in overstromingsgevoelig gebied als 'emergency airport' geldt dat een idee van soortgelijke strekking momenteel nader wordt beschouwd voor de Luchthaven Zestienhoven door een consortium van publieke en private partijen (zoals stad Rotterdam, provincie Zuid-Holland, Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond, TUD, Deltares en diverse commerciële bedrijven). Binnen dit zogenoemde RHEA Consortium (Rotterdam – The Hague Emergency Airport) wordt expliciet aandacht besteed aan de mogelijkheden voor het vergroten van de overstromingsveiligheid op grond van het 'meelaags' veiligheidsconcept. Hierbij ligt met name ook een accent op de maatregelen in de sfeer van

risicobeheersing (de 'derde' veiligheidslaag) en de hieraan verbonden potenties voor technologische vernieuwing en marktontwikkeling.

### 5.3 Behoeften aanvullend onderzoek

Op grond van het bovenstaande lijkt het opportuun om de overstromingsveiligheid van de Luchthaven Schiphol, zowel in de huidige als de toekomstige situatie, nader aan de orde te stellen. Dit leidt tot de concrete aanbeveling voor de uitvoering van een aanvullend onderzoek, aan te duiden als: 'Regionaal onderzoek overstromingsveiligheid Schiphol'. Specifieke doelen van een dergelijk onderzoek zouden zijn:

- De gedetailleerde vaststelling van de huidige en toekomstige overstromingsveiligheid van de Haarlemmermeer en Luchthaven Schiphol.
- Een verkenning van (kosteneffectieve) mogelijkheden voor het vergroten van de overstromingsveiligheid van Luchthaven Schiphol.
- Een verkenning van de potenties van Schiphol als 'safe haven' en 'emergency airport' binnen het overstromingsgevoelige gebied van Centraal Holland.

Gegeven de analyses die in het recente verleden zijn uitgevoerd is veel informatie beschikbaar over mogelijke overstromingsscenario's die kunnen leiden tot overstroming van de Haarlemmermeer en de luchthaven Schiphol (zoals voor een deel ook in dit rapport beschouwd). Op grond hiervan zou een samenhangend en actueel beeld moeten worden geschetst van de kansen, gevolgen en risico's, bezien vanuit de optiek van het functioneren van de Luchthaven Schiphol. In deze beschouwing zou moeten worden ingegaan op een aantal specifieke vragen en behoeften, zoals:

- De gevolgen voor de overstromingsveiligheid van dijkkring 14 (Zuid-Holland) van veranderingen in de landelijke normstelling en andere ontwikkelingen (zoals de integrale beschouwing van de waterveiligheid voor dijkringen 14, 15 en 44 in Centraal Holland).
- Functioneren en standzekerheid van de regionale kering in geval van het optreden van een

overstroming door het bezwijken van een primaire kering (kans op overstroming van Haarlemmermeer/Schiphol door overloop/overslag of bezwijken van regionale kering).

- De gevolgen van klimaatverandering voor toekomstige maatgevende hoogwaterstanden bij een overstroming (met name door bezwijken primaire kering) en de benodigde aanpassingen van de regionale kering (om lokale overstroming door overloop of bezwijken regionale kering in de toekomst te voorkomen).
- Vaststelling van de kansen op een regionale overstroming waarbij Schiphol wordt getroffen aan de hand van een aantal realistische overstromingsscenario's (op grond van de verschillende mogelijke bedreigingen vanuit het nationale en regionale systeem).

Een verkenning van (kosteneffectieve) mogelijkheden voor het vergroten van de overstromingsveiligheid van Schiphol zou moeten worden uitgevoerd aan de hand van de concrete technische mogelijkheden in het kader van het concept van meerlaagsveiligheid. In eerste instantie moet daartoe een inventarisatie worden gemaakt van de al bestaande werken en voorzieningen voor de beheersing van lokale overstromingsrisico's. Vervolgens zouden aanvullende maatregelen moeten worden beschouwd om het overstromen van het luchthaventerrein te voorkomen dan wel de gevolgen van een mogelijke overstroming verder te beperken. In deze verkenning moet expliciet worden ingegaan op de kosten van mogelijke maatregelen en de effecten in de zin van vermindering van overstromingsrisico's.

De verkenning van de potenties van Schiphol als 'safe haven' en 'emergency airport' is gericht op het mogelijke gebruik van de luchthaven ter ondersteuning van de rampenbeheersing bij het optreden van een grote primaire overstromingsgebeurtenis in Centraal Holland volgens een aantal realistische scenario's. Centraal daarbij staan de eisen die aan het functioneren van de luchthaven als 'emergency airport' worden gesteld om de gevolgen in het rampgebied (slachtoffers en schade) zoveel mogelijk te beperken (in de zin van infrastructurele voorzieningen, aan- en afvoervoermogelijkheden, opvang en hulpverlening, bevoorradig, communicatie en logistiek). De cruciale

vraag is welke maatregelen zouden moeten/kunnen worden getroffen om het functioneren van de luchthaven onder dergelijke extreme omstandigheden te kunnen waarborgen.

Wat betreft het beleid, beheer en de uitvoerende taken gerelateerd aan de regionale waterveiligheid is er sprake van een groot aantal betrokken partijen, zoals: het Rijk (Ministerie van I&M en Rijkswaterstaat); de provincies (Noord-Holland en Zuid-Holland); het Hoogheemraadschap Rijnland; de gemeente Haarlemmermeer; de Veiligheidsregio Kennemerland; de Luchthaven Schiphol; en andere lokale partijen. Voor de uitvoering van het bovengenoemde onderzoek is een integrale aanpak noodzakelijk waarbij alle bovengenoemde partijen worden betrokken. Specifieke aandachtspunten hebben daarbij betrekking op:

- De samenhang en afstemming van het nationale en regionale veiligheidsbeleid.
- De afstemming van de verschillende regionale maatregelen die in het kader van de meerlaagsveiligheid kunnen worden getroffen.
- De afspraken en procedures betreffende de coördinatie en uitvoering van acties en taken bij het optreden van een concrete overstromingsdreiging voor de luchthaven Schiphol.

In breder verband is de coördinatie en afstemming van taken bij het optreden van overstromingsdreiging in het grotere gebied van dijkringen 14, 15 en 44 geregeld in een afstemmingsplan waarbij alle relevante partijen zijn betrokken. De specifieke uitwerking van de afspraken en procedures voor het omgaan met overstromingsdreiging voor de luchthaven Schiphol zouden onderdeel kunnen vormen van dit afstemmingsplan.





# 6

## Aanzet voor de regionale adaptatiestrategie



## 6.1 Bouwstenen adaptief management proces

De verkenning en uitwerking van de mogelijke effecten van klimaatverandering in het huidige rapport is gebaseerd op de volgende hoofdcategorieën:

- Effecten van lokale weersomstandigheden op luchthavenoperaties.
- Effecten op het waterhuishoudingsysteem.
- Effecten op de overstromingsveiligheid.

Het ritme van de dagelijkse activiteiten op een luchthaven wordt gedicteerd door het tijdsverloop van de start- en landingsoperaties. De invloed van de actuele en lokale weersomstandigheden is daarbij van doorslaggevend belang. Het gebruik en de capaciteit van de start- en landingsbanen wordt in de eerste plaats bepaald door de heersende condities betreffende wind en zicht. Daarnaast kan lokale buiactiviteit een negatieve invloed hebben op het mogelijke baangebruik. Dit heeft met name betrekking op het optreden van convectieve buien en daarmee gepaard gaande verschijnselen als hevige neerslag (regen of hagel), onweer en bliksem, en het ontstaan van harde windstoten. Onder winterse omstandigheden kunnen diverse vormen van neerslag (zoals sneeuw, hagel, ijsregen en ijzel) leiden tot aanzienlijke beperkingen in baanbeschikbaarheid en -capaciteit. Het optreden van hogere temperaturen in de toekomst kan leiden tot bepaalde effecten die van invloed zijn op de efficiëntie en kosten van vluchtoperaties en vluchtafhandeling. In Hoofdstuk 3 van dit rapport zijn deze zaken nader beschreven.

Wat betreft de effecten op het waterhuishoudingsysteem ligt het accent op de mogelijke gevolgen van klimaatverandering voor de afwaterings situatie en benodigde waterbuffers. Deze zaken zijn beschreven in Hoofdstuk 4.

Bij de mogelijke effecten op de overstromingsveiligheid is specifiek aandacht besteed aan de overstromingsrisico's van de Haarlemmermeer in het algemeen en de Luchthaven Schiphol in het bijzonder. De bevindingen hieromtrent zijn opgenomen in Hoofdstuk 5.

Op grond van het bovenstaande wordt voor de aanzet van de adaptatiestrategie een onderscheid gemaakt naar de volgende concrete 'bouwstenen':

1. Wind- en zichtcondities.
2. Convectieve buien.
3. Winterse omstandigheden.
4. Hogere temperaturen.
5. Afwaterings situatie en waterbuffers.
6. Overstromingsveiligheid.

De eerstgenoemde vier bouwstenen vallen daarbij onder de hoofdcategorie: effecten op luchthavenoperaties.

In Hoofdstuk 1 is geconstateerd dat in de huidige situatie een continue inspanning wordt gepleegd om de invloed van de actuele weersomstandigheden op de luchthavenoperaties te beheersen en de negatieve gevolgen daarvan zoveel mogelijk te beperken. Dit geldt ook voor de invloeden die bepalend zijn voor de afwaterings situatie en overstromingsveiligheid van de luchthaven. De uitwerking van de adaptatiestrategie wordt derhalve gezien als een logische voortzetting van de huidige management- en operatiepraktijk, gegeven de mogelijke veranderingen die zich in het toekomstige klimaat kunnen voordoen. Feitelijk gaat het daarbij om een verdere invulling en aanscherping van het proces van 'adaptief management'.

Belangrijke aspecten van het proces van adaptief management zijn:

- Anticiperen op mogelijke veranderingen ten aanzien van de relevante weerparameters en de mogelijke effecten daarvan.
- Het identificeren van potentiële problemen en mogelijke responses zoals de aanpassing van beheerprocessen en operaties, of het treffen van fysieke maatregelen.
- Het integreren van de gevolgen van klimaatverandering en mogelijke responses in management- en beleidsbeslissingen en langjarige plannen.

De tijdaspecten van de mogelijke ontwikkelingen vormen een belangrijk aandachtspunt. Het is met name van belang om vroegtijdig de mogelijke effecten te signaleren die kunnen leiden tot min of meer ingrijpende investeringsbeslissingen (bijvoorbeeld betreffende de capaciteit van benodig-



de voorzieningen; de aanpassing van de inrichting van de luchthaven; of de uitbreiding van beschikbare baan capaciteit).

## 6.2 Nadere interpretatie bouwstenen

Bezien vanuit het perspectief van adaptief management is een nadere interpretatie gemaakt van de bouwstenen zoals gedefinieerd in par. 6.1. De interpretatie is gebaseerd op:

- Een indicatie van het belang van de bouwstenen voor de bedrijfsvoering en het functioneren van de luchthaven in de huidige situatie. Daarbij wordt een kwalitatief onderscheid gemaakt in termen van: groot, matig, beperkt.

- Een indicatie van de invloed van de (verandering van) de relevante weerparameters die op verschillende wijzen tot uitdrukking wordt gebracht:
  - In de zin van de aard van het mogelijk optredende effect.
  - In de zin van de wijze van aangrijping van het effect. Hierbij wordt onderscheid gemaakt wordt tussen de directe beïnvloeding van een voor het proces relevante weerparameter, dan wel een indirecte beïnvloeding waarbij klimaatverandering leidt tot het optreden van bepaalde extreme condities.
  - De wijze waarop het mogelijke effect zich in de tijd manifesteert, waarbij onderscheid wordt gemaakt naar continu en incidenteel, met bij het laatste een nader onderscheid naar 'frequent voorkomend' en 'voorkomend onder (min of meer) extreme condities'.

Tabel 2 Beoordeling en typering bouwstenen adaptief management proces

"Bouwstenen" adaptief management proces	Belang bouwsteen voor functioneren luchthaven	Invloed verandering relevante weerparameters			Kennis over verwachte klimaatverandering	Typering acties adaptief management proces
		Aard effect	Aangrijping	In tijd		
1. Wind- en zichtcondities	Groot	Dagelijks baangebruik en -capaciteit	Direct	Continu	Niet/nauwelijks	<b>Anticiperen</b>
2. Convectorische buien	Matig		Direct	Incidenteel Frequent	Inzicht in veranderingsrichting	
3. Winterse omstandigheden	Matig	Capaciteit en kosten operaties	Direct	Incidenteel Frequent ('s winters)	Inzicht in mogelijke veranderingsrichting	<b>Verkennen en kwantificeren</b>
4. Hogere temperaturen	Beperkt	Kosten operaties	Direct	Incidenteel Frequent ('s zomers)	Redelijk kwantitatief inzicht	
5. Afwateringsysteem en waterbuffers	Groot	Investeringen afwateringsysteem	Indirect (via volumina en waterstanden peilvakken)	Incidenteel Onder vrij extreme condities	Redelijk kwantitatief inzicht	<b>Volgen en afwachten</b>
6. Overstromingsveiligheid	Groot	Overstromingsrisico	Indirect (via waterstanden en golven)	Incidenteel Onder zeer extreme condities	Redelijk kwantitatief inzicht	<b>Nader onderzoek</b>

- De huidige stand van de kennis over de verwachte klimaatverandering betreffende de weerparameters die van belang zijn voor de verschillende bouwstenen.

Een overzicht van de beoordeling op grond van deze kenmerken is gegeven in Tabel 2. De beoordeling leidt voor de verschillende bouwstenen tot een algemene 'typering' van de verdere acties in termen van "adaptief management". Deze typing is aangegeven in de laatste kolom van Tabel 2. De beoordeling in Tabel 2 leidt tot het volgende beeld.

#### Wind- en zichtcondities

Het belang van deze condities voor het functioneren van de luchthaven is (zeer) groot en bepalend voor het dagelijkse baangebruik en de capaciteit van de vluchtoperaties. De invloed van het wind- en zichtklimaat op de operaties en de eventuele veranderingen daarin doen zich direct en continu gevoelen. Er is echter geen duidelijk beeld van de mogelijke veranderingen in het toekomstige wind- en zichtklimaat. De verdere acties in de zin van adaptief management zijn daarom getypeerd als 'Anticiperen'.

#### Convectieve buien

Het optreden van convectieve buien kan medebepalend zijn voor baangebruik en -capaciteit. Het belang is beoordeeld als matig (beduidend minder groot dan wind/zicht). De invloed van convectieve buien en de mogelijke veranderingen daarin manifesteert zich direct maar doet zich incidenteel voor (met een vrij grote jaarlijkse frequentie). De huidige inzichten in de mogelijke effecten van klimaatverandering duiden op een toename van de frequentie en hevigheid van convectieve buiactiviteit. Gezien de op dit moment nog beperkte effecten en de onzekerheden betreffende de verdere ontwikkelingen zijn de verdere acties in de zin van adaptief management eveneens getypeerd als: 'Anticiperen'.

#### Winterse omstandigheden

Het belang is beoordeeld als matig. Als zich serieuze winterse omstandigheden voordoen is er een significant effect op de capaciteit en kosten van operaties. De invloed van winterse buien en de mogelijke veranderingen daarin is direct maar

doet zich incidenteel voor. De mate, duur en frequentie van voorkomen kunnen per winterseizoen sterk verschillen. Er zijn bepaalde inzichten in mogelijke veranderingsrichtingen van het klimaat maar die leiden niet tot een eenduidig beeld. Een kwantitatieve verkenning van de mogelijke effecten lijkt haalbaar en zinvol. Op grond daarvan zijn de verdere acties in de zin van adaptief management getypeerd als: 'Verkennen en kwantificeren'.

#### Hogere temperaturen

Vanuit het totale perspectief van de luchthavenoperaties is het belang beoordeeld als beperkt. Het optreden van hogere temperaturen kan van invloed zijn op de kosten van operaties. Deze effecten, en de mogelijke veranderingen daarin, manifesteren zich direct maar incidenteel. De mate, duur en frequentie van voorkomen kunnen per zomerseizoen sterk verschillen. Op grond van beschikbare scenario's zijn er vrij duidelijke inzichten in de aard en omvang van de (gemiddelde) veranderingen die in toekomstige situaties kunnen optreden. Een kwantificering van de mogelijke effecten lijkt haalbaar en zinvol. De verdere acties in de zin van adaptief management zijn daarom getypeerd als: 'Verkennen en kwantificeren'.

#### Afwateringsysteem en waterbuffers

Het belang van een adequaat afwateringsysteem voor het functioneren van de luchthaven is groot. De invloed van het klimaat en de verandering daarvan manifesteert zich indirect en incidenteel (via de te bergen watervolumina en optredende waterstanden in peilvakken onder min of meer extreme condities) en is van invloed op de benodigde investeringen in het afwateringsysteem. Gezien de beschikbare buffers, de bestaande operationele afspraken en de al voorziene maatregelen is de situatie voor de komende jaren/decennia te kwalificeren als stabiel en onder controle. Op termijn kunnen voortschrijdende effecten van klimaatverandering aanleiding geven tot additionele, meer ingrijpende investeringen om de benodigde extra buffers binnen de geldende restricties (beperken open wateroppervlak vanwege gevaar vogelaanvaringen) te kunnen realiseren. De kennis en procedures voor het vaststellen van deze behoeften en het realiseren van de benodigde op-



lossingen zijn beschikbaar. De verdere acties in de zin van adaptief management zijn getypeerd als: 'Volgen en afwachten'.

### Overstromingsveiligheid

Het belang van het waarborgen van de overstromingsveiligheid voor het functioneren van de luchthaven is zeer groot. Om die reden zijn voor de Haarlemmermeer en voor Schiphol ook de hoogste veiligheidsnormen van toepassing. De invloed van het klimaat en de verandering daarvan op de huidige en toekomstige overstromingsrisico's manifesteert zich indirect (via de effecten op de hydraulische belasting van waterkeringen door waterstanden en golven) en incidenteel (alleen onder zeer extreme condities). De huidige en toekomstige kansen op het optreden van een overstromingsgebeurtenis zijn zeer klein. Gezien de potentieel zeer grote gevolgen is het echter denkbaar dat bepaalde ingrepen of aanpassingen gericht op het verder beperken van overstromingsrisico's opportuun zijn. Er bestaat een redelijk kwantitatief inzicht in de effecten van het klimaat en de mogelijke verandering daarvan, maar gezien het complexe karakter van de bepaling van de overstromingsrisico's in de Haarlemmermeer zijn er nog veel vragen over de inschatting en beoordeling van de huidige en toekomstige risico's. Gezien de huidige vragen en de potenties om tot kosteneffectieve verbeteringen te komen zijn de verdere acties in de zin van adaptief management getypeerd als: 'Nader onderzoek'.

## 6.3 Identificatie van mogelijke acties en maatregelen

Wat betreft de identificatie van mogelijke acties in het kader van adaptief management wordt onderscheid gemaakt naar:

- Onderzoek en kennisontwikkeling.
- Monitoring.
- Analyse.

Tabel 3 geeft een overzicht van de acties binnen deze categorieën. Op grond van een meer algemene omschrijving wordt in de tabel voor de verschillende bouwstenen van 'adaptief management'

een nadere specificatie gegeven van de voorgestelde acties gericht op het vergroten van de klimaatbestendigheid van Mainport Schiphol. Tevens wordt in de tabel een duiding gegeven van de mogelijke fysieke en operationele maatregelen die per bouwsteen van toepassing zijn. Vervolgens wordt per afzonderlijke bouwsteen een samenvattende beschrijving gegeven van de voorgestelde acties en mogelijke maatregelen.

### Algemeen

De acties hebben in algemene zin betrekking op:

- Onderzoek en kennisontwikkeling:
  - Ontwikkeling klimaatmodellen gericht op (1) verbeteren vaststellen trends in klimaatverandering op lange termijn en (2) verbeteren mogelijkheden voor bepaling lokale weersverwachtingen op korte termijn.
  - Kennis en methoden voor bepaling effecten klimaat(verandering).
- Monitoring:
  - Monitoring en verwerking van meteorologische gegevens en ontwikkeling langjarige tijdseries voor relevante weerparameters.
  - Registratie van effecten en gevolgen van klimaatverandering.
- Verkenningen en analyses:
  - Uitvoering van data-analyses en vaststelling van trends in klimaatontwikkeling.
  - Ontwikkeling van klimaatscenario's.
  - Analyse van effecten klimaatverandering en mogelijke adaptieve maatregelen.

In verband met het laatste punt is het relevant om op te merken dat eind mei 2014 een nieuwe set van (vier) KNMI klimaatscenario's voor Nederland is opgeleverd ter vervanging van de scenario's die in 2006 door KNMI zijn vastgesteld. De nieuwe generatie klimaatscenario's voorziet tevens in een uitbreiding van de gehanteerde detailniveaus, zowel ten aanzien van het aantal gehanteerde weerparameters als de regionale differentiatie (KNMI, 2014). Van deze zeer recent beschikbaar gekomen klimaatscenario's is in het huidige rapport nog geen gebruik gemaakt.

### Wind- en zichtcondities

Een belangrijke ontwikkeling voor het beheersen van de effecten van de wind- en zichtcondities heeft betrekking op de verbetering van de moge-

lijkheden voor de vaststelling van het actuele, lokale wind- en zichtklimaat en de verwachte veranderingen daarvan op korte termijn. De verbetering van meetmethoden en de toepassingsmogelijkheden van gedetailleerde klimaatmodellen (zoals het model HARMONIE) speelt hierin een belangrijke rol. Andere veelbelovende ontwikkelingen hebben betrekking op de mogelijkheden voor de vast-

stelling van gedetailleerde "future weather" scenario's indien zich op termijn bepaalde trends in het wind- en zichtklimaat zouden manifesteren. De onzekerheden in de ontwikkeling van de wind- en zichtcondities op langere termijn onderstrepen het belang van de beschrijving en monitoring van het lokale wind- en zichtklimaat. Specifieke aspecten die daarbij van belang kunnen zijn hebben

Tabel 3 Overzicht voorgestelde acties en mogelijke maatregelen in relatie tot proces adaptief management

Bouwstenen proces adaptief management	Voorgestelde acties			Mogelijke fysieke en operationele maatregelen
	Onderzoek en kennisontwikkeling	Monitoring	Analyse	
<b>Algemeen</b>	Verbetering klimaatmodellen: • trends in lange termijn ontwikkeling klimaatverandering • lokale weersverwachtingen op korte termijn Kennis en methoden voor bepaling effecten klimaat(verandering)	Monitoring en verwerking van meteorologische gegevens en ontwikkeling langjarige tijdseries voor relevante weerparameters Registratie van effecten en gevolgen klimaatverandering	Data-analyses en vaststellen trends Ontwikkeling klimaat-scenario's Analyse van effecten klimaatverandering en mogelijke adaptieve maatregelen	
<b>1. Wind- en zichtcondities</b>	Ontwikkeling en toepassing gedetailleerd klimaatmodel (zoals HARMONIE) voor vaststellen actueel en lokaal wind- en zichtklimaat en verwachtingen op korte termijn *) Ontwikkeling methoden voor beschrijving 'future weather' scenario's	Beschrijving lokaal wind- en zichtklimaat. Specifieke aspecten: • Invloed convectieve buien • Invloed ontwikkeling open wateroppervlak en bodemvocht-condities op zichtklimaat	Analyse effecten wind- en zichtklimaat op baanoperaties en baancapaciteit voor operationele planning op korte termijn en benodigde capaciteit op lange termijn o.b.v. future weather scenario's	Aanpassing operationele planning gebruik baanstelsel Aanpassing capaciteit baanstelsel op lange termijn
<b>2. Convectieve buien</b>	Ontwikkeling en toepassing gedetailleerd klimaatmodel voor bepaling kansen optreden convectieve buien en verwachtingen buiverloop *)	Frequenties en intensiteiten extreme buien (regenval, hagel), bliksem en windstoten Verstoringen van baan- en platformoperaties Opgetreden schades door extreme hagelbuien of lokale wateroverlast	Analyse protocollen baangebruik en aanpassing baancapaciteit bij extreme condities door convectieve buiactiviteit mede in relatie tot ontwikkelingen automatiseren en vastleggen vluchtplannen (LVNL) Analyse mogelijke maatregelen vermindering problemen standing water op start/landingsbanen	Aanpassing protocollen omgaan met convectieve buien Fysieke aanpassing ruwheid en afwatering banen Maatregelen gericht op voorkomen/beperken (schade door) lokale wateroverlast
<b>3. Winterse omstandigheden</b>	Definitie en coïncidentie winterse omstandigheden bepalend voor beperkingen baancapaciteit en de-icing Vaststellen effecten klimaatverandering op duur/frequentie van kritieke winterse omstandigheden Ontwikkeling methoden kwantificering effecten winterse omstandigheden	Duur en frequentie van optreden kritieke winterse omstandigheden Gevolgen van optreden winterse omstandigheden zoals inzet sneeuwruimploegen; perioden en omvang de-icing operaties; omvang vertragingen; en verbruik milieubelastende middelen	Bepaling effecten van mogelijke toekomstige veranderingen in duur/frequentie van kritieke winterse omstandigheden en analyse mogelijke maatregelen (procedures sneeuw/ijsbestrijding en capaciteit voorzieningen en installaties)	Aanpassing procedures sneeuw/ijs bestrijding Aanpassing capaciteit sneeuwvloot en de-icing installaties.

\*) Deze ontwikkelingen en toepassingen dienen mede te worden gezien in relatie tot de inzet en rol van een meteorologisch adviseur op locatie



Tabel 3 Overzicht voorgestelde acties en mogelijke maatregelen in relatie tot proces adaptief management (vervolg)

Bouwstenen proces adaptief management	Voorgestelde acties			Mogelijke fysieke en operationele maatregelen
	Onderzoek en kennisontwikkeling	Monitoring	Analyse	
<b>4. Hogere temperaturen</b>	Ontwikkeling methoden kwantificering effecten van optreden hogere temperaturen	Frequentie van dagen met maximum temperaturen boven bepaalde kritieke waarden Gevolgen van optreden hogere temperaturen zoals duur, omvang en kosten inzet koelunits voor koeling vliegtuigen aan gate en beperkingen belading vrachtvliegtuigen	Bepaling effecten van mogelijke toekomstige veranderingen in frequenties maximale dagtemperaturen en analyse mogelijke maatregelen (capaciteit koelvoorzieningen en operaties vrachtvliegtuigen)	Uitbreiding capaciteit koelvoorzieningen vliegtuigen aan gate Aanpassing operaties vrachtvliegtuigen
<b>5. Afwateringssysteem en waterbuffers</b>		Ontwikkeling extreme neerslag-condities in relatie tot te hanteren ontwerp-norm voor dimensionering afwateringssysteem Gevolgen voor benodigde buffer aan bergend vermogen	Vaststelling noodzaak verdere uitbreiding afwateringsvoorzieningen en waterbuffers en specificatie mogelijke oplossingen Ontwikkeling problemen rond aanvaringen met (water)vogels en identificatie mogelijke alternatieve oplossingen	Uitbreiding capaciteit afwateringvoorzieningen en waterbuffers Specifieke maatregelen voor beperking problemen met aanvaringen (water) vogels
<b>5. Overstromingsveiligheid</b>	Vaststelling huidige en toekomstige overstromingsrisico's Luchthaven Schiphol en beantwoording van specifieke onderzoeksvragen (gevolgen landelijke ontwikkelingen op regionale waterveiligheid; standzekerheid regionale keringen)	Ontwikkeling maatgevende hoogwaterstanden (MHW) in regionaal systeem als gevolg van klimaatverandering	Analyse van mogelijkheden voor kosteneffectieve vermindering van overstromingsrisico's Analyse potenties Luchthaven Schiphol als 'safe haven' en 'emergency airport'	Ingrepen ter vermindering kans op en gevolgen van regionale overstroming o.b.v. concept meerlaagsveiligheid Ingrepen t.b.v. functioneren Luchthaven Schiphol als safe haven en/of emergency airport

o.a. betrekking op de mogelijke invloed van convectieve buien en ontwikkelingen in open wateroppervlakte en bodemvochtcondities op de zichtomstandigheden. Gegeven een beschrijving van het lokale wind- en zichtklimaat kunnen analyses en verkenningen worden uitgevoerd van de effecten op baanoperaties en baancapaciteit, zowel wat betreft de operationele planning op kortere termijn (1-5 jaar) als de mogelijke consequenties op langere termijn (bij eventueel vastgestelde langjarige trends). In een verre toekomst zou dat mogelijk kunnen leiden tot een gewenste aanpassing van (de capaciteit van) het baanstelsel. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van deze zaken wordt verder verwezen naar par. 3.1.

### Convectieve buien

De verbetering van de toepassingsmogelijkheden van gedetailleerde klimaatmodellen speelt even-

eens een belangrijke rol bij het beheersen van de effecten van convectieve buien. Vooral is van belang dat een goede inschatting kan worden gemaakt van de kansen op het optreden van convectieve buien en van het verdere verloop van de bui als dergelijke verschijnselen eenmaal zijn waargenomen. Deze ontwikkelingen moeten mede worden gezien in relatie tot de inzet en rol van een meteorologisch adviseur op locatie, waarvan het belang naar verwachting steeds groter zal worden. Belangrijke aspecten van monitoring hebben betrekking op de frequenties en intensiteiten van extreme buien (neerslag en hagel), bliksem en windstoten, in relatie tot mogelijke verstoringen van baan- en platformoperaties en mogelijk optredende schades (zoals schade door hagel aan vliegtuigen of problemen met lokale wateroverlast). Mogelijke onderwerpen voor nadere analyse/verkenning zijn de protocollen voor baangebruik

en eventuele aanpassing baancapaciteit onder extreme condities bij convectieve buiactiviteit, mede in relatie tot de toekomstige ontwikkelingen rond het verder automatiseren en vastleggen van vluchtplannen (en de potentieel versturende werking van een toename van convectieve buiactiviteit daarop). Daarnaast kunnen eventuele (fysische) maatregelen worden beschouwd ter vermindering van mogelijke problemen met 'standing water' op de banen of het optreden van lokale wateroverlast. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van dit onderwerp wordt verwezen naar par. 3.2.

### Winterse omstandigheden

Op dit moment zijn er nog grote onzekerheden betreffende de mogelijke toekomstige ontwikkeling van de winterse omstandigheden. De belangrijkste vraag is wat het resulterende effect zal zijn van de verschillende voorziene klimaatontwikkelingen (zoals afname vorstdagen, toename neerslag in winterperiode) op de uiteindelijke duur en frequentie van kritieke winterse omstandigheden. Een andere vraag is hoe de winterse omstandigheden die aanleiding geven tot problemen met baangebruik en -capaciteit (door aanwezigheid sneeuw/ijs en gladheid) en de noodzaak tot het uitvoeren van de-icing operaties precies moeten worden gedefinieerd en beschreven (in termen van "bui" uren en frequenties). Daarbij is ook van belang hoe de condities bepalend voor beperkingen in baangebruik en noodzaak de-icing operaties met elkaar samenhangen (coïncidentie van deze condities). Andere aspecten van kennisontwikkeling hebben betrekking op de mogelijkheden om te komen tot een kwantificering van de effecten (in termen van capaciteitsbeperkingen en kosten) van veranderingen in duur/frequentie van winterse buien. Monitoringbehoefte hebben enerzijds betrekking op het vastleggen van duur en frequenties van het optreden van kritieke winterse omstandigheden en anderzijds op het registreren van de gevolgen en effecten (zoals de inzet van ploegen voor sneeuw/ijsvrij maken en gladheidsbestrijding; perioden en omvang de-icing operaties; opgetreden vertragingen; verbruik van milieubelastende middelen). Nadere analyses en verkenningen zouden zich moeten richten op de bepaling van de effecten van mogelijke toekomstige veranderingen in duur en frequenties van

het optreden van kritieke winterse omstandigheden. Dit kan op termijn leiden tot het treffen van bepaalde maatregelen betreffende de aanpassing van procedures voor sneeuw/ijs-bestrijding of de capaciteit van bepaalde voorzieningen (zoals capaciteit sneeuwruimvloot of de-icing installaties). Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de mogelijke aanpak wordt verwezen naar par. 3.3.

### Hogere temperaturen

Op grond van de beschikbare klimaatscenario's bestaat een redelijk kwantitatief beeld van de effecten op toekomstige temperaturen zoals de veranderingen in het aantal dagen per jaar waarop bepaalde maximum temperaturen zullen optreden. Gegeven deze veranderingen kunnen bepaalde methoden worden ontwikkeld en toegepast om te komen tot een kwantificering van de effecten van deze temperatuurverhoging op bepaalde luchtvaartoperaties (zoals de kosten van het koelen van passagiersvliegtuigen aan de gate of de mogelijke effecten op het laadvermogen van vertrekkende vrachtvliegtuigen). In samenhang hiermee zou een monitoring kunnen plaatsvinden van het aantal dagen met maximum temperaturen boven bepaalde kritieke waarden en een registratie van bepaalde optredende effecten zoals de duur, omvang en kosten van de inzet van koelunits en het aantal gebeurtenissen waarbij beperkingen t.a.v. de belading van vrachtvliegtuigen worden ondervonden. Tevens kunnen analyses worden uitgevoerd van de effecten van toekomstige veranderingen in de frequenties van maximale dagtemperaturen, hetgeen op termijn kan leiden tot het treffen van bepaalde maatregelen (zoals de aanpassing van de capaciteit van koelvoorzieningen of de aanpassing van vluchtoperaties). Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de mogelijke aanpak wordt verwezen naar par. 3.4.

### Afwatering en waterbuffers

De methoden en protocollen voor het bepalen van de benodigde capaciteit voor afwatering en waterbuffers zijn beschikbaar en adequaat. De verwachting is dat in de komende decennia geen maatregelen noodzakelijk zijn in aanvulling op de al voorziene ingrepen. Afhankelijk van de verdere ontwikkeling van de maatgevende neerslagcondities (de 1 op 100 jaar ontwerpituatie) en de be-





schikbare buffers in bergend vermogen zullen in de verdere toekomst mogelijk wel aanvullende maatregelen moeten worden getroffen. Hiertoe dient een verdere monitoring plaats te vinden van de toekomstige ontwikkeling van extreme neerslagsituaties en een nadere vaststelling van de voor de verdere toekomst te hanteren ontwerp-norm. Aan de hand daarvan kan met de beschikbare methoden worden vastgesteld in hoeverre de capaciteit van afwateringsvoorzieningen en waterbuffers verder zou moeten worden uitgebreid. De aard van de mogelijke toekomstige oplossingen en de benodigde investeringen worden daarbij mede bepaald door de restricties die aan bepaalde omgevingskarakteristieken (aard en omvang open wateroppervlakte) worden gesteld in verband met de risico's van (water)vogelaanvaringen. Bij de toekomstige analyses van mogelijke oplossingen moeten de ontwikkelingen rond het (water)vogelprobleem en de eventuele specifieke maatregelen die in dit verband kunnen worden getroffen dan ook expliciet worden beschouwd. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van dit onderwerp wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

### Overstromingsveiligheid

Voor de overstromingsveiligheid van de Haarlemmermeer en de Luchthaven Schiphol gelden thans de hoogste veiligheidsnormen zoals die op grond van het huidige beleid worden gehanteerd. Toch is het denkbaar dat aanvullende, kosteneffectieve maatregelen kunnen worden getroffen die leiden tot een verdere vergroting van de overstromingsveiligheid. Dit leidt tot de aanbeveling om de regionale overstromingsveiligheid van de Luchthaven Schiphol nader te onderzoeken. Centraal in dit onderzoek staat de vaststelling van de huidige en toekomstige overstromingsveiligheid van de luchthaven, mede in relatie tot de lopende discussie over de nationale waterveiligheidsnormen in het kader van de in 2014 te nemen Deltabeslissing. Belangrijke onderzoeksvragen hebben o.a. betrekking op de gevolgen van de landelijke ontwikkelingen op de regionale waterveiligheid; de standzekerheid van de regionale keringen bij het bezwijken van een primaire waterkering; en de gevolgen van klimaatverandering voor de Maatgevende Hoogwaterstanden in het regionale systeem. Meer specifiek moet de analyse zich richten op de mogelijkheden voor een kosteneffectieve

vermindering van overstromingsrisico's door het treffen van aanvullende maatregelen voor de beperking van de kans op en de gevolgen van een regionale overstroming volgens het concept van de meerlaagsveiligheid. Daarnaast zou een onderzoek kunnen plaatsvinden naar de potenties van Luchthaven Schiphol als 'safe haven' en 'emergency airport'. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van dit onderzoek wordt verwezen naar hoofdstuk 5.





7

# Conclusies en aanbevelingen



## 7.1 Conclusies

### Interpretatie adaptatiestrategie

De invloed van de actuele en lokale weersomstandigheden is van doorslaggevend belang op het functioneren van Luchthaven Schiphol. In de huidige situatie wordt een continue inspanning gepleegd om de invloed van de actuele weersomstandigheden op de luchthavenoperaties te beheersen en de negatieve gevolgen daarvan te beperken. Dit geldt eveneens voor de invloeden die bepalend zijn voor de afwatering en overstromingsveiligheid van de luchthaven. De ontwikkeling van een adaptatiestrategie gericht op het beperken van de gevolgen van klimaatverandering moet worden gezien als een logische voortzetting hiervan. Praktisch gezien heeft de ontwikkeling van de adaptatiestrategie betrekking op een verdere invulling en aanscherping van het proces van 'adaptief management'.

### Screening van effecten

Mede op basis van een aantal internationale studies is een inventarisatie gemaakt van de mogelijke effecten van klimaatverandering binnen de volgende hoofdindeling:

- Effecten van lokale weersomstandigheden op luchthavenoperaties.
- Effecten op het waterhuishoudingsstelsel.
- Effecten op de overstromingsveiligheid.

Een screening van deze effecten op grond van literatuurstudie en gesprekken met deskundigen heeft geleid tot de volgende afbakening:

- Een aantal effecten waarvoor, gezien de beperkte omvang of de grote onzekerheid, een nadere effectbepaling niet zinvol wordt bevonden.
- Een aantal effecten die niet verder worden beschouwd omdat zij niet specifiek zijn voor het functioneren van een luchthaven, dan wel binnen de reguliere bedrijfsvoering (aanpassing ontwerpnormen bij investeringsbeslissingen, vervangingsschema's en uitvoering groot onderhoud) kunnen worden ondervangen.
- Een aantal effecten waarvoor op grond van het potentiële belang een verdere uitwerking (in de zin van duiding, onderbouwing of kwantificering) wenselijk wordt geacht.

Voor de laatste effecten heeft een uitwerking plaatsgevonden gezien vanuit het proces van adaptief management. Voor deze uitwerking zijn de effecten gegroepeerd binnen de volgende concrete 'bouwstenen':

1. Wind- en zichtcondities.
2. Convectieve buien.
3. Winterse omstandigheden.
4. Hogere temperaturen.
5. Afwateringsituatie en waterbuffers.
6. Overstromingsveiligheid.

De eerste vier bouwstenen hebben daarbij betrekking op effecten op luchthavenoperaties.

### Aanzet adaptatiestrategie

Een belangrijke algemene bevinding is dat de beheersing van klimaatinvloeden binnen de bestaande operatie- en managementpraktijk goed is afgedekt. Dit leidt tot het beeld dat er in de huidige situatie en in de nabije toekomst geen noodzaak lijkt te bestaan voor min of meer acute aanpassingen of ingrepen. De voorziene acties binnen de verschillende 'bouwstenen' worden vooral bepaald door het belang van de potentiële effecten en (de kennis over) de invloed en mogelijke ontwikkeling van de relevante weerparameters. Dit leidt tot een wisselend beeld van de aard en de tijdaspecten van voorgestelde acties, welke per bouwsteen in een typering op hoofdlijnen tot uitdrukking is gebracht. Daarbij worden als typering onderscheiden:

- 'Anticiperen' met een accent op onderzoek en monitoring gericht op het verkrijgen van meer duidelijkheid over de aard en omvang van de mogelijke klimaatverandering en de daarmee samenhangende effecten. Deze typering is van toepassing op de bouwstenen 'wind- en zichtcondities' en 'convectieve buien'.
- 'Verkennen en kwantificeren' met een accent op het monitoren en kwantificeren van de mogelijke effecten van klimaatverandering op grond van een meer of minder duidelijk beeld van de aard en omvang van de mogelijke klimaatverandering. Deze typering is van toepassing op de bouwstenen 'winterse omstandigheden' en 'hogere temperaturen'.
- 'Volgen en afwachten' met een accent op het monitoren van de ontwikkeling van extreme (neerslag)condities gericht op het vaststellen van het moment waarop aanvullende maatregelen



gelen zouden moeten worden getroffen. Deze typering is van toepassing op de bouwsteen 'Afwateringsstelsel en waterbuffers'.

- 'Nader onderzoek' gericht op de uitvoering van een onderzoek naar de regionale overstromingsrisico's en de mogelijkheden voor een kosteneffectieve vergroting van de overstromingsveiligheid op basis van het concept van meerlaagsveiligheid. Deze typering is van toepassing op de bouwsteen 'Overstromingsveiligheid'.

Op grond van de voorziene acties binnen deze typering zijn voor de verschillende bouwstenen de volgende potentiële maatregelen in het geding:

#### Wind- en zichtcondities:

- Aanpassing operationele planning gebruik baanstelsel.
- Aanpassing capaciteit baanstelsel op lange termijn.

#### Convectieve buien:

- Aanpassing protocollen omgaan met convectieve buien.
- Fysieke aanpassing ruwheid en afwatering start- en landingsbanen.
- Maatregelen gericht op voorkomen/beperken (schade door) lokale wateroverlast.

#### Winterse omstandigheden:

- Aanpassing procedures sneeuw/ijs bestrijding.
- Aanpassing capaciteit sneeuwvloot en de-icing installaties.

#### Hogere temperaturen:

- Uitbreiding capaciteit koelvoorzieningen voor vliegtuigen aan de gate.
- Aanpassing operaties vrachtvliegtuigen.

#### Afwaterings situatie en waterbuffers:

- Uitbreiding capaciteit afwateringsvoorzieningen en waterbuffers.
- Specifieke maatregelen voor beperking problemen met aanvaringen (water)vogels.

#### Overstromingsveiligheid:

- Ingrepen ter vermindering kans op en gevolgen van regionale overstroming o.b.v. concept meerlaagsveiligheid.
- Ingrepen t.b.v. functioneren Luchthaven Schiphol als safe haven en emergency airport.

Voor een nadere specificatie van de voorziene acties binnen de verschillende bouwstenen wordt verwezen naar de aanbevelingen.

## 7.2 Aanbevelingen

Voor de bouwstenen zoals onderscheiden voor het proces van adaptief management zijn concrete acties gedefinieerd binnen de categorieën:

- Onderzoek en kennisontwikkeling.
- Monitoring.
- Analyse.

De verdere ontwikkeling van de adaptatiestrategie heeft betrekking op de uitvoering van deze acties in het verlengde van de bestaande operatie- en managementpraktijk. Daarbij zijn de volgende voorgestelde acties van toepassing.

### Onderzoek en kennisontwikkeling

- Ontwikkeling en toepassing gedetailleerd klimaatmodel voor:
  - Vaststellen actueel en lokaal wind- en zichtklimaat en verwachtingen op korte termijn.
  - Bepaling kansen optreden convectieve buien en verwachtingen buiverloop.

Deze ontwikkelingen en toepassingen dienen mede te worden gezien in relatie tot de inzet en rol van een meteorologisch adviseur op locatie. Hierbij geldt de constatering dat het verbeteren van de mogelijkheden voor de lokale en korte termijn verwachtingen van wind- en zichtcondities en het optreden van convectieve buien als een belangrijke potentie is aangemerkt voor de vergroting van de efficiëntie van de huidige operaties en in die zin als een 'no regret' actie moet worden beschouwd. De ontwikkeling van deze potentie biedt tevens een zekere ruimte om bepaalde negatieve effecten van klimaat-verandering op de capaciteit van de afhandeling van vluchtoperaties te compenseren.

- Ontwikkeling methoden voor beschrijving 'future weather' scenario's voor wind- en zichtcondities.
- Definitie en beschrijving winterse omstandigheden leidend tot beperkingen in beschikbare baancapaciteit en noodzaak de-icing, alsmede het vaststellen van de coincidentie van deze omstandigheden.

- Vaststellen effecten klimaatverandering op duur/frequentie winterse omstandigheden.
- Ontwikkeling methoden voor kwantificering effecten van winterse omstandigheden.
- Ontwikkeling methoden voor kwantificering effecten van optreden hogere temperaturen.
- Vaststellen huidige en toekomstige overstromingsrisico's Luchthaven Schiphol en beantwoording specifieke onderzoeksvragen betreffende de gevolgen van landelijke ontwikkelingen op regionale waterveiligheid en standzekerheid van regionale keringen.

### Monitoring

Binnen het onderdeel monitoring worden twee typen acties beschouwd, te weten:

- Monitoring en verwerking van meteorologische gegevens.
- Registratie van effecten en gevolgen van klimaatverandering.

Voorgestelde acties binnen het eerste punt hebben betrekking op:

- De beschrijving van het lokale wind- en zichtklimaat. Daarbij tevens aandacht te schenken aan de mogelijke invloed van convectieve buien en de invloed van mogelijke ontwikkelingen van open wateroppervlak en bodemvochtcondities op het zichtklimaat.
- De frequenties en intensiteiten van extreme buien (regenval, hagel), bliksem en windstoten
- Duur en frequentie van het optreden van kritieke winterse omstandigheden.
- De frequentie van dagen met maximum temperaturen boven bepaalde kritieke waarden.
- Ontwikkeling van extreme neerslagcondities in relatie tot de te hanteren ontwerpnorm voor de dimensionering van het afwateringsstelsel.
- Ontwikkeling maatgevende hoogwaterstanden (MHW) in regionaal stelsel voor bepaling overstromingsrisico's als gevolg van klimaatverandering.

Voorgestelde acties betreffende de registratie van effecten en gevolgen van klimaatverandering hebben betrekking op:

- Verstoringen van baan- en platformoperaties door optreden convectieve buien.
- Optreden van schade door extreme hagelbuien of lokale wateroverlast.

- Gevolgen van winterse omstandigheden (inzet sneeuwruimploegen; perioden en omvang de-icing operaties; omvang vertragingen; en verbruik milieubelastende middelen).
- Gevolgen van optreden hogere temperaturen (duur, omvang en kosten inzet koelunits voor vliegtuigen aan de gate en beperkingen belading vrachtvliegtuigen).
- Gevolgen ontwikkeling extreme neerslagcondities voor benodigde buffer aan bergend vermogen.

### Analyse

Binnen de verschillende bouwstenen zijn de volgende (potentiële) analyses voorzien:

- Analyse effecten wind- en zichtklimaat op baanoperaties en -capaciteit voor operationele planning en benodigde capaciteit op lange termijn o.b.v. future weather scenario's.
- Analyse protocollen baangebruik en aanpassing baancapaciteit bij extreme condities door convectieve buiactiviteit mede in relatie tot de ontwikkelingen rond het automatiseren en vastleggen van vluchtplannen (LVNL).
- Analyse maatregelen vermindering problemen standing water op start/landingsbanen.
- Bepaling effecten van mogelijke toekomstige veranderingen in duur/frequentie van kritieke winterse omstandigheden en analyse van mogelijke maatregelen.
- Bepaling effecten van mogelijke toekomstige veranderingen in frequenties maximale dagtemperaturen en analyse van mogelijke maatregelen.
- Vaststelling noodzaak verdere uitbreiding afwateringsvoorzieningen en waterbuffers en specificatie van mogelijke oplossingen.
- Ontwikkeling problemen rond aanvaringen met (water)vogels en identificatie van mogelijke alternatieve oplossingen.
- Analyse van mogelijkheden voor kosteneffectieve vermindering overstromingsrisico's.
- Analyse potenties Luchthaven Schiphol als 'safe haven' en 'emergency airport'.



Gates B C D



Information



Transfer T2-

Literatuur

Amsterdam Airport Schiphol, 2013. Traffic Review 2012. Overview of key traffic and transport figures.

Asselman, N. en A. de Wit, 2009. Nadere verkenning waterveiligheid Centraal Holland – Waterveiligheidsproblematiek dijkkring 14 in relatie tot dijkkring 15 en 44. Deltares, 2009.

Deltares, 2011. Zoetwatervoorziening in Nederland – landelijke analyse knelpunten in de 21e eeuw. Deltares rapport 1204358-002.

Goosen, H. et al, 2010. Hotspot Regio Schiphol Quickscan Klimaat. Rapport van Wageningen UR en DHV voor onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Rapport KvK024/2010.

Hartogensis, O.K. et al, 2012. WindVisions First Phase Final Report. WindVisions – an airport wind and visibility monitoring system for critical weather conditions in a changing climate. Report Wageningen University for Dutch National Research Programme Knowlegde for Climate.

Heathrow Airport, 2011. Climate change adaptation on reporting power report.

Hoogheemraadschap van Rijnland, 2008. Waterkering en veiligheid. Dijkversterking door het hoogheemraadschap van Rijnland.

Hoogheemraadschap van Rijnland, 2010. Waterstructuurvisie Haarlemmermeerpolder. Gebiedsgerichte uitwerking van Rijnlands beleid & wateradvies voor structuurvisie van gemeente Haarlemmermeer.

Jacobs. A.J.M. et al, 2011. Impact Inventory. Een inventarisatie van kritieke weerparameters die de operatie op luchthaven Schiphol beïnvloeden. Rapport KNMI voor onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat.

Jacobs. A.J.M. et al, 2012. The impact of climate change on the critical weather conditions at Schiphol airport (Impact). Joint report of various institutes for Dutch National Research Programme Knowlegde for Climate (KfC). KfC report number 53/2012.

Jongejan, R.B., 2010. Veiligheid Nederland in Kaart 2. Overstromingsrisico dijkkring 14 Zuid-Holland. Projectbureau VNK2, document HB 1199420.

Kattenberg, A. et al, 2013. Klimaatbestendig Schiphol. Syntheserapport HSMS02. Rapport KNMI voor onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat.

Keizer, A.J., 2008. Afstudeeronderzoek: Leidraad voor beperking overstromingsschade na doorbraak regionale waterkeringen. Hydrologic, Universiteit Twente, december 2008.

KNMI, 2014. KNMI'14 climate scenarios for the Netherlands. A guide for professionals in climate adaptation. KNMI, De Bilt, The Netherlands.

Projectbureau VNK, 2006. Veiligheid Nederland in Kaart. Risicocase dijkkring 14 Zuid-Holland – Berekening van het overstromingsrisico.

Schiphol Group, 2013. Jaarverslag 2012.

Sikorski, E., 2010. Air-conditioning of parked aircraft by ground-based equipment.

Purdue university, 2010. International refrigeration and air conditioning conference, July 12-15, 2010.

Transportation Research Board, 2008. Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation. Transportation Research Board Special Report 290.

Transportation Research Board, 2012. Airport Cooperative Research Program. Airport Climate adaptation and resilience. A synthesis of airport practice.

Van den Berg, F. en M. van der Ruyt, 2009. Nadere verkenning waterveiligheid Centraal Holland – Standzekerheid boezemkaden bij overstroming primaire waterkeringen. Deltares, 2009.

Van der Most, H. en F. Klijn, 2013. De werking van het watersysteem: de dijkkring voorbij? Naar een doelmatiger inrichting op basis van risicobenadering en systeemanalyse. Deltares, 2013.





Vertrek  
Departures 3

# Bijlagen

## Bijlage 1

### Overzicht gevoerde gesprekken

#### Gevoerde gesprekken in Fase 1

1. Overleg met Peter van den Brink (Schiphol Group); Monique Slegers (KvK); en Gerrit Baarse (BB&C) op 12 september 2013.
2. Overleg met Arie Kattenberg, Arnout Feijt en Janette Bessembinder (KNMI); Monique Slegers (KvK); en Gerrit Baarse op 30 september 2013.
3. Overleg met Jan Sondij en Ben Wichers Schreur (KNMI); Monique Slegers (KvK); en Gerrit Baarse op 10 oktober 2013.
4. Overleg met Jarno Deen, Jelmer Biesma en Etienne Faassen (Hoogheemraadschap Rijnland) en Gerrit Baarse op 6 november 2013.
5. Overleg met Frans Klijn (Deltares) en Gerrit Baarse op 11 november 2013.
6. Overleg met Conny van Zuijlen en Martijn Lucas (Provincie Noord-Holland); Monique Slegers (KvK); en Gerrit Baarse op 12 november 2013.
7. Overleg met Jan-Otto Haanstra (Schiphol Group - Airside Operations) en Gerrit Baarse op 28 november 2013.
8. Overleg met Ed Koelemeijer (Schiphol Group – Programma Manager Water) en Gerrit Baarse op 2 december 2013.

#### Gevoerde gesprekken in Fase 2

1. Overleg Herman van der Most (Deltares, Deltaprogramma Veiligheid) en Gerrit Baarse op 16 januari 2013.
2. Overleg met Lonneke Smit (LVNL) en Gerrit Baarse op 22 januari 2013.
3. Overleg met Janette Bessembinder, Arie Kattenberg en Arnout Feijt (KNMI) en Gerrit Baarse op 12 februari 2013.
4. Overleg met Chris Zevenbergen (UNESCO-IHE, Dura Vermeer) en Gerrit Baarse op 28 februari 2013.
5. Overleg met Jan Sondij en Ben Wichers Schreur (KNMI); Monique Slegers (KvK); en Gerrit Baarse op 10 maart 2013.
6. Overleg met Reinout Boers en Andreas Sterl (KNMI) en Gerrit Baarse op 11 maart 2013.
7. Overleg met Janette Bessembinder (KNMI) en Gerrit Baarse op 11 maart 2013.
8. Overleg met Rudmer Jilderda (KNMI) en Gerrit Baarse op 11 maart 2013.
9. Overleg met Ed Koelemeijer (Schiphol Group) en Gerrit Baarse op 31 maart 2014. Geen bespreekverslag.
10. Overleg met René Piek (Provincie Zuid-Holland) en Gerrit Baarse op 3 april 2014.
11. Overleg met Arnoud Vonk en Rob ten Hove (Schiphol Group) en Gerrit Baarse op 8 april 2014.
12. Overleg met Conny van Zuijlen (Provincie Noord-Holland); Erwin Groot (Hoogheemraadschap Rijnland); en Gerrit Baarse op 16 mei 2014.
13. Overleg met Jan Otto Haanstra (Schiphol Group); Monique Slegers (KvK); en Gerrit Baarse op 19 mei 2014.



## Bijlage 2

### Methode voor bepalen effecten van winterse condities

De methode voor de bepaling van de effecten van winterse condities heeft uitwerking gekregen in een tweetal spreadsheets, te weten:

- 1) Effecten winterse condities baangebruik.xlsx.
- 2) Effecten winterse condities de-icing.xlsx.

Deze bijlage geeft een gedetailleerde beschrijving van de inhoud van deze beide spreadsheets. Vervolgens wordt voor beide typen effectbepaling (effecten van winterse condities op baangebruik en de-icing) een illustratieve uitwerking gegeven van de effectbepaling.

#### 2-1 Spreadsheet 'Effecten winterse condities baangebruik'

Binnen de spreadsheet 'Effecten winterse condities baangebruik' worden de volgende werkbladen onderscheiden:

- 1) Werkblad KVDB (kansverdeling duur bui).
- 2) Werkblad EBP (effecten op banen en plat-forms).

#### 3) Werkblad WTB (wachttijdberekeningen).

In de deze werkbladen wordt voor de duiding van de betekenis van de verschillende onderdelen een aantal kleurenconventies gehanteerd zoals **onderstaand** aangegeven.

#### Legenda gehanteerde kleurencodes

	Directe invoer basisgegevens
	Specificaties klimaatscenario
	Gebruikerskeuzen
	Berekeningsresultaten
	Onderdelen niet van toepassing
	Resultaten actuele berekening
	Markering: toename/afname effecten
	Kaders, titels en toelichtingen

#### 1) Werkblad KVDB (kansverdeling duur bui)

In het werkblad KVDB wordt de relatie gelegd tussen het optreden van een winterse bui van een bepaalde discrete duur (van 1 t/m 24 uur) en de kans dat als gevolg van die bui een aaneengesloten buiduur van x uur optreedt binnen de drukke, resp. de stille periode van het etmaal. Daarbij is thans uitgegaan van een lengte van de drukke en stille periode binnen het etmaal van resp. 15 en 9

Drukke periode		Kans aaneengesloten duur van bui of bepalende conditie van y uur (gegeven een totale duur van x uur)																							
Duur bui (x uur)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0.375	0.625	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.333	0.083	0.583	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.292	0.083	0.083	0.542	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.250	0.083	0.083	0.083	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.208	0.083	0.083	0.083	0.083	0.458	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.167	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.417	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.125	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.375	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.042	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.292	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.208	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.125	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.125	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.208	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.292	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.375	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.083	0.417	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

uur. De verwerking van de kansverdelingen in de spreadsheet is echter geheel flexibel opgezet en kan plaatsvinden voor elke te definiëren lengte van de drukke en stille periode binnen het etmaal tussen 0 en 24 uur, met als voorwaarde dat de som van de beide lengtes gelijk is aan 24 uur (het gehele etmaal). Een illustratie van de bepaling van deze kansverdeling voor de drukke periode is gegeven in onderstaande figuur.

De kansverdeling wordt voor elke totale buiduur tussen 1 en 24 uur berekend op grond van het uitgangspunt dat de betreffende bui met een gelijke kans in elk uur van het etmaal kan beginnen. De kans op het beginnen van de bui in een bepaald uur is daarmee gelijk aan  $1/24 = 0.042$ . Vervolgens is een aantal logische wetmatigheden toegepast om de kansverdeling te genereren. Voor een buiduur van 1 uur geldt per definitie dat alleen buiduren binnen de drukke periode kunnen optreden van 0 (dus bui niet in drukke periode) en 1 (bui geheel in drukke periode). Voor een buiduur van 2 uur kan resp. 0, 1 en 2 uur binnen de drukke periode vallen. Voor een buiduur van 3 uur is dit 0, 1, 2 en 3 uur, etc. Per definitie kan de buiduur in een enkele drukke periode niet langer zijn dan de lengte van de drukke periode (in dit geval 15 uur). Bij buiduren groter dan de lengte van de stille periode (in dit geval 9 uur) valt per definitie altijd minimaal een deel in de drukke periode (en is de kans op 0 uur in de drukke periode gelijk aan 0).

Bij buiduren die minimaal 2 uur groter zijn dan de stille periode kan het bovendien voorkomen dat delen van de bui vallen in de drukke perioden van 2 verschillende etmalen, gescheiden door een stille periode. Stel er treedt een bui op met een duur van 16 uur die begint op 2 uur van het einde van de drukke periode. In dat geval is de buiduur in de drukke periode van het eerste etmaal 2 uur; valt de daaropvolgende 9 uur van de bui in de stille periode; en is er vervolgens een buiduur van 5 uur in de drukke periode van het volgende etmaal. Aangezien de aaneengesloten lengte van de buiduur in met name de drukke periode bepalend is voor het (cumulatieve) effect op de wachttijden wordt met het mogelijke 'opknippen' van een lange buiduur over 2 verschillende drukke perioden expliciet rekening gehouden. Met inachtneming van bovengenoemde regels kan voor elke verhou-

ding van de stille/drukke periode binnen het etmaal en voor elke buiduur de bovengenoemde kansverdeling eenduidig worden vastgesteld.

## 2) Werkblad EBP (effecten winterse neerslag)

In het werkblad EBP (effecten winterse neerslag) worden de volgende bewerkingen en berekeningen uitgevoerd:

- Beschrijving en selectie van buiduur frequentieprofiel.
- Berekening frequenties aaneengesloten buiduren in drukke/stille periode.
- Berekening inzet ploegen 'baan' en 'platform'.
- Vaststelling frequenties beperkingen baanbeschikbaarheid per buiduur in drukke periode.
- Vaststelling vliegtuig wachturen en aantallen geannuleerde/uitgeweken vluchten per gebeurtenis bepaald door combinatie buiduur en baanbeschikbaarheid.
- Berekening en vergelijking van kosten en vertragingseffecten.

### Beschrijving en selectie van buiduur frequentieprofiel

Een buiduur frequentieprofiel beschrijft de jaarlijkse frequentie van de buiduren van winterse condities voor een serie van concrete buiduren van 1 t/m 24 uur (bij buiduur 24 uur is de frequentie van toepassing op buiduren van 24 uur en langer). In het buiduur frequentieprofiel kunnen allerlei verschillende situaties tot uitdrukking worden gebracht, zoals een gemiddelde of min of meer extreme (gunstige of ongunstige) situatie, voor de huidige of voor een toekomstige situatie. In het ontwikkelde prototype wordt uitgegaan van een mogelijke keuze van twee scenario's (de huidige situatie en een scenario voor het jaar 2050). Binnen die scenario's is een additionele keuze mogelijk van het type jaar dat in het buiduur frequentieprofiel tot uitdrukking wordt gebracht (in de zin van het gemiddelde jaar van een bepaalde tijdserie of bepaalde gradaties van mild of streng). Het feitelijk in de berekening te hanteren buiduur frequentieprofiel wordt uit de beschikbare keuzemogelijkheden geselecteerd door het specificeren van een 1 bij het gewenste scenario en vervolgens bij het gewenste jaartype. Bij scenario en jaartype moet steeds eenmaal een 1 worden geselecteerd (bij geen keuze of meer dan 1 keuze kleuren de cellen aangeduid met "check" rood). Onderstaand is een voorbeeld gegeven waarbij een buiduur frequentie profiel is gese-



lecteerd op grond van het scenario Huidig en het jaartype Gem43 (gemiddeld jaarprofiel van beschikbare tijdserie voor 43 jaar).

Het **bovenstaande selectieblok** en de voor de verschillende scenario's en jaartypen beschikbare buiduur frequentieprofielen zijn opgenomen in blok A1-G97 van werkblad EBP.

#### Berekening frequenties aaneengesloten buiduren in drukke/stille periode

De frequenties van aaneengesloten buiduren in de drukke en stille periode worden eenvoudig bepaald door vermenigvuldiging van de frequenties van de totale buiduren in het actuele buiduur fre-

quentieprofiel (voor alle buiduren met lengten van 1 t/m 24 uur) met de kansen op het voorkomen van aaneengesloten buiduren (met lengten van 1 tot maximaal 24 uur) binnen de drukke en stille periode (zoals bepaald in werkblad KVDB). Deze kansen zijn voor de drukke en stille periode opgenomen in resp. de blokken M11-AJ37 en M41-AJ67. De berekening van de aaneengesloten buiduren vindt voor resp. de drukke en de stille periode plaats in de blokken AO11-BL38 en AO41-BL68 van werkblad EBP. In de laatste rij van deze blokken zijn voor elk van de voorkomende aaneengesloten buiduren in de drukke en stille periode de totale frequenties bepaald door sommering over de kolommen.

#### Effecten van winterse neerslag (winterse buien)

##### Selecteer scenario (keuze 1)

Huidig	1
S 2050	0
Check	1

##### Selecteer jaartype (keuze 1)

Gem43	1
Streng1 (09/10)	0
Mild1 (13/14)	0
Streng5	0
Mild5	0
Test	0
Check	1

Duur bui (uur)	Scenario		Typen jaren				
	Gem43	Streng1 (09/10)	Mild1 (13/14)	Streng5	Mild5	Test	
1	11,56	17,00	5,00	19,80	2,40	1,00	
2	9,98	15,00	1,00	18,00	2,60	1,00	
3	5,02	12,00	2,00	10,20	1,20	1,00	
4	3,37	9,00	0,00	6,60	1,00	1,00	
5	2,35	2,00	0,00	4,40	0,40	1,00	
6	1,74	3,00	0,00	4,20	0,40	1,00	
7	1,02	2,00	0,00	2,00	0,20	1,00	
8	0,74	2,00	0,00	2,00	0,00	1,00	
9	0,51	1,00	0,00	1,40	0,00	1,00	
10	0,47	1,00	0,00	1,20	0,00	1,00	
11	0,28	0,00	0,00	0,40	0,00	1,00	
12	0,35	1,00	0,00	0,80	0,00	1,00	
13	0,23	2,00	0,00	0,80	0,20	1,00	
14	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
15	0,09	1,00	0,00	0,20	0,00	1,00	
16	0,05	0,00	0,00	0,20	0,00	1,00	
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
18	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
19	0,16	1,00	0,00	0,60	0,00	1,00	
20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
22	0,02	0,00	0,00	0,20	0,00	1,00	
23	0,02	0,00	0,00	0,20	0,00	1,00	
24	0,14	1,00	0,00	0,40	0,00	1,00	

### Berekening inzet ploegen 'baan' en 'platform'

Wat betreft de inzet van de ploegen voor het sneeuw- en ijsvrij maken en de gladheidsbestrijding van banen en platforms wordt vooralsnog alleen onderscheid gemaakt naar de ploeg 'baan' en de ploeg 'platform'. Met de ploeg 'baan' wordt daarbij geduid op het geheel van de mensen en middelen dat wordt ingezet voor het beschikbaar houden van zowel de start- en landingsbanen als de exit- en taxibanen. Invoergegevens voor de inzet van deze ploegen, afhankelijk van de totale buiduur, zijn opgenomen binnen de bovengenoemde blokken voor de frequenties van buiduren binnen de drukke en stille periode (in resp. de deelblokken K14-L37 en K44-L67). Voorlopig is hierbij als uitgangspunt gehanteerd dat bij het optreden van een winterse bui de beide ploegen geheel worden gemobiliseerd met als doel een zo groot mogelijk deel van de luchthaven (minimaal 3 banen) beschikbaar te houden. Dat leidt ertoe dat voor de inzet van beide ploegen voor elke buiduur thans een getalswaarde 1 is ingevuld. Door het specificeren van een getal kleiner dan 1 (op te vatten als een fractie of percentage van de beschikbare capaciteit) wordt daarbij de mogelijkheid geboden om voor bijvoorbeeld kortere buiduren uit te gaan van een meer beperkte inzet van de verschillende ploegen.

De totale jaarlijkse inzet van de ploegen 'baan' en 'platform' (in uur/jaar) volgt uit de sommatie van de producten van frequentie en lengte van de buiduren (voor alle buiduren), vermenigvuldigd met de inzet per ploeg die voor de (totale) buiduur van toepassing is. Bij de berekening van de totale inzet per ploeg wordt tevens rekening gehouden met het feit dat tijdens het optreden van langere en meer intense buien slechts een (beperkt) deel van de luchthaven beschikbaar kan worden gehouden. Dat houdt in dat ook na het einde van de buiduur de werkzaamheden van de ploegen nog een zekere tijd zouden kunnen voortduren. De mogelijke extra tijdsduur van de inzet van de ploegen kan als functie van de totale buiduur worden gespecificeerd in het deelblok AK11-AL37. De berekening van de totale inzet van de ploegen vindt afzonderlijk plaats voor de drukke en de stille periode in resp. de deelblokken BM11-BN38 en BM41-BN68. Het onderscheid naar deze verschillende perioden wordt gemaakt omdat voor de in-

zet van de ploegen gedurende de drukke en stille periode (dag versus nacht) wellicht verschillende kosten/uurtarieven van toepassing zijn.

Naast de kosten per uur van de inzet van de ploegen zijn naar verwachting ook eenmalige kosten per inzet (mobilisatie en demobilisatie) van toepassing. Deze kosten worden gekoppeld aan het aantal malen per jaar dat een (volledige) ploeg wordt ingezet. Het aantal malen van inzet volgt uit de som van de producten van de frequenties per buiduur en de ploeginzet die bij de verschillende buiduren van toepassing is (waarbij de laatste op dit moment dus standaard op 1 - inzet van de volledige ploeg - is gezet). Ook bij deze berekening wordt onderscheid gemaakt naar het aantal malen dat de inzet plaatsvindt in de drukke, resp. de stille periode (omdat ook de eenmalige kosten van inzet voor deze perioden zou kunnen verschillen). Voor de 'verhouding' tussen het aantal malen van inzet in de drukke versus de stille periode is de verhouding van de lengte van de verschillende perioden van toepassing (bepalend voor de kans dat een willekeurige bui begint in de drukke of stille periode). De berekening van het aantal malen van inzet per ploeg, met onderscheid naar de drukke en stille periode, vindt plaats in blok I71-N98 van het werkblad EBP.

### Vaststelling frequenties beperkingen baanbeschikbaarheid per buiduur in drukke periode

Afhankelijk van duur en omvang van de winterse bui zullen ondanks de inzet van de volledige capaciteit van de ploegen 'baan' en 'platform' beperkingen optreden in de beschikbare baancapaciteit. Wat betreft de aard en gevolgen van deze beperkingen wordt uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- Bij drie of meer banen beschikbaar: geen capaciteitsproblemen.
- Bij 2 banen beschikbaar: beperkte capaciteitsproblemen in drukke periode.
- Bij slechts 1 baan beschikbaar: ernstige capaciteitsproblemen in drukke periode.
- Bij beschikbaarheid van 1 baan in de stille periode treden geen capaciteitsproblemen op.
- Onder nagenoeg alle omstandigheden is het uitgangspunt dat minimaal 1 baan beschikbaar zal/kan worden gehouden.



Op grond van de bovengenoemde uitgangspunten is het van belang dat voor het bepalen van de gevolgen van mogelijke capaciteitsproblemen bij het optreden van winterse buien onderscheid wordt gemaakt naar de volgende situaties in de drukke periode:

- Aantal keren per jaar dat gedurende y uur 3 banen beschikbaar zijn.
- Aantal keren per jaar dat gedurende y uur slechts 2 banen beschikbaar zijn.
- Aantal keren per jaar dat gedurende y uur slechts 1 baan beschikbaar is.

Hierbij geldt dat voor de waarde y onderscheidt wordt gemaakt naar alle aaneengesloten, discrete buiduren die in de drukke periode kunnen voorkomen (bij de thans aangenomen lengte van de drukke periode dus voor de waarden 1 t/m 15).

Aan de eerste situatie (3 banen beschikbaar) worden geen consequenties verbonden. Voor de situaties met beschikbaarheid van slechts 2 banen of 1 baan in de drukke periode vindt een nadere effectbepaling plaats in de zin van vertragingen en annulering/uitwijking van vliegtuigen.

De berekening van het aantal keren per jaar waarbij resp. 3, 2, en 1 banen (baan) beschikbaar zijn (is) voor elk van de mogelijke buiduren die in de drukke periode kunnen voorkomen vindt plaats in het blok AL70-BM84. Voor deze berekening is het noodzakelijk dat voor elk van de mogelijke (totale) buiduren (1 t/m 24) wordt aangegeven wat het aantal banen is dat met inzet van de volledige ploegen beschikbaar kan worden gehouden. Deze gegevens worden gespecificeerd in kolom AM11-AM37 van het werkblad EBP. Het thans gehanteerde uitgangspunt is daarbij dat alleen bij zeer beperkte buiduren (waarbij mogelijk ook sprake is van onderbroken buien) nog 3 banen zouden kunnen worden gebruikt. Bij langere/matige buien kunnen mogelijk nog enige tijd 2 banen operationeel worden gehouden. Maar bij grotere buiduren is de veronderstelling dat de gehele capaciteit nodig zou zijn om de beschikbaarheid van minimaal 1 baan te waarborgen.

Op grond van de informatie over de frequenties van het voorkomen van aaneengesloten buiduren binnen de drukke periode voor elk van de totale buiduren in blok AO11-BL37 en de gegevens over

de beschikbaar te houden banen per (totale) buiduur kunnen de frequenties van aaneengesloten buiduren met een baanbeschikbaarheid van resp. 3, 2 en 1 worden berekend. Dat gebeurt in blok AL70-BM84. Daarnaast vindt in deelblok BO11-BQ38 ook een berekening plaats van het aantal uren per jaar (per buiduur en totaal) met een baanbeschikbaarheid van resp. 3, 2 en 1.

#### Vaststelling vliegtuig wachtturen en aantallen geannuleerde/uitgeweken vluchten

Voor de verschillende situaties die worden gekenmerkt door een bepaalde aaneengesloten lengte van de buiduur binnen de drukke periode en een beperkte beschikbare baancapaciteit (2 banen of 1 baan) wordt op grond van een eenvoudige wachtrijsimulatie de omvang van de optredende vertraging (in termen van het aantal vliegtuigwachtturen) vastgesteld. Op grond van een aantal aanvullende aannamen wordt daarbij tevens vastgesteld hoeveel vluchten zouden moeten worden geannuleerd, c.q. hoeveel vluchten zouden moeten uitwijken als gevolg van vooraf gemaakte keuzen op grond van de verwachte capaciteitsbeperkingen.

De uitvoering van de wachtrijsimulaties voor alle mogelijke relevante situaties vindt plaats in het werkblad WTB (wachttijdberekeningen) en wordt verderop in deze bijlage beschreven.

De specificatie van de benodigde wachttijdberekeningen en de verwerking van de resultaten vormt onderdeel van het werkblad EBP. Daarbij zijn de volgende zaken aan de orde:

- Vaststelling aantallen en verdeling vluchten over etmaal in winterperiode.
- Vaststelling beschikbare baancapaciteit in de periode met beperkingen.
- Schematisering wachttijdsimulaties voor verschillende situaties.
- Bepaling invoergegevens voor wachttijdberekeningen.
- Verwerking resultaten wachttijdberekeningen.

Informatie over de jaargemiddelde vluchtverdeling over de uren van het etmaal (voor vertrekkende en aankomende vliegtuigen) zijn voor het jaar 2012 ontleend aan de gepubliceerde gegevens in Traffic Review 2012 (Amsterdam Airport Schiphol, 2013). Binnen de uurverdeling van het etmaal is

daarbij onderscheid gemaakt naar de drukke periode (7.00-22.00) en de stille periode (22.00-7.00). Als relevante periode voor het optreden van winterse buien is uitgegaan van de periode november t/m maart. Het verkeersvolume voor deze winterse periode als fractie van het jaartotaal is vastgesteld door deling van het aantal (commerciële) vluchten in de periode november-maart door het jaartotaal van de vluchten (eveneens gebaseerd op gegevens uit Traffic Review 2012). Voor de winterse periode is vervolgens per uur van het etmaal de gemiddelde intensiteit van de aankomende en vertrekkende vliegtuigen vastgesteld

door vermenigvuldiging van de jaarlijkse aantallen vluchten per uur van het etmaal met de fractie geldig voor winterse periode en deling door het aantal dagen in de winterse periode. Vervolgens is binnen de winterse periode voor de drukke en stille periode van het etmaal een gemiddelde uurintensiteit vastgesteld voor de aankomende en vertrekkende vliegtuigen. Een en ander is uitgevoerd in blok AJ100-BL116 zoals **onderstaand** getoond.

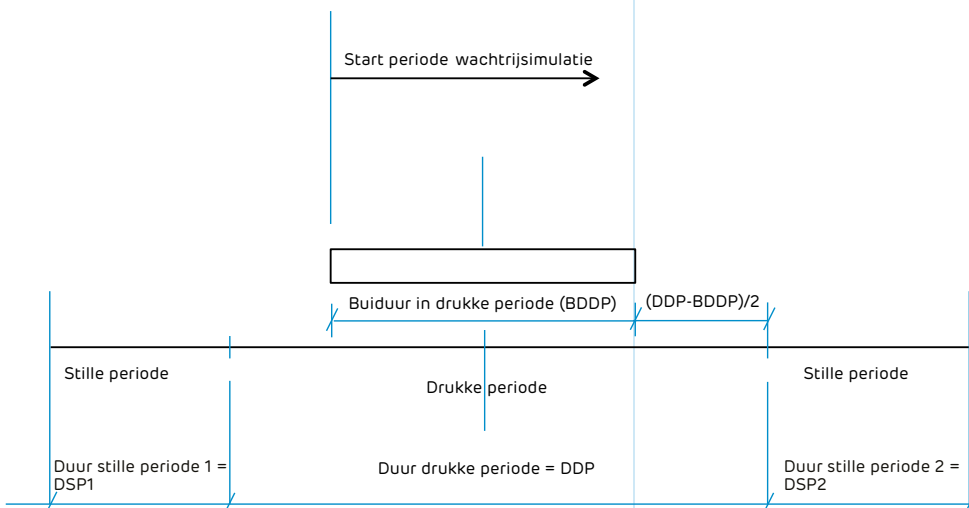
De totale beschikbare baancapaciteit in de periode met beperkingen (tijdens winterse buien) moet worden gegeven voor de situatie dat resp. 3, 2 en

Vaststelling aantallen en verdeling vluchten over etmaal in winterperiode

Verdeling verkeer over etmaal o.b.v. hele jaar

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	Night						Early mor.	Day											Evening	Night				
<b>Aantal bewegingen per uur van het etmaal o.b.v. jaartotalen</b>																								
Aankomst	2200	1900	1300	900	1400	4600	5900	14200	21500	10300	11100	15100	10900	13800	7700	16600	6500	6600	14200	21200	9400	7600	3900	2800
Vertrek	500	200	100	200	500	2800	3900	11000	9200	14000	20900	11400	16400	11600	12800	12300	12800	14000	7700	7400	14100	21700	4700	1300
<b>Totaal</b>	<b>2700</b>	<b>2100</b>	<b>1400</b>	<b>1100</b>	<b>1900</b>	<b>7400</b>	<b>9800</b>	<b>25200</b>	<b>30700</b>	<b>24300</b>	<b>32000</b>	<b>26500</b>	<b>27300</b>	<b>25400</b>	<b>20500</b>	<b>28900</b>	<b>19300</b>	<b>20600</b>	<b>21900</b>	<b>28600</b>	<b>23500</b>	<b>29300</b>	<b>8600</b>	<b>4100</b>
<b>Aantal bewegingen per uur van het etmaal o.b.v. dagtotaal in winterperiode (november t/m maart)</b>																								
Aankomst	5	5	3	2	3	11	14	35	53	25	27	37	27	34	19	41	16	16	35	52	23	19	10	7
Vertrek	1	0	0	0	1	7	10	27	22	34	51	28	40	28	31	30	31	34	19	18	34	53	11	3
<b>Totaal</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>62</b>	<b>75</b>	<b>59</b>	<b>78</b>	<b>65</b>	<b>67</b>	<b>62</b>	<b>50</b>	<b>71</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>54</b>	<b>70</b>	<b>57</b>	<b>72</b>	<b>21</b>	<b>10</b>
	Stil											Druk											Stil	
dagen	Gemiddeld aantal bewegingen per uur stille periode (#/uur)											Gemiddeld aantal bewegingen per uur drukke periode (#/uur)												
dagen	Aankomst	7					Aankomst	30																
	Vertrek	4					Vertrek	32																

Figuur B2-1a Situaties waarbij buiduren in drukke periode < drukke periode







1 banen (baan) beschikbaar zijn (is). Uitgangspunt is dat, ook indien een baan operationeel kan worden gehouden toch een bepaalde beperking in capaciteit zou kunnen optreden omdat er tijdens de bui met bepaalde intervallen door de werkzame ploegen activiteiten op de banen worden uitgevoerd. Aangenomen wordt dat deze capaciteitsreductie bij 3 beschikbare banen nog geen problemen oplevert. Bij minder dan 3 beschikbare banen leidt deze capaciteitsreductie wel tot (vergroting) van de problemen. De specificatie van de baan capaciteit tijdens winterse buien is gegeven in het blok AJ120-AM123. Arbitrair is thans uitgegaan van resp. 80, 50 en 25 bewegingen per uur (uitgaande van de situatie dat tijdens een bui nog resp. 3, 2, of 1 banen (baan) beschikbaar zijn (is).

Voor de schematisering van de te beschouwen buiduur situaties bij het uitvoeren van de wachttijdberekeningen wordt onderscheid gemaakt naar:

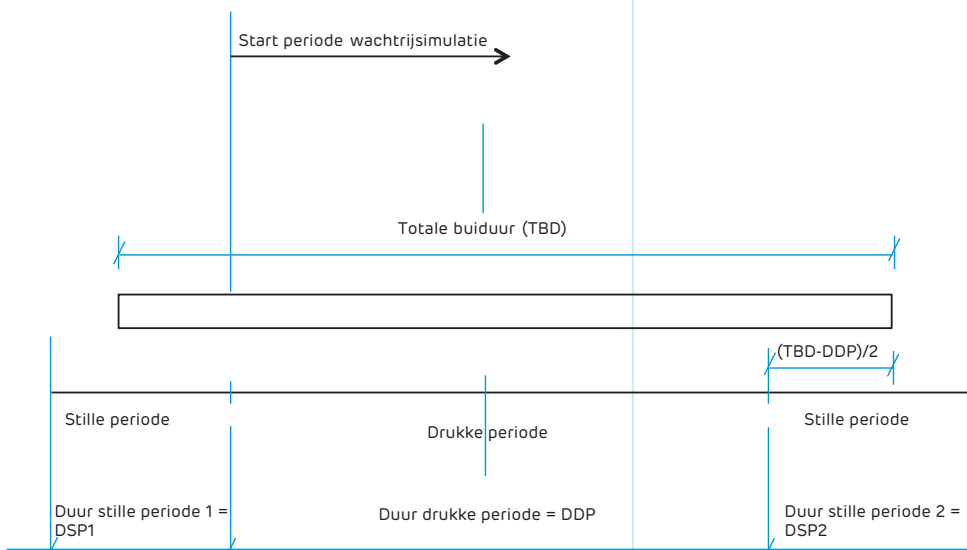
- Schematisering 1. De situaties waarin de aaneengesloten buiduur binnen de drukke periode kleiner is dan de totale lengte van de drukke periode. Deze situaties kunnen zich voordoen bij alle (totale) buiduren die minimaal gelijk zijn aan de beschouwde, aaneengesloten buiduur binnen de drukke periode.
- Schematisering 2. De situaties waarbij de aaneengesloten buiduur minimaal de gehele druk-

ke periode beslaat. Deze situaties kunnen zich uitsluitend voordoen bij totale buiduren met een lengte die minimaal gelijk is aan de lengte van de drukke periode.

Voor het beschouwen van de vertragingen voor de situaties van het eerste type geldt de standaard schematisering zoals weergegeven in Figuur B2-1a. Voor buiduren in de drukke periode kleiner dan lengte drukke periode wordt de buiduur rond het midden van de drukke periode gepositioneerd en vindt de wachttijdberekening plaats vanaf het begin van de buiduur, voor zo lang als relevant in verband met het optreden van wachttijden (zolang er sprake is van een wachtrij). Na het verstrijken van de buiduur binnen de drukke periode vallen de capaciteitsbeperkingen weg. Na het passeren van de grens met de stille periode neemt het aanbod van vertrekkende vliegtuigen af. De positionering van de buiduur in het midden van de drukke periode geeft het gemiddelde aan van alle denkbare situaties waarbij de betreffende buiduur binnen de drukke periode kan worden gepositioneerd.

Voor buiduren groter dan de lengte van de drukke periode die minimaal de gehele drukke periode beslaan geldt de schematisering volgens Figuur B2-1b. Ook nu wordt de (totale) buiduur rond het midden van de drukke periode gepositioneerd. De berekening vindt plaats vanaf het begin van de

Figuur B2-1b Situaties waarbij buiduur minimaal gehele drukke periode beslaat



drukke periode (daarvoor, in de stille periode, treden geen capaciteitsbeperkingen op) voor zo lang als relevant in verband met het optreden van wachttijden (zolang sprake is van een wachtrij). Na het verstrijken van de drukke periode neemt het aanbod van vertrekkende vliegtuigen af. Na het verstrijken van de totale buiduur vallen de capaciteitsbeperkingen weg en kunnen ook in de stille periode meer banen beschikbaar worden gemaakt om de eventuele resterende wachtrij sneller weg te werken. De positionering van de buiduur in het midden van de drukke periode geeft het gemiddelde aan van alle denkbare situaties waarbij de betreffende buiduur t.o.v. de drukke periode kan worden gepositioneerd.

Voor de berekening van de wachttijden voor de verschillende reksituaties zoals uitgevoerd in werkblad WTB zijn standaard de volgende invoergegevens vereist:

- Vraag1: aantal vertrekkende vliegtuigen per uur bij aanvang berekening in drukke periode.

- PVraag1: periode van eerste traject berekening binnen de drukke periode (uur).
- Vraag2: aantal vertrekkende vliegtuigen per uur vanaf overgang naar stille periode.
- Cap1: beschikbare capaciteit voor accommoderen vertrekkende vliegtuigen gedurende eerste deel berekening met beperkingen in baancapaciteit in drukke periode.
- PCap1: periode van eerste traject berekening binnen de drukke periode waarvoor beperkingen baancapaciteit van toepassing zijn (uur).
- Cap2: beschikbare capaciteit voor accommoderen vertrekkende vliegtuigen gedurende restant drukke periode nadat beperkingen baancapaciteit zijn opgeheven (bij buiduren in drukke periode die kleiner zijn dan lengte drukke periode), dan wel beschikbare capaciteit met beperkingen in stille periode (bij totale buiduren groter dan lengte drukke periode die de gehele drukke periode beslaan en overlopen naar de stille periode).
- PCap2: periode van tweede traject in berekening waarvoor Cap2 van toepassing is (uur).

Aansturing berekening wachttijden																				Vliegtuigen in wachtrij	
Duur bui *)	Situatie met maar 2 banen beschikbaar										Situatie met maar 1 baan beschikbaar									2 banen beschikbaar	1 baan beschikbaar
	Duur bui in dr.per. (uur)	Red.fact. aank. vliegt.	Vraag1 (#/uur)	P Vraag1 (uur)	Vraag2 (#/uur)	Cap1 (#/uur)	PCap1 (uur)	Cap2 (#/uur)	PCap2 (uur)	Cap3 (#/uur)	Red.fact. aank. vliegt.	Vraag1 (#/uur)	P Vraag1 (uur)	Vraag2 (#/uur)	Cap1 (#/uur)	PCap1 (uur)	Cap2 (#/uur)	PCap2 (uur)	Cap3 (#/uur)	Maximaal toelaatbaar	beschikb
	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	40
nvt	1	1,00	32	8	4	20	1	50	7	73	0,75	24	8	4	3	1	50	7	73	12	22
nvt	2	1,00	32	8,5	4	20	2	50	6,5	73	0,70	22	8,5	4	4	2	50	6,5	73	24	37
nvt	3	1,00	32	9	4	20	3	50	6	73	0,60	19	9	4	7	3	50	6	73	36	37
nvt	4	0,95	30	9,5	4	22	4	50	5,5	73	0,50	16	9,5	4	10	4	50	5,5	73	36	24
nvt	5	0,90	29	10	4	23	5	50	5	73	0,50	16	10	4	10	5	50	5	73	29	30
nvt	6	0,90	29	10,5	4	23	6	50	4,5	73	0,50	16	10,5	4	10	6	50	4,5	73	35	36
nvt	7	0,85	27	11	4	25	7	50	4	73	0,45	14	11	4	12	7	50	4	73	19	21
nvt	8	0,85	27	11,5	4	25	8	50	3,5	73	0,45	14	11,5	4	12	8	50	3,5	73	22	23
nvt	9	0,85	27	12	4	25	9	50	3	73	0,45	14	12	4	12	9	50	3	73	25	26
nvt	10	0,85	27	12,5	4	25	10	50	2,5	73	0,45	14	12,5	4	12	10	50	2,5	73	27	29
nvt	11	0,85	27	13	4	25	11	50	2	73	0,45	14	13	4	12	11	50	2	73	30	32
nvt	12	0,85	27	13,5	4	25	12	50	1,5	73	0,45	14	13,5	4	12	12	50	1,5	73	33	35
nvt	13	0,85	27	14	4	25	13	50	1	73	0,44	14	14	4	12	13	50	1	73	35	30
nvt	14	0,84	27	14,5	4	25	14	50	0,5	73	0,44	14	14,5	4	12	14	50	0,5	73	29	32
15	15	0,84	27	15	4	25	15	50	0	73	0,44	14	15	4	12	15	50	0	73	31	34
16	15	0,84	27	15	4	25	15	43	0,5	73	0,44	14	15	4	12	15	18	0,5	73	31	34
17	15	0,84	27	15	4	25	15	43	1	73	0,44	14	15	4	12	15	18	1	73	31	34
18	15	0,84	27	15	4	25	15	43	1,5	73	0,44	14	15	4	12	15	18	1,5	73	31	34
19	15	0,84	27	15	4	25	15	43	2	73	0,44	14	15	4	12	15	18	2	73	31	34
20	15	0,84	27	15	4	25	15	43	2,5	73	0,44	14	15	4	12	15	18	2,5	73	31	34
21	15	0,84	27	15	4	25	15	43	3	73	0,44	14	15	4	12	15	18	3	73	31	34
22	15	0,84	27	15	4	25	15	43	3,5	73	0,44	14	15	4	12	15	18	3,5	73	31	34
23	15	0,84	27	15	4	25	15	43	4	73	0,44	14	15	4	12	15	18	4	73	31	34
24	15	0,84	27	15	4	25	15	43	4,5	73	0,44	14	15	4	12	15	18	4,5	73	31	34

\*) Duur bui is alleen relevant voor de situaties waarbij een buiduur in de drukke periode optreedt die gelijk is aan de gehele lengte van de drukke periode. Dat kan per definitie alleen als de duur van de bui minimaal gelijk is aan de lengte van de drukke periode.



- Cap3: beschikbare capaciteit voor accommoderen vertrekkende vliegtuigen die geldt in de stille periode na het einde van de buiduur (als alle beperkingen zijn opgeheven).

De invulling van deze gegevens kan voor alle relevante rekensituaties uit de voorgaande gegevens worden afgeleid. Daarbij wordt daarbij onderscheid gemaakt naar 2 situaties voor baanbeschikbaarheid (met resp. 2 banen of 1 baan beschikbaar) met daarbinnen steeds 24 rekengevallen (leidend tot 48 rekensituaties). Binnen de 24 rekengevallen geldt een onderscheid naar de situaties waarvoor geldt dat de buiduur binnen de drukke periode kleiner is dan de totale lengte van de drukke periode (behandeling volgens schematisering 1) en de situaties waarvoor geldt dat de buiduur minimaal de gehele drukke periode beslaat (behandeling volgens schematisering 2). Voor de situaties van het eerste type geldt dat die zich voor verschillende totale buiduren kunnen voordoen (totale buiduur is daarin niet onderscheidend). De situaties van het tweede type gelden alleen voor buiduren van 15-24 uur (gegeven de in het huidige voorbeeld gehanteerde lengte voor de drukke periode van 15 uur) en kunnen wel worden onderscheiden naar de lengte van de totale buiduur. De invulling van de gegevens voor de 48 rekensituaties is gegeven in blok AJ125-BF153 van het werkblad EBP. Onderstaand wordt daarvoor een overzicht gegeven.

Bij de invulling van **bovenstaande** tabel geldt voorts de volgende toelichting:

- De wachttijdberekeningen worden uitsluitend uitgevoerd voor de vertrekkende vliegtuigen. Dat betekent dat de vraaginformatie uitsluitend is gebaseerd op het aanbod van vertrekkende vliegtuigen. Uitgangspunt is dat aankomende vliegtuigen die niet zijn geannuleerd of uitgeweken voorrang krijgen. De baancapaciteit die beschikbaar is voor vertrekkende vliegtuigen wordt daarom bepaald door de totaal beschikbare baancapaciteit verminderd met de benodigde capaciteit voor de aankomende vliegtuigen.
- Voor de situatie met 2 banen beschikbaar en buiduur in drukke periode < lengte drukke periode geldt:

- Cap1 wordt bepaald door de beschikbare uurcapaciteit bij 2 banen minus de gemiddeld per uur aankomende vliegtuigen in de drukke periode.
- Cap2 (geldig als de beperkingen door de bui wegvallen) wordt gelijk gesteld aan de capaciteit bij 3 banen minus de gemiddeld per uur aankomende vliegtuigen in de drukke periode.
- Cap3 (capaciteit stille periode na einde bui) wordt gelijk gesteld aan de capaciteit bij 3 banen minus aankomende vliegtuigen in de stille periode.
- De lengten van de verschillende perioden (PVraag1, PCap1 en PCap2) volgen direct uit de buiduur in de drukke periode waarvoor de situatie geldt en de totale lengte van de drukke periode (gegeven de uitgangspunten voor schematisering 1).
- Voor de situatie met 2 banen beschikbaar en buiduur in drukke periode gelijk aan lengte drukke periode geldt:
  - Bepaling van Cap1 en Cap3 idem bovenstaand.
  - Cap2 (geldig in stille periode gedurende het halve verschil van totale buiduur en lengte drukke periode) wordt gelijk gesteld aan uurcapaciteit bij 2 banen minus de gemiddeld per uur aankomende vliegtuigen in de stille periode.
  - De lengten van de verschillende perioden (PVraag1, PCap1 en PCap2) volgen direct uit de totale buiduur waarvoor de situatie geldt en de totale lengte van de drukke periode (gegeven de uitgangspunten voor schematisering 2).
- Voor de situatie met 1 baan beschikbaar en buiduur in drukke periode < lengte drukke periode geldt:
  - Cap1 wordt bepaald door de beschikbare uurcapaciteit bij 1 baan minus de gemiddeld per uur aankomende vliegtuigen in de drukke periode.
  - Voor Cap2 en Cap3 gelden dezelfde uitgangspunten als voor de situatie met 2 banen beschikbaar.
  - De lengten van de verschillende perioden (PVraag1, PCap1 en PCap2) volgen direct uit de buiduur in de drukke periode waarvoor de situatie geldt en de totale lengte van de

drukke periode (gegeven de uitgangspunten voor schematisering 1).

- Voor de situatie met 1 baan beschikbaar en buiduur in drukke periode gelijk aan lengte drukke periode geldt:
  - Cap1 wordt bepaald door de beschikbare uurcapaciteit bij 1 baan minus de gemiddeld per uur aankomende vliegtuigen in de drukke periode.
  - Cap2 (geldig in stille periode gedurende het halve verschil van totale buiduur en lengte drukke periode) wordt gelijk gesteld aan uurcapaciteit bij 1 baan minus de gemiddeld per uur aankomende vliegtuigen in de stille periode.
  - De lengten van de verschillende perioden (PVraag1, PCap1 en PCap2) volgen direct uit de totale buiduur waarvoor de situatie geldt en de totale lengte van de drukke periode (gegeven de uitgangspunten voor schematisering 2).

Voor beide beperkende situaties betreffende de baanbeschikbaarheid (slechts 2 banen of 1 baan beschikbaar) kan het noodzakelijk zijn het verkeersaanbod van aankomende vliegtuigen tijdelijk te reduceren (door het aan de grond houden of laten uitwijken van vliegtuigen). Een belangrijke bepalende factor hiervoor zou zijn de mate waarin de wachtrij van vliegtuigen die willen vertrekken zou oplopen (tot buiten aanvaardbare waarden of beschikbare wachtcapaciteit). Indien het aanbod van aankomende vliegtuigen planmatig zou worden gereduceerd (op grond van de verwachte omvang en duur van de capaciteitsbeperkingen) vindt niet alleen een reductie plaats van de aankomende vliegtuigen, maar werkt dit ook direct door in het aanbod van de vertrekkende vliegtuigen (met een tijdsverschuiving gelijk aan de gemiddelde turnaround tijd op de luchthaven).

In de bovenstaande tabel met invoergegevens is voor beide situaties (2 banen en 1 baan beschikbaar) de mogelijkheid geboden het aanbod van vliegtuigen met een factor te reduceren (in resp. de kolommen AL130-AL153 en AU130-AU153). Voor de verschillende te beschouwen berekeningen (buiduur frequentieprofielen) zou deze factor moeten volgen uit een te stellen maximum aan de toelaatbare wachtrij. Indien voor de beschouwde buiduur situaties de wachtrij zonder reductie van

het aantal aankomende vliegtuigen de toelaatbare omvang zou overschrijden kan een reductiefactor worden gespecificeerd om de wachtrij binnen de maximale grens te brengen. Om dit mogelijk te maken zijn de uitkomsten van de wachtrijberekeningen (zoals uitgevoerd in werkblad WTB) voor de 48 beschouwde reksituaties toegevoegd in de laatste kolommen van het blok AJ125-BF153 (het deelblok BE125-BF153). De berekende (maximale) lengten van de wachtrijen voor elk van de reksituaties kunnen daarbij worden vergeleken met een nader vast te stellen maximaal toelaatbare waarde. Als die wordt overschreden kan voor de betreffende situatie (buiduur) een reductiefactor worden ingevoerd op grond waarvan in de spreadsheet direct een herberekening plaatsvindt. Aldus kunnen voor de berekeningen bij elke buiduur op vrij eenvoudige wijze de benodigde waarden van de reductiefactoren worden vastgesteld waarmee aan gestelde wachtrij-eisen wordt voldaan. Op grond van de gespecificeerde reductiefactoren per reksituatie kan vervolgens eenvoudig worden berekend wat de bijbehorende aantallen vliegtuigen zijn die elders aan de grond zouden moeten worden gehouden, dan wel naar andere luchthavens zouden moeten uitwijken.

De resultaten van de wachttijberekeningen zijn als volgt in werkblad EBP weergegeven:

- Voor de situatie met 2 banen beschikbaar en buiduur in drukke periode < lengte drukke periode: in rij AO78-BL78 (direct onder de rij met de frequenties van de bijbehorende aaneengesloten buiduren waarbij 2 banen beschikbaar zijn).
- Voor de situatie met 2 banen beschikbaar en buiduur in drukke periode gelijk aan lengte drukke periode: in kolom BQ74-BQ97.
- Voor de situatie met 1 baan beschikbaar en buiduur in drukke periode < lengte drukke periode: in rij AO84-BL84 (direct onder de rij met de frequenties van de bijbehorende aaneengesloten buiduren waarbij 1 baan beschikbaar is).
- Voor de situatie met 1 baan beschikbaar en buiduur in drukke periode gelijk aan lengte drukke periode: in kolom BR74-BR97.

De berekening van de aantallen geannuleerde of uitgeweken vluchten zijn per aaneengesloten buiduur voor de drukke periode gegeven in het blok AL86-BM89 (voor situatie met 2 banen be-



schikbaar, situatie met 1 baan beschikbaar, en voor het totaal).

Een samenvatting van de totalen van de berekende vliegtuigwachturen (uur/jaar) en geannuleerde/uitgeweken vluchten (#/jaar) is gegeven in het blok BD92-BJ98.

#### Berekening en vergelijking van kosten en vertragingseffecten

Op grond van de inzet en activiteiten van de verschillende ploegen ('Baan' en 'Platform') wordt een aantal kostenberekeningen gemaakt als volgt:

- Kosten inzet ploeg 'Baan':
  - Eenmalige kosten inzet (€/jaar): aantal malen inzet ploeg per jaar maal kosten eenmalige inzet, met onderscheid naar inzet in 'drukke en stille periode.
  - Variabele kosten (€/jaar): aantal actieve ploeguren per jaar maal variabele kosten per ploeguur (arbeid en energie/onderhoud), met onderscheid naar inzet in 'drukke en stille periode.
- Kosten inzet ploeg 'Platform':
  - Eenmalige kosten inzet (€/jaar): idem ploeg 'Baan'.
  - Variabele kosten (€/jaar): idem ploeg 'Baan'.
- Overige kosten:
  - Af te voeren hoeveelheid sneeuw/ijs (ton): totaal aantal actieve ploeguren per jaar van ploeg 'Platform' maal sneeuw/ijs 'productie' per ploeguur (kg/uur), rekening houdend met een gemiddelde verliesfactor (o.a. door smelten).
  - Gebruik kaliumformiaat (kg): totaal aantal actieve ploeguren per jaar voor ploegen 'Baan' en 'Platform' vermenigvuldigd met verbruik kaliumformiaat per ploeguur (rekening houden met verschillende verbruikshoeveelheden voor ploegen 'Baan' en 'Platform').

- Kosten afvoeren/verwerken sneeuw/ijs (€/jaar): jaarlijkse hoeveelheid af te voeren sneeuw/ijs (ton) maal kosten afvoer/verwerking (€/ton).
- Kosten gebruik kaliumformiaat (€/jaar): jaarlijkse hoeveelheid gebruik kaliumformiaat (kg) maal kosten kaliumformiaat (€/kg).

Voor de bovenstaande berekeningen is een aantal invoergegevens noodzakelijk die moeten worden gespecificeerd in blok BT2-CD7, waarvan onderstaand een overzicht is gegeven.

Naast de berekende kosten wordt in het effectrapport een overzicht opgenomen van de vertragingseffecten door de capaciteitsbeperkingen van de banen in de zin van:

- Het totaal aantal vliegtuig wachturen per jaar.
- Het totaal aantal geannuleerde of uitgeweken vluchten per jaar.

In de spreadsheet wordt een effectrapport bepaald voor elke afzonderlijke berekening die wordt gekenmerkt door een specifiek buiduur frequentieprofiel. De resultaten per rekengeval kunnen daarbij in het werkblad EBP worden opgeslagen en worden vergeleken met een nader te kiezen referentiesituatie. Tevens vindt in dit werkblad een berekening plaats van de absolute en relatieve (procentuele) verschillen van de rekengevallen met de referentiesituatie. De presentatie en vergelijking van de effectrapporten vindt plaats in het blok BT11-CO92. Een overzicht van het effectrapport (eerste deel van blok BT11-CO92) is onderstaand gegeven.

De resultaten van de actuele berekening zijn in de eerste kolom weergegeven. De als referentie te hanteren resultaten worden (als waarden) naar de tweede kolom gekopieerd. De overige rekengeval-

	Kostengetallen per ploeg (€ en €/uur)				Energie + variabel	Gebruik en kosten kaliumformiaat		Sneeuw/ijsprod. (kg/uur)	Factor verlies sneeuw/ijs (-)	Kosten afv./verw. sneeuw/ijs (€/ton)
	Kosten inzet ((de)mobilisatie)		Arbeid			Gebruik (kg/uur)	Kosten (€/kg)			
	Druk (€)	Stil (€)	Druk (€/uur)	Stil (€/uur)						
Baan	€ 1.500	€ 2.250	€ 2.000	€ 3.000	€ 1.500	100	10			
Platform	€ 1.000	€ 1.500	€ 1.500	€ 2.250	€ 1.000	50	10	3000	0,25	€ 500

len worden (voor vergelijking) naar de volgende kolommen gekopieerd. In het bovenstaande voorbeeld wordt het gemiddelde buiduur frequentieprofiel van de voor Schiphol beschikbare tijdserie van de laatste 43 jaar (aangeduid als Gem43) als referentie gehanteerd. Daarnaast zijn de resultaten opgenomen van een aantal voorbeeldberekeningen op grond van andere buiduur frequentieprofielen. Op deze voorbeelden en het verdere gebruik van het effectrapport wordt in par. 2-3 nader ingegaan

### 3) Werkblad WTB (wachtijdberekeningen)

In werkblad WTB worden simultane wachtijdberekeningen (wachtrijsimulaties) uitgevoerd voor in totaal 48 reksituaties, bepaald door:

- Twee situaties betreffende de beperkingen in beschikbare baancapaciteit (met resp. 2 banen en 1 baan beschikbaar).
- 24 rekengevallen die zijn gekoppeld aan buiduur, met onderscheid naar X discrete situaties met aaneengesloten buiduren binnen de drukke periode die kleiner zijn dan de duur van de drukke periode (DDP) met buiduren van 1 t/m X (waarbij  $X = DDP - 1$ ) en  $(24 - X)$  discrete situaties met totale buiduren  $\geq DDP$  waarvoor geldt dat de (totale) buiduur minimaal de gehele drukke periode beslaat.

Scenario Type jaar	Actueel	Referentie	Scenariogevallen voor vergelijking			
	Huidig Gem43	Huidig Gem43	Huidig klimaat			
			Streng1 (09/10)	Mild1 (13/14)	Streng5	Mild5
<b>Kosten inzet ploeg 'Baan'</b>						
Eenmalige kosten inzet (€/jaar)	€ 68.267	€ 68.267	€ 124.688	€ 14.250	€ 131.100	€ 14.963
Variabele kosten (€/jaar)	€ 576.654	€ 576.654	€ 1.325.250	€ 58.125	€ 1.245.425	€ 106.175
Subtotaal kosten 'Baan' (€/jaar)	€ 644.922	€ 644.922	€ 1.449.938	€ 72.375	€ 1.376.525	€ 121.138
<b>Kosten inzet ploeg 'Platform'</b>						
Eenmalige kosten inzet (€/jaar)	€ 45.512	€ 45.512	€ 83.125	€ 9.500	€ 87.400	€ 9.975
Variabele kosten (€/jaar)	€ 413.889	€ 413.889	€ 951.188	€ 41.719	€ 893.894	€ 76.206
Subtotaal kosten 'Platform' (€/jaar)	€ 459.400	€ 459.400	€ 1.034.313	€ 51.219	€ 981.294	€ 86.181
<b>Overige kosten</b>						
Af te voeren hoeveelheid sneeuw/ijs (ton)	335	335	770	34	723	62
Gebruik kaliumformiaat (kg)	22322	22322	51300	2250	48210	4110
Kosten afvoeren/verwerken sneeuw/ijs (€/jaar)	€ 167.416	€ 167.416	€ 384.750	€ 16.875	€ 361.575	€ 30.825
Kosten gebruik kaliumformiaat (€/jaar)	€ 223.221	€ 223.221	€ 513.000	€ 22.500	€ 482.100	€ 41.100
Subtotaal overige kosten (€/jaar)	€ 390.637	€ 390.637	€ 897.750	€ 39.375	€ 843.675	€ 71.925
<b>Totale kosten sneeuw/ijs (€/jaar)</b>	<b>€ 1.494.959</b>	<b>€ 1.494.959</b>	<b>€ 3.382.000</b>	<b>€ 162.969</b>	<b>€ 3.201.494</b>	<b>€ 279.244</b>
<b>Effecten capaciteitsbeperkingen banen</b>						
Vliegtuig wachturen (uur/jaar)	1234	1234	3084	106	2764	226
Geannuleerde of uitgeweken vluchten (3/jaar)	492	492	1511	0	1231	49



De berekeningen in werkblad WTB vinden plaats volgens een standaard opzet, te weten:

- Verzameling en bewerking invoergegevens.
- Uitvoering van de wachttijdberekening.
- Verzameling en verwerking van de berekeningsresultaten.

#### Verzameling en bewerking invoergegevens

De invoergegevens voor de wachttijdberekeningen worden voor elk van de 48 reksituaties bepaald in het werkblad EBP (in blok AJ125-BF153) zoals in bovenstaande uitleg over de inhoud van werkblad EBP beschreven.

De standaard invoer bestaat uit:

- Vraag1 (#/uur): vraag vertrekkende vliegtuigen in deel berekeningsperiode vallend binnen drukke periode.
- PVraag1 (uur): deelperiode waarvoor Vraag1 van toepassing.
- Vraag2 (#/uur): vraag vertrekkende vliegtuigen in deel berekeningsperiode vallend binnen stille periode.
- Cap1 (#/uur): beschikbare capaciteit in drukke periode waarbij sprake is van capaciteitsbeperkingen.
- PCap1 (uur): deelperiode waarvoor Cap1 van toepassing.
- Cap2 (#/uur): beschikbare capaciteit gedurende deel drukke periode waarbij geen sprake is van capaciteitsbeperkingen, dan wel gedurende deel stille periode waarbij wel sprake is van capaciteitsbeperkingen.
- PCap2 (uur): deelperiode waarvoor Cap2 van toepassing.
- Cap3 (#/uur): beschikbare capaciteit gedurende deel stille periode waarbij geen sprake is van capaciteitsbeperkingen.

De bewerking van de invoergegevens heeft betrekking op:

- Het omzetten van de gegevens over vraag en capaciteit in #/uur naar #/minuut.

- Het omzetten van de duur van de verschillende deelperioden van uren naar minuten.

Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van een standaard invoerblok en de verwerking van de invoergegevens.

#### Uitvoering van de wachttijdberekening

De wachttijdberekening vindt plaats op grond van een wachtrijssimulatie voor een periode van 24 uur met tijdstappen van 1 minuut (1440 tijdstappen). Voor elke tijdstap worden daarbij de volgende berekeningen uitgevoerd:

- Flow in 1 (#/min): bepaling aanbod voor vertrek in actuele tijdstap als Vraag1 van toepassing (0 of 1).
- Flow in 2 (#/min): bepaling aanbod voor vertrek in actuele tijdstap als Vraag2 van toepassing (0 of 1).
- Queue in (#/min): bepaling totaal aanbod van aantal vliegtuigen dat in actuele minuut zou willen vertrekken (is gelijk aan aantal vliegtuigen in wachtrij van vorige tijdstap plus aanbod voor vertrek in actuele tijdstap volgens Flow in 1 of Flow in 2, afhankelijk van situatie Vraag1 of Vraag2 van toepassing).
- Flow out 1 (#/min): bepaling vertrek van een vliegtuig in actuele tijdstap als Cap1 van toepassing (0 of 1).
- Flow out 2 (#/min): bepaling vertrek van een vliegtuig in actuele tijdstap als Cap2 van toepassing (0 of 1).
- Flow out 3 (#/min): bepaling vertrek van een vliegtuig in actuele tijdstap als Cap3 van toepassing (0 of 1).
- Vliegtuigen in wachtrij (#): bepaling aantal vliegtuigen in wachtrij voor actuele tijdstap (gelijk aan 'Queue in' voor actuele tijdstap verminderd met vertrekkend vliegtuig volgens berekening Flow out 1, 2 of 3 afhankelijk van situatie Cap1, Cap2 of Cap3 van toepassing).
- Vliegtuigwachttijd cumulatief in minuten (V-min): berekening cumulatieve wachttijd in

Vraag1 (#/uur)	PVraag1 (uur)	Vraag2 (#/uur)	Cap1 (#/uur)	PCap1 (uur)	Cap2 (#/uur)	PCap2 (uur)	Cap3 (#/uur)
32	8	4	20	1	50	7	73
0,533	480	0,067	0,333	60	0,833	420	1,217

vliegtuigminuten door wachttijd vorige tijdstap te vermeerderen met aantal vliegtuigen in wachtrij voor actuele tijdstap (minuut).

- Vliegtuigwachttijd cumulatief in uren (V-uur): berekening cumulatieve wachttijd in vliegtuiguren door voorgaande cumulatieve wachttijd (in V-min) te delen door 60.
- Periode met beperkingen (0 of 1): markering actuele tijdstap als beperkend (1) indien er in die tijdstap een wachtrij >0 is of als niet-beperkend (0) indien er in die tijdstap een wachtrij gelijk aan 0 is.
- # vliegtuigen in periode met beperkingen: bepaling van het cumulatieve aantal vliegtuigen dat zich aandient voor vertrek in een tijdstap waarbij beperkingen van toepassing zijn (leidt tot bepaling van het totale aantal vliegtuigen dat vertraging ondervindt).

#### Verzameling en verwerking van de berekeningsresultaten

Op grond van de totale wachtrij simulatie en berekeningsresultaten over 1440 tijdstappen van een minuut (waarbij eventuele beperkingen in het algemeen maar voor een deel van deze periode van toepassing zijn) worden de volgende eindresultaten bepaald:

- Totaal aantal vliegtuigwachturen (V-uur): maximum van de cumulatieve berekening van het aantal vliegtuigwachturen over de 1440 tijdstappen.
- Totaal aantal vliegtuigen (#) met vertraging: maximum van de cumulatieve berekening van het aantal vliegtuigen dat beperkingen ondervindt over de 1440 tijdstappen.
- Gemiddelde vertraging per vliegtuig (uur) dat beperkingen ondervindt: deling van totaal aantal vliegtuigwachturen door totaal aantal vliegtuigen met vertraging.
- Totale periode (uur) waarbij sprake is van een wachtrij >0 (som van aantal tijdstappen met beperkingen gedeeld door 60).
- Maximaal aantal vliegtuigen in wachtrij (#): maximum van de cumulatieve berekening van aantal vliegtuigen in wachtrij over de 1440 tijdstappen.

## 2-2 Spreadsheet 'Effecten winterse condities de-icing'

Binnen de spreadsheet 'Berekening effecten winterse condities de-icing.xlsx' worden de volgende werkbladen onderscheiden:

- 1) Werkblad KVDB (kansverdeling duur bui).
- 2) Werkblad EDI (effecten de-icing).
- 3) Werkblad DIWT (de-icing wachttijdberekeningen).

### 1) Werkblad KVDB (kansverdeling duur bui)

Het werkblad KVDB in de spreadsheet voor de bepaling van de effecten van de-icing is geheel identiek aan het werkblad KVDB zoals beschreven in par. 2-1 over de effecten van winterse condities op baangebruik. Voor de beschrijving daarvan wordt verder verwezen naar punt 1) van par. 2-1.

### 2) Werkblad EDI (effecten de-icing)

In het werkblad EDI worden de volgende bewerkingen en berekeningen uitgevoerd:

- Beschrijving en selectie van buiduur frequentieprofiel.
- Berekening frequenties aaneengesloten buiduren de-icing condities in drukke/stille periode.
- Vaststelling aantal vliegtuigen per jaar voor de-icing en tijdseffecten van de-icing behandeling.
- Berekening en vergelijking van kosten en tijdseffecten.

#### Beschrijving en selectie van buiduur frequentieprofiel

De beschrijving en selectie van het buiduur frequentieprofiel vindt plaats op geheel identieke wijze als in het werkblad EBP van de spreadsheet voor de bepaling van de effecten van winterse condities op het baangebruik. Voor deze beschrijving wordt verwezen naar het betreffende onderdeel onder punt 2) van par. 2-1.

#### Berekening frequenties aaneengesloten buiduren de-icing in drukke/stille periode

Ook deze berekeningen zijn in principe identiek aan de berekeningen zoals die plaatsvinden in de spreadsheet voor de bepaling van de effecten van winterse condities op het baangebruik. De frequenties van aaneengesloten buiduren in de drukke en stille periode volgen uit de vermenigvuldiging van de frequenties van de totale buiduren in





het actuele buiduur frequentieprofiel (voor alle buiduren met lengten van 1 t/m 24 uur) met de kansen op het voorkomen van aaneengesloten buiduren (met lengten van 1 tot maximaal 24 uur) binnen de drukke en stille periode (zoals bepaald in werkblad KVDB). Deze kansen zijn voor de drukke en stille periode opgenomen in resp. de blokken I11-AH37 en I41-AH67. De berekening van de aaneengesloten buiduren vindt voor resp. de drukke en de stille periode plaats in de blokken AK11-BJ37 en AK41-BJ67 van werkblad EDI. In deze laatste blokken zijn voor elk van de voorkomende aaneengesloten buiduren in de drukke en stille periode de totale frequenties en de totale aantallen uren 'de-icing condities' bepaald door sommering over de kolommen (in resp. de deelplokken aangegeven AL38-BJ39 en AL68-BJ69). Eveneens zijn de totale aantallen uren 'de-icing condities' per totale buiduur bepaald door sommering over de rijen (in resp. BK14-BK37 en BK44-BK67).

#### Aantal vliegtuigen per jaar voor de-icing en tijds-effecten de-icing behandeling

De aantallen vliegtuigen waarvoor de-icing noodzakelijk is volgen uit de aantallen vertrekkende vliegtuigen die vallen binnen de buiduren waarvoor de-icing condities van toepassing zijn (zoals bepaald in het bovenstaande). Bij de tijdseffecten van de de-icing behandeling wordt onderscheid gemaakt naar:

- De tijd benodigd voor de uitvoering van de de-icing behandeling.
- De wachttijden die optreden voorafgaand aan de de-icing behandeling.

Bij de hier te maken berekeningen zijn de volgende stappen in het geding:

- Vaststelling aantallen en verdeling vluchten over etmaal in winterperiode.
- Aantallen vliegtuigen voor de-icing en totale behandeltijd.

- Bepaling invoergegevens voor wachttijdberekeningen.
- Verwerking resultaten wachttijdberekeningen.

De vaststelling van de aantallen en verdeling van vluchten over het etmaal in de winterperiode vindt plaats op geheel identieke wijze als beschreven in par. 2-1 (beschrijving van het werkblad EBP). Evenals in het voorgaande geval is uitgegaan van het verkeersaanbod voor het jaar 2012 volgens Traffic Review 2012 (Amsterdam Airport Schiphol, 2013) en is de afbakening van de winterperiode gebaseerd op maanden november t/m maart. De uitwerking van dit gedeelte is in het werkblad EDI opgenomen in blok AH101-BK117.

De aantallen vliegtuigen waarvoor de-icing noodzakelijk is zijn afzonderlijk bepaald voor de drukke en de stille periode, voor elk van de aaneengesloten buiduren die binnen de drukke en stille periode kunnen voorkomen. Deze aantallen worden bepaald door vermenigvuldiging van het aantal uren per jaar per aaneengesloten buiduur (voor drukke en stille periode) met het gemiddelde aantal vertrekkende vliegtuigen voor resp. de drukke en stille periode. De jaarlijkse uren van voorkomen per aaneengesloten buiduur zijn voor de drukke en stille periode bepaald in resp. BK14-BK37 en BK44-BK67. De gemiddelde aantallen vertrekkende vliegtuigen voor de drukke en stille periode zijn resp. vastgesteld in de cellen AV117 en AO117. De berekening van de aantallen vliegtuigen voor de-icing is gegeven in blok AK71-BK75, zoals onderstaand weergegeven.

De totale behandeltijd voor de-icing volgt direct uit het totale aantal vliegtuigen waarvoor de-icing noodzakelijk is en de gemiddelde behandeltijd voor uitvoering van de de-icing.

Aantallen vliegtuigen per jaar voor de-icing per aaneengesloten buiduur in drukke en stille periode																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Totaal	
Drukke periode	303	462	355	305	253	208	147	118	92	79	58	52	36	26	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2554
Stille periode	26	38	29	25	20	16	11	9	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	192
<b>Totaal</b>	<b>329</b>	<b>500</b>	<b>385</b>	<b>330</b>	<b>273</b>	<b>224</b>	<b>158</b>	<b>126</b>	<b>110</b>	<b>79</b>	<b>58</b>	<b>52</b>	<b>36</b>	<b>26</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2746</b>

Indien het aanbod van vertrekkende vliegtuigen op enig moment groter is dan de beschikbare capaciteit voor de-icing (bepaald door het aantal de-icing plaatsen en de gemiddelde behandeltijd) zullen wachttijden gaan optreden. Deze wachttijden worden bepaald op grond van wachttijdberekeningen. Deze berekeningen worden voor alle relevante situaties uitgevoerd in het werkblad DIWT (de-icing wachttijdberekeningen) dat verderop in deze bijlage wordt beschreven.

De specificatie van de benodigde wachttijdberekeningen en de verwerking van de resultaten vormt onderdeel van het werkblad EDI. Bij de uitvoering van deze berekeningen wordt uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- Een wachttijdprobleem kan zich alleen voordoen bij het optreden van de-icing condities binnen de drukke periode. In de stille periode zal de beschikbare capaciteit voor de uitvoering van de-icing het aanbod van vertrekkende vliegtuigen altijd ruimschoots overtreffen.

- Bij het optreden van de-icing condities in de drukke periode wordt onderscheid gemaakt naar 2 typen situaties:

- 1) Situaties waarbij de aaneengesloten buiduur binnen de drukke periode kleiner is dan de totale lengte van de drukke periode. Deze situaties kunnen zich voordoen bij alle (totale) buiduren die minimaal gelijk zijn aan de beschouwde, aaneengesloten buiduur binnen de drukke periode.
- 2) Situaties waarbij de aaneengesloten buiduur minimaal de gehele drukke periode beslaat. Deze situaties kunnen zich uitsluitend voordoen bij totale buiduren met een lengte die minimaal gelijk is aan de lengte van de drukke periode.

Aansturing berekening wachttijden voor de-icing operaties							Maximum aantal vliegt in wachtrij (#)	
Duur bui *)	Duur bui in dr.per. (uur)	Vraag 1 (#/uur)	Vraag 2 (#/uur)	PVraag 1 (uur)	PVraag 2 (uur)	Toelaatb.		35
nvt		1	32	4	1	0		2
nvt		2	32	4	2	0		4
nvt		3	32	4	3	0		6
nvt		4	32	4	4	0		8
nvt		5	32	4	5	0		10
nvt		6	32	4	6	0		12
nvt		7	32	4	7	0		14
nvt		8	32	4	8	0		16
nvt		9	32	4	9	0		18
nvt		10	32	4	10	0		20
nvt		11	32	4	11	0		22
nvt		12	32	4	12	0		24
nvt		13	32	4	13	0		26
nvt		14	32	4	14	0		28
15		15	32	4	15	0		30
16		15	32	4	15	0,5		30
17		15	32	4	15	1		30
18		15	32	4	15	1,5		30
19		15	32	4	15	2		30
20		15	32	4	15	2,5		30
21		15	32	4	15	3		30
22		15	32	4	15	3,5		30
23		15	32	4	15	4		30
24		15	32	4	15	4,5		30

\*) Duur bui is alleen relevant voor de situaties waarbij een buiduur in de drukke periode optreedt die gelijk is aan de gehele lengte van de drukke periode. Dat kan per definitie alleen als de duur van de bui minimaal gelijk is aan de lengte van de drukke periode



- In het eerste geval is het aanbod van vliegtuigen voor de-icing (# vliegtuigen per uur) gelijk aan de gemiddelde uurintensiteit van vertrekkende vliegtuigen in de drukke periode, gedurende de lengte van de aaneengesloten buiduur in de drukke periode. Aan het eind van deze buiduur wordt het aanbod 0.
- In het tweede geval is er gedurende de gehele lengte van de drukke periode (in dit geval gelijk aan 15 uur) een aanbod voor de-icing gelijk aan de gemiddelde uurintensiteit van vertrekkende vliegtuigen in de drukke periode. Daarna is er een aanbod voor de-icing gelijk aan de gemiddelde uurintensiteit van vertrekkende vliegtuigen in de stille periode gedurende een resterende periode die gelijk is aan het halve verschil van de totale buiduur en de lengte van de drukke periode.

Op grond van bovenstaande uitgangspunten wordt onderscheid gemaakt naar 24 afzonderlijke reken-situaties. Voor de thans gehanteerde aannamen over de lengten van de drukke en stille periode binnen het etmaal (resp. 15 en 9 uur) geldt daarbij:

- 14 berekeningen met aaneengesloten buiduren (1 t/m 14) in drukke periode < lengte drukke periode (situatie type 1).
- 10 berekeningen voor aaneengesloten buiduren in drukke periode gelijk aan lengte drukke periode voor resp. totale buiduren van 15 t/m 24 uur (situatie type 2).

Voor elk van deze 24 reken-situaties zijn de volgende vier invoergegevens vereist:

- Vraag1: aanbod de-icing in drukke periode (aantal vertrekkende vliegtuigen per uur).
- Vraag2: aanbod de-icing in stille periode (aantal vertrekkende vliegtuigen per uur).
- PVraag1: duur periode (uur) Vraag1 voor de-icing (in drukke periode).
- PVraag2: duur periode (uur) Vraag2 voor de-icing (na afloop stille periode).

De invoergegevens voor de 24 reken-situaties zijn in werkblad EDI gespecificeerd in blok AH120-AP147, zoals **onderstaand** getoond. In de laatste kolom van dit blok is het maximaal aantal vliegtuigen in de wachtrij vermeld (op grond van de resultaten van de wachttijd-berekeningen die in werkblad DIWT voor deze reken-situaties worden

uitgevoerd). Dit biedt de mogelijkheid om de omvang van de wachtrij te toetsen aan een toelaatbaar maximum. Indien dit wordt overschreden kan worden overwogen de de-icing capaciteit uit te breiden.

Naast de bovengenoemde invoergegevens per reken-situatie is voor de uitvoering van de wachttijd-berekeningen nog de volgende informatie vereist:

- Aantal de-icing opstellingen (#).
- Gemiddelde behandeltijd de-icing per vliegtuig (min).

Voor een nadere uitleg over de uitvoering van de wachttijd-berekeningen wordt verder verwezen naar de beschrijving van werkblad DIWT (punt 3) van par. 2-2).

De resultaten van de wachttijd-berekeningen zijn voor de 24 reken-situaties als volgt in werkblad EDI weergegeven:

- Voor de (14) berekeningen met aaneengesloten buiduren in drukke periode < lengte drukke periode (situatie type 1): rij AM80-AZ80 in blok AK77-BK80. In dit blok worden de berekende wachttijden (vliegtuigwachturen voor de-icing behandeling) per reken-situatie (aaneengesloten buiduur in drukke periode) geconfronteerd met de jaarlijkse frequentie van voorkomen per aaneengesloten buiduur. Dit leidt tot de berekening van het totale actuele aantal vliegtuigwachturen voor de reken-situaties van type 1 (in cel BK80).
- Voor de 10 berekeningen voor aaneengesloten buiduren in drukke periode gelijk aan lengte drukke periode (situatie type 2): kolom BP89-BP98 in blok BM71-BP99. In dit blok worden de berekende wachttijden per reken-situatie (voor totale buiduren van 15 t/m 24 uur) geconfronteerd met de jaarlijkse frequentie van voorkomen van deze situaties. Dit leidt tot de berekening van het totale actuele aantal vliegtuigwachturen voor de reken-situaties van type 2 (in cel BP99).

#### Berekening en vergelijking van kosten en tijdseffecten

Op grond van het berekende aantal vliegtuigen waarvoor de-icing nodig is en de resultaten van de wachttijd-berekeningen worden de volgende effecten berekend:

- Kosten de-icing:
  - Kosten uitvoering de-icing (€/jaar): aantal behandelde vliegtuigen maal de gemiddelde kosten van een de-icing behandeling, met onderscheid naar aantallen vliegtuigen en kosten voor de drukke en stille periode (gezien mogelijke verschillen in arbeidskosten voor dag- en nachtperiode).
  - Kosten opvang en verwerking glycol (€/jaar): in deze kosten zijn begrepen de kosten van opvang van glycol met zuigwagens (op taxi-banen) en de kosten van opslag, afvoer en verwerking (RWZI). De kosten worden bepaald door het totale glycolverbruik (kg) op grond van aantal behandelde vliegtuigen en gemiddeld verbruik per vliegtuig; de fracties die direct (door vaste installaties) en door zuigwagens worden opgevangen/verzameld

(-); de variabele kosten (€/kg) voor verzameling door zuigwagens; en de variabele kosten (€/kg voor opslag, afvoer en verwerking.

- Totale kosten per jaar (€/jaar): som van beide bovenstaande kostenposten.
- Milieubelasting glycol:
  - Niet-verwerkte hoeveelheid glycol (kg/jaar): bepaald door totaal glycolverbruik minus verzamelde fracties door vaste installaties en zuigwagens.
- Tijdseffecten de-icing:
  - Vliegtuig behandeluren de-icing (uur/jaar): bepaald door aantal behandelde vliegtuigen en gemiddelde behandeltime per vliegtuig.
  - Vliegtuig wachturen voor behandeling (uur/jaar): bepaald op grond van resultaten wachttijdberekeningen in cellen BK80 en BP99 (zie bovenstaande).

**Overige gegevens**

Lengte drukke periode (uur)	15
Aantal de-icing opstellingen (#)	6
Gemiddelde behandeltime de-icing per vliegtuig (min)	12
Gemiddelde kosten de-icing drukke tijd €/vliegtuig)	€ 1.500
Gemiddelde kosten de-icing stille tijd €/vliegtuig)	€ 2.000
Gemiddeld verbruik glycol (kg/vliegtuig)	40
Direct op te vangen deel glycol (fractie)	0,60
Deel verlies met zuigwagens te verzamelen (fractie)	0,50
Kosten opvang glycol (zuigwagens) per kg	€ 30
Kosten opslag, afvoer, verwerking glycol (€/kg)	€ 10

**Samenvatting vliegtuig wachturen (uur/jaar)**

Voor buiduren < lengte drukke periode (uur/jaar)	370
Voor buiduren >= lengte drukke periode (uur/jaar)	30
<b>Totaal vliegtuig wachturen voor de-icing (uur/jaar)</b>	<b>400</b>

Totale tijd besteed aan de-icing (vliegtuiguur/jaar)	549
Kosten de-icing drukke periode (€/jaar)	€ 3.831.628
Kosten de-icing stille periode (€/jaar)	€ 383.163
<b>Kosten de-icing totaal (€/jaar)</b>	<b>€ 4.214.791</b>
Verbruikte hoeveelheid glycol (kg/jaar)	109840
Kosten opvang glycol met zuigwagens (€/jaar)	€ 659.040
Kosten opslag, afvoer, verwerking glycol (€/jaar)	€ 878.720
<b>Totale variabele kosten opvang/verwerking glycol (€/jaar)</b>	<b>€ 1.537.760</b>
Niet-verwerkte hoeveelheid glycol (kg/jaar)	21968

Scenario	Actueel	Referentie	Scenariogevallen voor vergelijking			
	Huidig Gem43	Huidig Gem43	Huidig klimaat			
Type jaar			Streng1 (09/10)	Mild1 (13/14)	Streng5	Mild5
<b>Kosten de-icing</b>						
Kosten uitvoering de-icing (€/jaar)	€ 4.214.791	€ 4.214.791	€ 9.636.000	€ 429.000	€ 9.081.600	€ 778.800
Kosten opvang en verwerking glycol (€/jaar)	€ 1.537.760	€ 1.537.760	€ 3.515.680	€ 156.520	€ 3.313.408	€ 284.144
<b>Totale kosten per jaar (€/jaar)</b>	<b>€ 5.752.551</b>	<b>€ 5.752.551</b>	<b>€ 13.151.680</b>	<b>€ 585.520</b>	<b>€ 12.395.008</b>	<b>€ 1.062.944</b>
<b>Milieubelasting glycol</b>						
Niet-verwerkte hoeveelheid glycol (kg/jaar)	21968	21968	50224	2236	47334	4059
<b>Tijdseffecten de-icing</b>						
Vliegtuig behandeluren de-icing (uur/jaar)	549	549	1256	56	1183	101
Vliegtuig wachturen voor behandeling (uur/jaar)	400	400	1134	15	956	57



Voor de uitvoering van bovenstaande berekeningen is een aantal invoergegevens nodig die moeten worden gespecificeerd in blok AT120-AY130 (zie onderstaand overzicht).

De uitvoering van een aantal van de benodigde tussenberekeningen vindt plaats in blok BE82-BK95 (zie onderstaand voorbeeld).

Voor elke berekening die wordt gekenmerkt door de keuze van een buiduur frequentieprofiel wordt een effectrapport opgesteld zoals bovenstaand beschreven. De resultaten per berekening kunnen in het werkblad EDI worden opgeslagen en kunnen worden vergeleken met een te kiezen referentiesituatie. Daarbij worden ook de verschillen met de referentiesituatie (in absolute en relatieve zin) bepaald. De effectrapporten en de vergelijking daarvan zijn opgenomen in blok BQ1-CL43 van werkblad EDI. Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van het berekende effectrapport (eerste deel van blok BQ1-CL43).

De resultaten van de actuele berekening zijn in de eerste kolom weergegeven. De als referentie te hanteren resultaten worden (als waarden) naar de tweede kolom gekopieerd. De overige rekengevallen worden (voor vergelijking) naar de volgende kolommen gekopieerd. Als referentiesituatie is in dit voorbeeld het gemiddelde buiduur frequentieprofiel gehanteerd voor een beschikbare tijdserie voor Schiphol van de laatste 43 jaar (aangeduid als Gem43 welke wordt vergeleken met een aantal andere rekengevallen. Voor een verdere beschrijving van deze voorbeelden en het gebruik van het effectrapport wordt verwezen naar par. 2-3.

### 3) Werkblad DIWT (wachttijdberekeningen)

In werkblad DIW worden simultane wachttijdberekeningen (wachtrij simulaties) uitgevoerd voor in totaal 24 rekensituaties. De stappen in deze berekeningen zijn:

- Verzameling en bewerking invoergegevens.
- Uitvoering van de wachttijdberekening.
- Verzameling en verwerking van de berekeningsresultaten.

#### Verzameling en bewerking invoergegevens

De invoergegevens voor de wachttijdberekeningen worden voor elk van de 24 rekensituaties be-

paald in het werkblad EDI. De standaard invoer bestaat uit:

- Vraag1 (#/uur): aanbod vliegtuigen de-icing in drukke periode.
- Vraag2 (#/uur): aanbod vliegtuigen de-icing in stille periode.
- PVraag1 (uur): duur periode Vraag1 voor de-icing (in drukke periode).
- PVraag2 (uur): duur periode Vraag2 voor de-icing (na afloop stille periode).
- Buffer (#): aantal behandelplaatsen (opstellingen) beschikbaar voor uitvoering de-icing.
- Behandeltijd (min): gemiddelde behandel tijd voor de-icing per vliegtuig.

De laatste 2 invoergegevens zijn daarbij voor alle beschouwde rekensituaties gelijk.

De bewerking van de invoergegevens heeft betrekking op:

- Het omzetten van de vraaggegevens in #/uur naar #/minuut.
- Het omzetten van de duur van de verschillende perioden van uren naar minuten.

Onderstaande tabel geeft een voorbeeld van een standaard invoerblok en de verwerking van de invoergegevens.

Vraag1 (#/uur)	Vraag2 (#/uur)	PVraag1 (uur)	P Vraag2 (uur)	Buffer #	Behandelt. (min)
32	4	1	0	6	12
0,533	0,067	60	0		12

#### Uitvoering van de wachttijdberekening

De wachttijdberekening vindt plaats op grond van een wachtrij simulatie voor een periode van 24 uur met tijdstappen van 1 minuut (1440 tijdstappen). Voor elke tijdstap worden daarbij de volgende berekeningen uitgevoerd:

- Flow in 1 (#/min): bepaling aanbod voor vertrek in actuele tijdstap als Vraag1 van toepassing (0 of 1).
- Flow in 2 (#/min): bepaling aanbod voor vertrek in actuele tijdstap als Vraag2 van toepassing (0 of 1).
- Queue in (#/min): bepaling totaal aanbod van aantal vliegtuigen in actuele minuut voor de-icing (is gelijk aan aantal vliegtuigen in wachtrij van vorige tijdstap plus aanbod voor vertrek in actuele tijdstap volgens Flow in 1 of Flow in

2, afhankelijk van situatie Vraag1 of Vraag2 van toepassing).

- Naar buffer (#): bepaling van aantal vliegtuigen dat in actuele minuut kan toetreden tot de 'buffer' van beschikbare de-icing behandelplaatsen. Dit aantal wordt bepaald door het minimum van het aanbod in 'Queue in' en de beschikbare capaciteit van de buffer (aantal behandelplaatsen verminderd met aantal vliegtuigen in buffer in vorige tijdstap en vermeerderd met het aantal vliegtuigen dat in de actuele tijdstap de buffer verlaat (klaar is met de de-icing behandelingen).
- Uit buffer (#): bepaling van aantal vliegtuigen dat in actuele minuut de buffer verlaat (klaar is met de de-icing behandeling). Dit aantal is per definitie gelijk aan het aantal dat met een tijd-fase verschil gelijk aan de gemiddelde behandel-tijd voor de-icing eerder in 'Naar buffer' is bepaald.
- In buffer (#): bepaling van aantal vliegtuigen dat in actuele minuut de de-icing behandeling ondergaat. Dit aantal is gelijk aan het aantal in de vorige tijdstap vermeerderd met 'Naar buffer' en verminderd met 'Uit buffer' in de actuele tijdstap.
- In wachtrij (#): bepaling aantal vliegtuigen in wachtrij voor actuele tijdstap. Dit aantal is gelijk aan 'Queue in' verminderd met 'Naar buffer' voor de actuele tijdstap
- Vliegtuigwachttijd cumulatief in minuten (V-min): berekening cumulatieve wachttijd in vliegtuigminuten door wachttijd vorige tijdstap te vermeerderen met aantal vliegtuigen in wachtrij voor actuele tijdstap (minuut).
- Vliegtuigwachttijd cumulatief in uren (V-uur): berekening cumulatieve wachttijd in vliegtuig-uren door voorgaande cumulatieve wachttijd (in V-min) te delen door 60.
- Periode wachtrij (0 of 1): markering actuele tijdstap afhankelijk aanwezigheid wachtrij; markering 1 indien er in die tijdstap een wachtrij >0 is of markering 0 indien er in die tijdstap een wachtrij gelijk aan 0 is.
- # vliegtuigen in periode met wachtrij: bepaling van het cumulatieve aantal vliegtuigen dat zich aandient voor behandeling de-icing in een tijdstap waarbij sprake is van een wachtrij >0 (leidt tot bepaling van het totale aantal vliegtuigen dat vertraging ondervindt).

### Verzameling en verwerking van de berekeningsresultaten

Op grond van de totale wachtrijsimulatie en berekeningsresultaten over 1440 tijdstappen van een minuut (waarbij eventuele beperkingen in het algemeen maar voor een deel van deze periode van toepassing zijn) worden de volgende eindresultaten bepaald:

- Totaal aantal vliegtuigwachturen (V-uur): maximum van de cumulatieve berekening van het aantal vliegtuigwachturen over de 1440 tijdstappen.
- Totaal aantal vliegtuigen (#) met vertraging: maximum van de cumulatieve berekening van het aantal vliegtuigen dat beperkingen ondervindt over de 1440 tijdstappen.
- Gemiddelde vertraging per vliegtuig (uur) dat beperkingen ondervindt: deling van totaal aantal vliegtuigwachturen door totaal aantal vliegtuigen met vertraging.
- Totale periode (uur) waarbij sprake is van een wachtrij >0 (som van aantal tijdstappen met beperkingen gedeeld door 60).
- Maximaal aantal vliegtuigen in wachtrij (#): maximum van de cumulatieve berekening van aantal vliegtuigen in wachtrij over de 1440 tijdstappen.

### 2-3 Illustratie bepaling effecten van winterse condities (baangebruik en de-icing)

Op grond van de spreadsheets zoals in het bovenstaande beschreven is een illustratieve uitwerking gegeven aan de mogelijke effecten van klimaatverandering. De in de visieontwikkeling ontwikkelde spreadsheets zijn te beschouwen als 'prototypen' en geven een concrete en operationele uitwerking van de wijze waarop de effectbepaling kan plaatsvinden. In deze spreadsheets is een voorlopige invulling gegeven van de voor de effectbepaling benodigde basisgegevens. De huidige invulling is daarbij voor een deel gebaseerd op fictieve gegevens, met name wat betreft de kostengegevens. Een daadwerkelijke kwantitatieve analyse van de effecten van klimaatverandering is binnen de scope van de huidige visieontwikkeling niet aan de orde. Wel kan op grond van de huidige invulling in illustratieve zin een beeld worden gegeven van het gedrag en de gevoeligheid van de effecten voor bepaalde veranderingen in de aard



en omvang van de klimaatverandering. Hiermee wordt een hulpmiddel geboden voor een daadwerkelijke, kwantitatieve effectbepaling, indien de in de spreadsheet gedefinieerde gegevens beschikbaar kunnen worden gemaakt.

#### Gehanteerde gegevens KNMI over klimaat en klimaatverandering

Voor de illustratieve effectbepaling is gebruik gemaakt van een langjarige serie met historische gegevens over sneeuwcondities (voor de jaren 1971 t/m 2014) van het KNMI voor de Luchthaven Schiphol. In deze tijdserie is voor elke dag van het jaar en voor elk uur aangegeven of er wel of niet sprake is van een sneeuwbuï (door een aanduiding van resp. code 1 of code 0). Door het KNMI is deze informatie verschaft voor de wintermaanden (aangenomen periode: 1 november t/m 31 maart) van het winterseizoen 1971/1972 t/m 2013/2014 (in totaal 43 jaar).

Op grond van de verschaft informatie door het KNMI is een bewerking uitgevoerd waarbij voor elk van deze 43 winterseizoenen een buiduur frequentieprofiel is vastgesteld. In het buiduur frequentieprofiel is voor elk seizoen de frequentie bepaald van de opgetreden sneeuwbuïen met een discrete tijdsduren van 1 t/m 24 uur. Eventueel optredende buïen met een tijdsduur groter dan 24 uur (hetgeen in de gehele tijdserie een aantal malen voorkomt) zijn daarbij toegedeeld aan buiduur = 24 uur.

Op grond van de informatie voor de 43 winterseizoenen is voor het uitvoeren van de illustratieve berekeningen een aantal buiduur frequentieprofielen afgeleid, als volgt:

- Een gemiddeld profiel voor de gehele historische tijdserie, aangeduid als Gem43.
- Het meest extreme (strengste) profiel in de tijdserie op grond van het totaal aantal sneeuwuren (het seizoen 2009/2010), aangeduid als Streng1 (09/10).
- Het meest milde profiel in de tijdserie op grond van het totaal aantal sneeuwuren (het seizoen 2013/2014), aangeduid als Mild1 (13/14).
- Het gemiddelde van de 5 strengste profielen in de tijdserie op grond van het totaal aantal sneeuwuren, aangeduid als Streng5.

- Het gemiddelde van de 5 mildste profielen in de tijdserie op grond van het totaal aantal sneeuwuren, aangeduid als Mild5.

#### Illustratieve resultaten voor effecten winterse condities op baangebruik

Zoals beschreven in par. 2-1 zijn de resultaten van de berekeningen uitgedrukt in de volgende grootheden:

- De kosten van de inzet van de ploegen 'Baan' en 'Platform'.
- Een aantal overige kosten gekoppeld aan het afvoeren/verwerken van sneeuw/ijs en het gebruik van het dooimiddel kaliumformiaat.
- De totale kosten van het verwijderen van sneeuw/ijs en de gladheidsbestrijding.
- Het totaal aantal vliegtuig wachturen per jaar.
- Het totaal aantal geannuleerde of uitgeweken vluchten per jaar.

In het onderstaande effectrapport (blok BT11-CO92) wordt een overzicht en vergelijking gegeven van deze effecten voor een aantal illustratieve rekengevallen die zijn gebaseerd op de buiduur frequentieprofielen zoals in het bovenstaande beschreven. In het eerste deelblok van dit rapport worden de verschillende effecten per rekengeval getoond in vergelijking met de referentiesituatie. In het tweede en derde deelblok worden resp. de absolute en relatieve verschillen van de rekengevallen met de referentiesituatie weergegeven. Een toename van de effecten is daarbij met rood gemarkeerd; een afname van de effecten is met groen gemarkeerd. Bij de interpretatie van deze resultaten geldt dat de effecten in absolute zin als **illustratief** moeten worden beschouwd, gezien het arbitraire karakter van een aantal van de gehanteerde aannamen en invoergegevens. Op basis van realistische invoergegevens zou echter een goede schatting van deze effecten kunnen worden verkregen.

Op grond van de onderlinge vergelijking van de illustratieve rekengevallen gelden de volgende observaties:

- Vergelijking van het strengste jaar in de serie (Streng1) met het gemiddelde jaar (Gem43) laat zien dat er sprake is van een ruime verdubbeling van de totale kosten (+126%); de vliegtuigwachturen nemen met 150% toe; voor het aantal uitgeweken of geannuleerde vliegtui-

gen is een ruime verdriedubbeling van toepassing (+207%).

- Voor het meest milde jaar in de serie (Mild1) zijn zowel de kosten als de vliegtuigwachturen maar ca 10% van het gemiddelde jaar. Annulering of uitwijken van vluchten treedt in het geheel niet op.
- Voor het gemiddelde van de 5 strengste jaren (Streng5) geldt ook dat de effecten beduidend groter zijn dan voor de gemiddelde situatie. Voor zowel kosten als wachturen is er een ruime verdubbeling. Het aantal geannuleerde of uitgeweken vluchten is 2,5 maal zo groot.
- Voor het gemiddelde van de 5 mildste jaren geldt dat zowel de kosten als wachturen nog maar 20% bedragen van de gemiddelde situatie en het aantal geannuleerde of uitgeweken vluchten slechts 10%.
- Het verschil in effecten tussen Streng5 en Mild5 is zeer aanzienlijk. Daarbij geldt dat de effecten van Streng5 in termen van kosten, wachturen en uitgeweken vluchten resp. een factor 11, 12 en 25 groter zijn dan de effecten van Mild5.

Bovenstaande resultaten hebben alle betrekking op de vergelijking van meer of minder extreme gevallen binnen de huidige situatie. Veranderingen in deze situatie op grond van toekomstige klimaatscenario's zijn vooralsnog zeer onzeker en uiterst speculatief. Wel kan op grond van de huidige methode een inzicht worden verkregen van de mogelijke veranderingen op grond van 'what if' veronderstellingen. Om een voorbeeld te geven: een soms geopperde mogelijkheid is dat de grilligheid van het toekomstige weerbeeld ten aanzien van het optreden van winterse condities zou kunnen toenemen. In illustratieve zin zouden we dit als volgt tot uitdrukking kunnen brengen. Stel dat de gemiddelde situatie in de toekomst nauwelijks zou veranderen, maar dat toekomstige jaren vooral zouden bestaan uit een min of meer gelijkwaardige afwisseling van vrij milde situaties (gekenmerkt door bijvoorbeeld de karakteristieken van Mild5) en vrij strenge situaties (op grond van de karakteristieken van Streng5).

Een indruk van de effecten hiervan kan worden verkregen door de effecten van het huidige gemiddelde jaar te vergelijken met het gemiddelde van de effecten van Mild5 en Streng5 (zie onder-

Scenario	Actueel	Referentie	Scenariogegeven voor vergelijking			
	Huidig Gem43	Huidig Gem43	Streng1 (09/10)	Mild1 (13/14)	Streng5	Mild5
<b>Kosten inzet ploeg 'Baan'</b>						
Eenmalige kosten inzet (€/jaar)	€ 68.267	€ 68.267	€ 124.688	€ 14.250	€ 131.100	€ 14.963
Variabele kosten (€/jaar)	€ 576.654	€ 576.654	€ 1.325.250	€ 58.125	€ 1.245.425	€ 106.175
<b>Subtotaal kosten 'Baan' (€/jaar)</b>	<b>€ 644.922</b>	<b>€ 644.922</b>	<b>€ 1.449.938</b>	<b>€ 72.375</b>	<b>€ 1.376.525</b>	<b>€ 121.138</b>
<b>Kosten inzet ploeg 'Platform'</b>						
Eenmalige kosten inzet (€/jaar)	€ 45.512	€ 45.512	€ 83.125	€ 9.500	€ 87.400	€ 9.975
Variabele kosten (€/jaar)	€ 413.889	€ 413.889	€ 951.188	€ 41.719	€ 893.894	€ 76.206
<b>Subtotaal kosten 'Platform' (€/jaar)</b>	<b>€ 459.400</b>	<b>€ 459.400</b>	<b>€ 1.034.313</b>	<b>€ 51.219</b>	<b>€ 981.294</b>	<b>€ 86.181</b>
<b>Overige kosten</b>						
Af te voeren hoeveelheid sneeuw/ijs (ton)	335	335	770	34	723	62
Gebruik kaliumformiaat (kg)	22322	22322	51300	2250	48210	4110
Kosten afvoeren/verwerken sneeuw/ijs (€/jaar)	€ 167.416	€ 167.416	€ 384.750	€ 16.875	€ 361.575	€ 30.825
Kosten gebruik kaliumformiaat (€/jaar)	€ 223.221	€ 223.221	€ 513.000	€ 22.500	€ 482.100	€ 41.100
<b>Subtotaal overige kosten (€/jaar)</b>	<b>€ 390.637</b>	<b>€ 390.637</b>	<b>€ 897.750</b>	<b>€ 39.375</b>	<b>€ 843.675</b>	<b>€ 71.925</b>
<b>Totale kosten sneeuw/ijs (€/jaar)</b>	<b>€ 1.494.959</b>	<b>€ 1.494.959</b>	<b>€ 3.382.000</b>	<b>€ 162.969</b>	<b>€ 3.201.494</b>	<b>€ 279.244</b>
<b>Effecten capaciteitsbeperkingen banen</b>						
Vliegtuig wachturen (uur/jaar)	1234	1234	3084	106	2764	226
Geannuleerde of uitgeweken vluchten (3/jaar)	492	492	1511	0	1231	49





## Absolute verschillen scenariogevalen met referentie

Scenario Type jaar	Referentie	Scenariogevalen voor vergelijking			
	Huidig Gem43	Huidig klimaat			
		Streng1 (09/10)	Mild1 (13/14)	Streng5	Mild5
<b>Kosten inzet ploeg 'Baan'</b>					
Eenmalige kosten inzet (€/jaar)	€ 68.267	€ 56.420	€ 54.017-	€ 62.833	€ 53.305-
Variabele kosten (€/jaar)	€ 576.654	€ 748.596	€ 518.529-	€ 668.771	€ 470.479-
<b>Subtotaal kosten 'Baan' (€/jaar)</b>	<b>€ 644.922</b>	<b>€ 805.016</b>	<b>€ 572.547-</b>	<b>€ 731.603</b>	<b>€ 523.784-</b>
<b>Kosten inzet ploeg 'Platform'</b>					
Eenmalige kosten inzet (€/jaar)	€ 45.512	€ 37.613	€ 36.012-	€ 41.888	€ 35.537-
Variabele kosten (€/jaar)	€ 413.889	€ 537.299	€ 372.170-	€ 480.005	€ 337.683-
<b>Subtotaal kosten 'Platform' (€/jaar)</b>	<b>€ 459.400</b>	<b>€ 574.912</b>	<b>€ 408.182-</b>	<b>€ 521.893</b>	<b>€ 373.219-</b>
<b>Overige kosten</b>					
Af te voeren hoeveelheid sneeuw/ijs (ton)	335	435	-301	388	-273
Gebruik kaliumformiaat (kg)	22322	28978	-20072	25888	-18212
Kosten afvoeren/verwerken sneeuw/ijs (€/jaar)	€ 167.416	€ 217.334	€ 150.541-	€ 194.159	€ 136.591-
Kosten gebruik kaliumformiaat (€/jaar)	€ 223.221	€ 289.779	€ 200.721-	€ 258.879	€ 182.121-
<b>Subtotaal overige kosten (€/jaar)</b>	<b>€ 390.637</b>	<b>€ 507.113</b>	<b>€ 351.262-</b>	<b>€ 453.038</b>	<b>€ 318.712-</b>
<b>Totale kosten sneeuw/ijs (€/jaar)</b>	<b>€ 1.494.959</b>	<b>€ 1.887.041</b>	<b>€ 1.331.990-</b>	<b>€ 1.706.535</b>	<b>€ 1.215.715-</b>
<b>Effecten capaciteitsbeperkingen banen</b>					
Vliegtuig wachturen (uur/jaar)	1234	1849	-1128	1530	-1009
Geannuleerde of uitgeweken vluchten (3/jaar)	492	1019		739	-443

## Relatieve verschillen scenariogevalen met referentie

Scenario Type jaar	Referentie	Scenariogevalen voor vergelijking			
	Huidig Gem43	Huidig klimaat			
		Streng1 (09/10)	Mild1 (13/14)	Streng5	Mild5
<b>Kosten inzet ploeg 'Baan'</b>					
Eenmalige kosten inzet (€/jaar)	€ 68.267	83%	-79%	92%	-78%
Variabele kosten (€/jaar)	€ 576.654	130%	-90%	116%	-82%
<b>Subtotaal kosten 'Baan' (€/jaar)</b>	<b>€ 644.922</b>	<b>125%</b>	<b>-89%</b>	<b>113%</b>	<b>-81%</b>
<b>Kosten inzet ploeg 'Platform'</b>					
Eenmalige kosten inzet (€/jaar)	€ 45.512	83%	-79%	92%	-78%
Variabele kosten (€/jaar)	€ 413.889	130%	-90%	116%	-82%
<b>Subtotaal kosten 'Platform' (€/jaar)</b>	<b>€ 459.400</b>	<b>125%</b>	<b>-89%</b>	<b>114%</b>	<b>-81%</b>
<b>Overige kosten</b>					
Af te voeren hoeveelheid sneeuw/ijs (ton)	335	130%	-90%	116%	-82%
Gebruik kaliumformiaat (kg)	22322	130%	-90%	116%	-82%
Kosten afvoeren/verwerken sneeuw/ijs (€/jaar)	€ 167.416	130%	-90%	116%	-82%
Kosten gebruik kaliumformiaat (€/jaar)	€ 223.221	130%	-90%	116%	-82%
<b>Subtotaal overige kosten (€/jaar)</b>	<b>€ 390.637</b>	<b>130%</b>	<b>-90%</b>	<b>116%</b>	<b>-82%</b>
<b>Totale kosten sneeuw/ijs (€/jaar)</b>	<b>€ 1.494.959</b>	<b>126%</b>	<b>-89%</b>	<b>114%</b>	<b>-81%</b>
<b>Effecten capaciteitsbeperkingen banen</b>					
Vliegtuig wachturen (uur/jaar)	1234	150%	-91%	124%	-82%
Geannuleerde of uitgeweken vluchten (3/jaar)	492	207%		150%	-90%

staande tabel). Uit deze vergelijking blijkt dat de gemiddelde effecten in dat geval significant zouden toenemen (met orde 15-30%).

Effecten baangebruik	Gem43	(Mild5+Streng5)/2	Verskil (%)
Kosten (€/jaar)	1494959 (100%)	1740369 (116%)	+16%
Wachturen (uur/jaar)	1234 (100%)	1495 (121%)	+21%
Geannuleerde vluchten (#/jaar)	492 (100%)	640 (130%)	+30%

### Illustratieve resultaten voor effecten winterse condities op de-icing

Zoals beschreven in par. 2-2 zijn de resultaten van de berekeningen uitgedrukt in de volgende grootheden:

- Kosten de-icing (€/jaar).
- Milieubelasting glycol (kg/jaar).
- Tijdseffecten de-icing:
  - Vliegtuig behandeluren de-icing (uur/jaar).
  - Vliegtuig wachturen voor behandeling (uur/jaar).

Scenario Type jaar	Actueel	Referentie	Scenariogevelen voor vergelijking			
	Huidig Gem43	Huidig Gem43	Huidig klimaat			
			Streng1 (09/10)	Mild1 (13/14)	Streng5	Mild5
<b>Kosten de-icing</b>						
Kosten uitvoering de-icing (€/jaar)	€ 4.214.791	€ 4.214.791	€ 9.636.000	€ 429.000	€ 9.081.600	€ 778.800
Kosten opvang en verwerking glycol (€/jaar)	€ 1.537.760	€ 1.537.760	€ 3.515.680	€ 156.520	€ 3.313.408	€ 284.144
<b>Totale kosten per jaar (€/jaar)</b>	<b>€ 5.752.551</b>	<b>€ 5.752.551</b>	<b>€ 13.151.680</b>	<b>€ 585.520</b>	<b>€ 12.395.008</b>	<b>€ 1.062.944</b>
<b>Milieubelasting glycol</b>						
Niet-verwerkte hoeveelheid glycol (kg/jaar)	21968	21968	50224	2236	47334	4059
<b>Tijdseffecten de-icing</b>						
Vliegtuig behandeluren de-icing (uur/jaar)	549	549	1256	56	1183	101
Vliegtuig wachturen voor behandeling (uur/jaar)	400	400	1134	15	956	57

Scenario Type jaar	Referentie Huidig Gem43	Scenariogevelen voor vergelijking			
		Huidig klimaat			
		Streng1 (09/10)	Mild1 (13/14)	Streng5	Mild5
<b>Absolute verschillen scenariogevelen met referentie</b>					
<b>Kosten de-icing</b>					
Kosten uitvoering de-icing (€/jaar)	€ 4.214.791	€ 5.421.209	€ -3.785.791	€ 4.866.809	€ -3.435.991
Kosten opvang en verwerking glycol (€/jaar)	€ 1.537.760	€ 1.977.920	€ -1.381.240	€ 1.775.648	€ -1.253.616
<b>Totale kosten per jaar (€/jaar)</b>	<b>€ 5.752.551</b>	<b>€ 7.399.129</b>	<b>€ -5.167.031</b>	<b>€ 6.642.457</b>	<b>€ -4.689.607</b>
<b>Milieubelasting glycol</b>					
Niet-verwerkte hoeveelheid glycol (kg/jaar)	21968	28256	-19732	25366	-17909
<b>Tijdseffecten de-icing</b>					
Vliegtuig behandeluren de-icing (uur/jaar)	549	706	-493	634	-448
Vliegtuig wachturen voor behandeling (uur/jaar)	400	734	-385	557	-343

Scenario Type jaar	Referentie Huidig Gem43	Scenariogevelen voor vergelijking			
		Huidig klimaat			
		Streng1 (09/10)	Mild1 (13/14)	Streng5	Mild5
<b>Relatieve verschillen scenariogevelen met referentie</b>					
<b>Kosten de-icing</b>					
Kosten uitvoering de-icing (€/jaar)	€ 4.214.791	129%	-90%	115%	-82%
Kosten opvang en verwerking glycol (€/jaar)	€ 1.537.760	129%	-90%	115%	-82%
<b>Totale kosten per jaar (€/jaar)</b>	<b>€ 5.752.551</b>	<b>129%</b>	<b>-90%</b>	<b>115%</b>	<b>-82%</b>
<b>Milieubelasting glycol</b>					
Niet-verwerkte hoeveelheid glycol (kg/jaar)	21968	129%	-90%	115%	-82%
<b>Tijdseffecten de-icing</b>					
Vliegtuig behandeluren de-icing (uur/jaar)	549	129%	-90%	115%	-82%
Vliegtuig wachturen voor behandeling (uur/jaar)	400	184%	-96%	139%	-86%



In het **onderstaande** effectrapport (blok BQ1-CL43) wordt een overzicht en vergelijking gegeven van deze effecten voor dezelfde illustratieve rekengevallen die ook zijn beschouwd voor de effecten van winterse condities op baangebruik. Ook de opbouw van het effectrapport voor de vergelijking van de rekengevallen en het weergeven van de absolute en relatieve verschillen komt overeen met het voorgaande voorbeeld.

Op grond van de onderlinge vergelijking van de verschillende rekengevallen gelden de volgende observaties:

- Vergelijking van het strengste jaar in de serie (Streng1) met het gemiddelde jaar (Gem43): toename kosten de-icing, milieubelasting glycol en vliegtuigbehandeluren met 130%; toename wachturen voor behandeling met ruim 180%.
- Voor het meest milde jaar in de serie (Mild1) zijn kosten de-icing, milieubelasting glycol en vliegtuigbehandeluren maar 10% van de gemiddelde waarden; de wachturen voor behandeling bedragen slechts 5% van de gemiddelde situatie.
- Voor het gemiddelde van de 5 strengste jaren (Streng5) geldt dat de bovengenoemde effecten toenemen t.o.v. de gemiddelde situatie met resp. 115% en bijna 140%.
- Voor het gemiddelde van de 5 mildste jaren bedragen de bovengenoemde effecten slechts resp. 18% en 14% van de effecten in de gemiddelde situatie.
- Het verschil in effecten tussen Streng5 en Mild5 bedraagt een factor van bijna 17 voor de wachttijden voor de-icing behandeling en een factor van bijna 12 voor de overige effecten.

Voor de vergelijking van de gemiddelde situatie met het gemiddelde van Streng5 en Mild5 gelden de waarden volgens onderstaande tabel.

Effecten de-icing	Gem43	(Mild5+Streng5)/2	Vershil (%)
Kosten (€/jaar)	5752551 (100%)	6728976 (117%)	+17%
Milieubelasting glycol (kg/jaar)	21968 (100%)	25697 (117%)	+17%
Behandeluren (uur/jaar)	549 (100%)	642 (117%)	+17%
Wachturen (uur/jaar)	400 (100%)	507 (127%)	+27%

De veranderingen in deze effecten zijn vergelijkbaar met de gedragingen van de effecten gekoppeld aan het gebruik van banen en platforms.

## Bijlage 3

### Methode voor bepalen effecten van hogere temperaturen

De methode voor de bepaling van de effecten van hogere temperaturen heeft uitwerking gekregen in de spreadsheet 'Effecten van hogere temperaturen.xlsx'. Deze bijlage geeft een gedetailleerde beschrijving van de inhoud van deze spreadsheets. Vervolgens wordt voor de feitelijke bepaling van de effecten van hogere temperaturen een illustratieve uitwerking gegeven.

#### 3-1 Spreadsheet 'Effecten van hogere temperaturen'

In de spreadsheet 'Effecten van hogere temperaturen' worden de volgende drie werkbladen onderscheiden:

- 1) Belading Vrachtvliegtuigen.
- 2) Koeling Passagiersvliegtuigen.
- 3) Verwerking Vluchtinformatie.

In deze werkbladen wordt voor de duiding van de betekenis van de verschillende onderdelen een aantal kleurenconventies gehanteerd zoals onderstaand aangegeven.

#### Legenda gehanteerde kleurencodes

	Directe invoer basisgegevens
	Directe invoer basisgegevens
	Gebruikerskeuzen
	Berekeningsresultaten
	Berekeningsresultaten
	Resultaten actuele berekening
	Markering: toenameffecten
	Markering: afname effecten
	Kaders, titels en toelichtingen

#### 1) Werkblad Belading Vrachtvliegtuigen

Binnen het werkblad 'Belading Vrachtvliegtuigen' gelden de volgende stappen:

- Bepalen aantal dagen waarop een gegeven Tmax wordt bereikt.
- Bepalen temperatuurverloop over het etmaal.
- Bepalen aantallen vluchten met vrachtvliegtuigen die jaarlijks plaatsvinden bij verschillende temperaturen in de range 20-40 °C.
- Berekening en vergelijking effecten.

#### Bepalen aantal dagen waarop een gegeven Tmax wordt bereikt

De uitwerking van deze stap vindt plaats in het blok E1-AB11, zoals onderstaand weergegeven. In dit blok zijn de Tmax-profielen opgenomen voor een tweetal scenario's (Huidig en W+ voor zichtjaar 2050). Binnen beide scenario's zijn drie typen jaren onderscheiden, te weten: gemiddeld, "warm"

#### Stap 1 Bepalen aantal dagen waarop een gegeven Tmax wordt bereikt

Actuele keuze	Scenario en type jaar	Aantal dagen met Tmax gelijk aan aangegeven temperatuur voor verschillende scenario's en typen jaren voor temperatuur range 20-40 °C																			Totaal	
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		39
1	Huidig gemiddeld	16	11	10	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	71
0	Huidig "warm" (1995)	12	14	7	10	7	8	4	8	6	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	86
0	Huidig "Koel" (1977)	14	13	8	6	5	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
0	W+ 2050 gemiddeld	20	14	17	11	5	9	8	5	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	108
0	W+ 2050 "warm" (2055)	21	6	14	17	3	10	9	7	6	4	8	3	4	3	3	2	1	0	0	0	121
0	W+ 2050 "koel" (2037)	20	21	19	14	3	7	7	4	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	99
	Actueel # dagen	16	11	10	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	



en "koel", die resp. overeenkomen met het gemiddelde, het warmste en het koelste jaar in de beschikbare tijdserie voor de beide scenario's. Dat leidt in de huidige toepassing totaal tot een zestal verschillende Tmax-profielen.

De keuze van het actuele Tmax-profiel in de berekening wordt gefaciliteerd in het onderstaande blok AD1-AF11. In dit blok kan door de keuze van een 0 of 1 bij de beschikbare Tmax-profielen (in kolom AD4-AD10) worden aangegeven welk Tmax-profiel moet worden gehanteerd. Het geselecteerde (actuele) Tmax-profiel wordt vervolgens geplaatst in de rij G11-AA11 van blok E1-AB11. Per berekening moet altijd een enkel Tmax-profiel zijn geselecteerd. Als geen Tmax profiel, of meer dan 1 Tmax-profielen, is/zijn geselecteerd kleurt de cel AD11 rood (als waarschuwing).

**Keuze Tmax-profiel voor berekening**

Actuele keuze	Scenario en type jaar
1	Huidig gemiddeld
0	Huidig "warm" (1995)
0	Huidig "Koel" (1977)
0	W+ 2050 gemiddeld
0	W+ 2050 "warm" (2055)
0	W+ 2050 "koel" (2037)
1	Check!

**Bepalen temperatuurverloop over het etmaal**

Deze berekeningen vinden plaats in het blok A14-AB43. In dit blok wordt het etmaal geschematiseerd in 24 intervallen van 1 uur (uurinterval 0.00 -1.00 tot 23.00-24.00). Dat gebeurt in het deelblok A20-B43. Voor elke Tmax in de range van 20-40 °C wordt een verschil bepaald tussen de minimum en maximum temperatuur die optreedt gedurende het etmaal (Tmax-Tmin). Deze verschillen worden bepaald op grond van een factor (te specificeren in cel E17 maal de van toepassing zijnde Tmax en zijn weergegeven in de rij G17-AA17. In het deelblok C20-E43 zijn per uurinterval

**Stap 2 Bepalen temperatuurverloop etmaal**

				Verschil tussen maximum en minimum temperatuur per etmaal voor dagen met verschillende Tmax in range 20-40 °C																							
				Tmax (°C)																							
				dT (etmaal) (°C)																							
				Factor dT/MaxT																							
				Temperatuurverloop bij verschillende maximum dagtemperaturen																							
Uurinterval	Periode	Radiaal	graden	Sinus-waarde	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
0.00-1.00	1	1,166667	240	-0,5000	14,00	14,00	15,00	16,00	16,00	17,00	18,00	18,00	19,00	20,00	21,00	21,00	22,00	23,00	23,00	24,00	25,00	25,00	26,00	27,00	28,00		
1.00-2.00	2	1,233333	255	-0,6691	13,00	13,00	14,00	15,00	15,00	16,00	17,00	17,00	18,00	19,00	19,00	20,00	21,00	21,00	22,00	23,00	23,00	24,00	25,00	25,00	26,00		
2.00-3.00	3	1,300000	270	-0,8090	12,00	13,00	14,00	14,00	15,00	15,00	16,00	17,00	17,00	18,00	19,00	19,00	20,00	21,00	21,00	22,00	22,00	23,00	24,00	24,00	25,00		
3.00-4.00	4	1,366667	285	-0,9135	12,00	12,00	13,00	14,00	14,00	15,00	16,00	16,00	17,00	18,00	19,00	19,00	20,00	20,00	21,00	22,00	22,00	23,00	24,00	24,00	25,00		
4.00-5.00	5	1,433333	300	-0,9781	12,00	12,00	13,00	13,00	14,00	15,00	15,00	16,00	16,00	17,00	18,00	18,00	19,00	19,00	20,00	21,00	21,00	22,00	22,00	23,00	24,00		
5.00-6.00	6	-pi/2 1,500000	315	-1,0000	12,00	12,00	13,00	13,00	14,00	15,00	15,00	16,00	16,00	17,00	18,00	18,00	19,00	19,00	20,00	21,00	21,00	22,00	22,00	23,00	24,00		
6.00-7.00	7	1,611111	330	-0,9397	12,00	12,00	13,00	14,00	14,00	15,00	15,00	16,00	17,00	17,00	18,00	18,00	19,00	20,00	20,00	21,00	22,00	22,00	23,00	23,00	24,00		
7.00-8.00	8	1,722222	345	-0,7660	12,00	13,00	14,00	14,00	15,00	16,00	16,00	17,00	18,00	18,00	19,00	20,00	21,00	21,00	22,00	23,00	23,00	24,00	25,00	25,00	26,00		
8.00-9.00	9	1,833333	0	-0,5000	14,00	14,00	15,00	16,00	16,00	17,00	18,00	18,00	19,00	20,00	21,00	21,00	22,00	23,00	23,00	24,00	25,00	25,00	26,00	27,00	28,00		
9.00-10.00	10	1,944444	15	-0,1736	15,00	16,00	16,00	17,00	18,00	19,00	19,00	20,00	21,00	22,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	26,00	27,00	28,00	29,00	29,00	30,00		
10.00-11.00	11	2,055556	30	0,1736	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00		
11.00-12.00	12	2,166667	45	0,5000	18,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00		
12.00-13.00	13	2,277778	60	0,7660	19,00	20,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00		
13.00-14.00	14	2,388889	75	0,9397	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00	39,00		
14.00-15.00	15	+pi/2 2,500000	90	1,0000	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00	39,00	40,00		
15.00-16.00	16	0,566667	105	0,9781	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00	39,00		
16.00-17.00	17	0,633333	120	0,9135	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00	39,00		
17.00-18.00	18	0,700000	135	0,8090	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00	39,00		
18.00-19.00	19	0,766667	150	0,6691	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00		
19.00-20.00	20	0,833333	165	0,5000	18,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00		
20.00-21.00	21	0,900000	180	0,3090	17,00	18,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00		
21.00-22.00	22	0,966667	195	0,1045	16,00	17,00	18,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	31,00	32,00	33,00	34,00		
22.00-23.00	23	1,033333	210	-0,1045	15,00	16,00	17,00	18,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00	31,00	31,00	32,00	33,00		
23.00-24.00	24	1,100000	225	-0,3090	14,00	15,00	16,00	16,00	17,00	18,00	19,00	19,00	20,00	21,00	22,00	22,00	23,00	24,00	25,00	25,00	26,00	27,00	28,00	28,00	29,00		

de invoergegevens gespecificeerd van een sinusfunctie (in resp. radialen en graden) op zodanige wijze dat het minimum van de sinuswaarde (-1.0) wordt bereikt aan het eind van het interval 5.00-6.00 uur en het maximum van de sinuswaarde (+1.0) aan het eind van het interval 14.00-15.00 uur. Omdat de tijdsperioden van minimum naar maximum sinuswaarde en van maximum naar minimum sinuswaarde in dit geval niet gelijk zijn (resp. 9 en 15 uur: opwarming verloopt sneller dan afkoeling) wordt hierbij gebruik gemaakt van twee verschillende specificaties van de sinusfuncties. De bijbehorende waarden van de sinusfuncties voor alle discrete perioden van het etmaal (de 24 uurintervallen) worden vervolgens berekend in kolom F20-F43.

Vervolgens wordt voor alle waarden van Tmax in de range van 20-40 °C het temperatuurverloop berekend voor de 24 discrete etmaal-uurintervallen, met gebruikmaking van de berekende sinuswaarden per uurinterval en het berekende verschil tussen Tmax en Tmin. Deze berekeningen vinden plaats in deelblok G20-AA43. De berekende temperaturen over de uurintervallen van het etmaal worden daarbij steeds afgerond op hele graden Celsius. Het onderstaand geeft een overzicht van de berekeningen in blok A14-AD43.

#### Bepalen aantallen vluchten met vrachtvliegtuigen bij temperaturen in range 20-40 °C

De berekening van de vluchten met vrachtvliegtuigen in de range van hogere temperaturen (20-

#### Stap 3 Bepalen aantallen vluchten met vrachtvliegtuigen die jaarlijks plaatsvinden bij verschillende temperaturen in de range 20-40 °C

Gemiddeld aantal vertrekkende vrachtvliegtuigen per dag in uurinterval zomerperiode		Temperatuur in °C																							
Aantal (#)	Uurinterval	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40			
0	0.00-1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	1.00-2.00	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	2.00-3.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	3.00-4.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	4.00-5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	5.00-6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	6.00-7.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1	7.00-8.00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	8.00-9.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1	9.00-10.00	3	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	10.00-11.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	11.00-12.00	16	12	10	8	6	6	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4	12.00-13.00	84	32	24	20	16	12	12	8	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	13.00-14.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	14.00-15.00	32	22	20	16	12	10	8	6	6	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0			
1	15.00-16.00	11	10	8	6	5	4	3	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	16.00-17.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1	17.00-18.00	11	10	8	6	5	7	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1	18.00-19.00	10	8	6	5	4	3	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1	19.00-20.00	8	6	5	4	3	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	20.00-21.00	12	10	8	6	10	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
0	21.00-22.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
1	22.00-23.00	4	6	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	23.00-24.00	6	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<b>21</b>		<b>201</b>	<b>125</b>	<b>98</b>	<b>75</b>	<b>64</b>	<b>47</b>	<b>37</b>	<b>29</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>			



40 °C) vindt plaats in blok AD14-AZ44. Een noodzakelijke invoer voor deze berekeningen wordt gevormd door de verdeling van het dagelijkse aantal vertrekkende vrachtvliegtuigen over de uurintervallen van het etmaal voor de maatgevende zomerperiode. Deze gegevens moeten worden gespecificeerd in kolom AD20-AD43. Het gemiddelde aantal vertrekkende vrachtvliegtuigen per etmaal in de maatgevende zomerperiode wordt bepaald in het werkblad 'Verwerking Vluchtinformatie' (zie punt 3) van deze bijlage). In aanvulling daarop is nadere informatie nodig over de (gemiddelde) verdeling van het aantal vertrekkende vrachtvluchten over het etmaal. Omdat deze informatie niet direct voor handen was is voor deze illustratieve toepassing uitgegaan van een arbitraire aanname voor deze verdeling.

In de kolommen van het deelblok AF20-AZ43 wordt voor elk uurinterval getoetst of in de berekende temperatuurverlopen per Tmax in de range van 20-40 °C (in deelblok G20-AA43) een temperatuur optreedt die gelijk is aan de temperatuur in de kop van de betreffende kolom (de temperatuur die is weergegeven in rij AF19-AZ19). Is dat het geval dan wordt het aantal vertrekkende vrachtvluchten voor dat uurinterval (in kolom AD20-AD43) vermenigvuldigd met het aantal dagen behorend bij de Tmax van het betreffende temperatuurverloop (in de rij G11-AA11). Toetsing over alle berekende temperatuurverlopen in deelblok G20-AA43 en somming van de resultaten geeft voor de betreffende cel van deelblok AF20-AZ43 het aantal keren per jaar dat in het betreffende uurinterval een vrachtvliegtuig vertrekt bij de temperatuur die in rij AF19-AZ19 is aangegeven. Aldus wordt voor alle uurintervallen en alle tempe-

raturen in de range van 20-40 °C bepaald hoeveel vrachtvluchten er jaarlijks plaatsvinden. In rij AF44-AZ44 worden deze aantallen vluchten over de uurintervallen in het etmaal gesommeerd. Een overzicht van blok AD14-AZ44 is onderstaand gegeven.

#### Berekening en vergelijking effecten

In blok AC46-BA52 wordt bepaald hoeveel vrachtvluchten per jaar daadwerkelijk een effect van de hoge temperatuur bij vertrek ondervinden (in de zin van mogelijke beperkingen op de belading). Daartoe wordt in cel AE48 worden aangegeven vanaf welke kritische temperatuur dergelijk effecten zouden gaan optreden. Vervolgens worden in rij AF49-AZ49 de jaarlijkse aantallen vertrekkende vliegtuigen bepaald die effecten zouden ondervinden. Dit zijn de jaarlijkse aantallen vliegtuigen die vertrekken bij temperaturen gelijk aan of hoger dan de aangegeven kritische temperatuur. De aantallen worden in rij AF49-AZ49 afzonderlijk bepaald voor alle discrete temperaturen boven de kritische temperatuur en gesommeerd in cel BA49. In rij AF50-AZ50 wordt het product bepaald van de aantallen beïnvloede vluchten (in rij AF49-AZ49) met het temperatuurverschil tussen de actuele temperatuur bij vertrek en de kritische temperatuur. Dit levert een schadescore S1 op basis van het gewogen, gesommeerde effect (waarbij de mate waarin de actuele vertrektemperatuur de kritische temperatuur overstijgt wordt gehanteerd als 'gewicht'). De scores voor de afzonderlijke temperatuurwaarden in rij AF50-AZ50 zijn gesommeerd in cel BA50.

#### Stap 4 Berekening en vergelijking effecten

Kritische temperatuur (T <sub>Kr</sub> ) (°C)	Temperatuur in °C																				Totaal		
	24	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		39	40
Beïnvloede vluchten (aantal/jr)	0	0	0	0	0	47	37	29	18	11	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	155
S1: score obv vluchten x (T-T <sub>Kr</sub> ) (vlucht.graad/jr)	0	0	0	0	0	47	74	87	72	55	48	21	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	420
Derving lading (%) (fictief)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,5%	3,0%	4,5%	6,0%	7,5%	9,0%	10,5%	12,0%	13,5%	15,0%	16,5%	18,0%	19,5%	21,0%	22,5%	24,0%		
S2: score obv vrachtvliegtuig lading-units	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	1,11	1,31	1,08	0,83	0,72	0,32	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,30

In rij AF51-AZ51 kan voor alle temperaturen boven de kritische temperatuur worden gespecificeerd wat de omvang zou zijn op de belading in termen van een percentage derving van de nuttige lading. In het huidige illustratieve voorbeeld is daarbij (fictief) uitgegaan van een derving van 1,5% voor elke °C boven de kritische temperatuur. In rij AF52-AZ52 vindt een vermenigvuldiging plaats van het aantal vertrekkende vliegtuigen dat effect ondervindt (in rij AF49-AZ49) met de derving van de nuttige lading (in rij AF51-AZ51). Dit leidt tot een schadescore S2 die is uitgedrukt in gederfde vrachtvliegtuig lading-units. De resultaten voor de afzonderlijke temperatuurwaarden in rij AF52-AZ52 zijn gesommeerd in cel BA52. Onderstaand is de inhoud van blok AC46-BA52 weergegeven.

Een overzicht en vergelijking van berekeningsresultaten is opgenomen in blok AD54-AM86, waarvan onderstaand het eerste deel is weergegeven. Voor de actuele berekening worden de berekeningsresultaten weergegeven in rij AF56-AM56. In het daaronder geplaatste deelblok AD58-AM66 kunnen de berekeningsresultaten voor een aantal verschillende rekengevallen worden gekopieerd (momenteel 7). Het eerste te kopiëren rekengeval wordt daarbij als referentie aangemerkt. De overige rekengevallen worden (voor vergelijking) naar de volgende rijen gekopieerd. Daarbij worden ook de verschillen met de referentiesituatie (in absolute en relatieve zin) bepaald. Voor een verdere beschrijving van deze voorbeelden en het gebruik van het effectrapport wordt verwezen naar par. 3-2.

## 2) Werkblad Koeling Passagiersvliegtuigen

Binnen het werkblad 'Koeling Passagiersvliegtuigen' zijn de volgende stappen van toepassing:

- Bepalen aantal dagen waarop een gegeven Tmax wordt bereikt.
- Bepalen temperatuurverloop over het etmaal.
- Bepalen aantal, aard en tijdsverdeling passagiersvliegtuigen aan gate en jaarlijkse frequentie/omvang koelbehoeften.
- Berekening en vergelijking effecten.

Aantal dagen waarop een gegeven Tmax wordt bereikt en temperatuurverloop etmaal

De uitvoering van de beide eerste stappen in dit werkblad is geheel identiek aan de beide eerste stappen zoals in het werkblad 'Belading Vrachtvliegtuigen' zijn beschreven.

Passagiersvliegtuigen aan gate en jaarlijkse frequentie/omvang koelbehoeften

In deze stap worden de volgende zaken vastgesteld en berekend:

- Dagelijks aantal en tijdsverdeling passagiersvliegtuigen aan gate per koelcapaciteitsklasse voor representatieve zomerperiode.
- Jaarlijks aantal 'vliegtuig koelevents' per koelcapaciteitsklasse.
- Jaarlijkse omvang koelbehoeften per koelcapaciteitsklasse.

Het geheel van deze berekeningen vindt plaats in blok AD14-AX51.

	Beïnvloede vluchten (aantal/jr)	S1: score obv vluchten x (T-Tkr) (vlucht.graad/jr)	S2: score obv vrachtvliegtuig lading-units	
<b>Actuele berekening</b>				
<b>Huidig gemiddeld</b>	<b>155</b>	<b>420</b>	<b>6,30</b>	
<b>Rekengevallen</b>	<b>Hier resultaten kopiëren (plakken waarden!)</b>			
<b>Referentie</b>	Huidig gemiddeld	155	420	6,30
<b>Vergelijkingsgevallen</b>	Huidig "warm" (1995)	308	816	12,24
	Huidig "Koel" (1977)	29	64	0,96
	W+ 2050 gemiddeld	353	1177	17,66
	W+ 2050 "warm" (2055)	605	2385	35,78
	W+ 2050 "koel" (2037)	130	316	4,74





De bepaling van aantal en tijdsverdeling passagiersvliegtuigen aan de gate per koelcapaciteitsklasse vindt plaats in deelblok AD16-AJ44. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten van toepassing:

- De gemiddelde aantallen vertrekkende passagiersvliegtuigen per etmaal worden bepaald voor een representatieve zomerperiode (de periode waarin hoge maximum temperaturen kunnen optreden). Hiervoor is de periode mei t/m september gehanteerd.
- Voor de tijdsverdeling van vertrekkende vliegtuigen binnen het etmaal wordt uitgegaan van de gemiddelde uurverdeling over het etmaal die geldt voor het totaal van de commerciële vluchten op jaarbasis. Voor de uurverdeling van vertrekkende vliegtuigen die zich bevinden aan de gate wordt daarbij een achterwaartse verschuiving in de tijd toegepast van 1 uur (intensiteit van vliegtuigen aan de gate voor uurinterval  $t$  wordt gelijk gesteld aan intensiteit van vertrekkende vliegtuigen voor uurinterval  $t+1$ ).
- Bij de aantallen vertrekkende vliegtuigen wordt onderscheid gemaakt naar een vijftal koelcapaciteitsklassen op grond van de afmetingen van

het vliegtuig. Het maximum take-off weight (MTOW) van het vliegtuig wordt daarbij gehanteerd als maat voor de verdeling van vliegtuigen naar koelcapaciteitsklasse.

De informatie voor het bepalen van de bovenstaande gegevens is ontleend aan (Amsterdam Airport Schiphol, 2013). Voor de verzameling en verwerking van deze informatie wordt verder verwezen naar de beschrijving van het werkblad 'Verwerking Vliegtuiginformatie'. De resultaten van deze verwerking worden ingevoerd in het deelblok AD16-AJ44 dat onderstaand wordt getoond.

De bepaling van de jaarlijkse aantallen 'vliegtuig koelevents' per koelcapaciteitsklasse en de verdere verwerking daarvan vindt plaats in deelblok AL16-AQ51. Hiertoe dient een specificatie plaats te vinden van een kritische temperatuur waarboven koeling noodzakelijk wordt geacht (op te geven in cel AL3). Vervolgens wordt voor alle berekende temperaturen in het temperatuurverloop over het etmaal behorend bij de range van voorkomende waarden van  $T_{max}$  (20-40 °C) zoals bere-

Dagelijks aantal en tijdsverdeling passagiersvliegtuigen aan de gate per koelcapaciteitsklasse (voor representatieve zomerperiode) (#/dag)

Uurinterval	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	
0.00-1.00	0	0	0	0	0	0
1.00-2.00	0	0	0	0	0	0
2.00-3.00	0	0	0	0	0	0
3.00-4.00	0	1	0	0	0	0
4.00-5.00	3	4	1	0	0	0
5.00-6.00	4	6	1	0	0	0
6.00-7.00	11	16	2	1	1	1
7.00-8.00	9	14	2	1	1	1
8.00-9.00	14	21	3	1	2	2
9.00-10.00	21	31	4	2	2	2
10.00-11.00	11	17	2	1	1	1
11.00-12.00	16	24	3	2	2	2
12.00-13.00	11	17	2	1	1	1
13.00-14.00	13	19	2	1	2	2
14.00-15.00	12	18	2	1	1	1
15.00-16.00	13	19	2	1	2	2
16.00-17.00	14	21	3	1	2	2
17.00-18.00	8	11	1	1	1	1
18.00-19.00	7	11	1	1	1	1
19.00-20.00	14	21	3	1	2	2
20.00-21.00	21	32	4	2	3	3
21.00-22.00	5	7	1	0	1	1
22.00-23.00	1	2	0	0	0	0
23.00-24.00	0	1	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	<b>208</b>	<b>313</b>	<b>39</b>	<b>18</b>	<b>25</b>	<b>603</b>





taten zijn weergegeven in rij AL47-AP47 en worden gesommeerd in cel AQ47.

- Vertaling van 'koelunit events' naar 'koelunit koeluren' door vermenigvuldiging van de waarden in rij AL47-AP47 met de gemiddelde tijd (uur) dat per event daadwerkelijk wordt gekoeld (gegeven in cel AL5). De resultaten zijn weergegeven in rij AL49-AP49 en worden gesommeerd in cel AQ49.
- Vertaling van 'koelunit events' naar 'koelunit gebruiksuren' door vermenigvuldiging van de waarden in rij AL49-AP49 met de gemiddelde gebruikstijd (uur) per event. Deze gebruikstijd is gelijk aan de som van de effectieve koeltijd (in cel AL5) en de gemiddelde extra tijd benodigd voor aan/afvoer en installatie per koelunit (gegeven in cel AL6). De resultaten zijn weergegeven in rij AL51-AP51 en worden gesommeerd in cel AQ51.

Een overzicht van de berekeningen in deelblok AL16-AQ51 is onderstaand gegeven.

De bepaling van de jaarlijkse omvang van de koelbehoeften per koelcapaciteitsklasse (in vliegtuig-koelevent-graad per jaar) en de verdere verwerking daarvan vindt plaats in blok AS16-AX49. Hiertoe vindt in het deelblok AS19-AW43 een berekening plaats van het gesommeerde product van de aantallen vliegtuig koelevents en het bij die koelevents te overbruggen temperatuurverschil per koelcapaciteitsklasse over de uurintervallen van het etmaal. Deze berekening verloopt nagenoeg identiek aan de berekening in deelblok AL17-AP43 met toevoeging van de vermenigvuldiging met het temperatuurverschil tussen de actuele temperatuur (boven de kritische temperatuur waarbij koeling nodig is) en een vaste drempelwaarde tot welke koeling plaatsvindt (gegeven in cel AL4). De berekening van de vliegtuig koelevents per capaciteitsklasse wordt hiermee uitgebreid met de dimensie 'graad' (°C) hetgeen een maat vormt voor de met de koeling gepaard gaande energiebehoefte.

Naar analogie met de voorgaande berekeningen vinden hierop in het deelblok AS44-AX49 de volgende aanvullende bewerkingen plaats:

- Sommering van 'vliegtuig-koelevent-graad' per capaciteitsklassen over uurintervallen etmaal in rij AS45-AW45 en sommering over capaciteitsklassen in cel AX45.
- Vertaling naar 'koelunit-event-graad' door vermenigvuldiging van de waarden in rij AS45-AW45 met de aantallen koelunits per capaciteitsklasse in rij AL19-AP19. De resultaten zijn weergegeven in rij AS47-AW47 en worden gesommeerd in cel AX47.
- Vertaling naar 'koelunit-uur-graad' door vermenigvuldiging van de waarden in rij AS47-AW47 met de gemiddelde tijd (uur) dat per event daadwerkelijk wordt gekoeld (in cel AL5). De resultaten zijn weergegeven in rij AS49-AW49 en worden gesommeerd in cel AX49.

Het onderstaande geeft een overzicht van de berekeningen in deelblok AS16-AX49.

#### Berekening en vergelijking effecten

Op grond van de bovenstaande resultaten worden per rekengeval de volgende jaarlijkse kosten (in €/jaar) berekend:

- Kosten (eenmalige) aansluiting koelunits.
- Kosten huur/gebruik koelunits.
- Energiekosten van koeling.
- Totale kosten van koeling.

De berekeningen vinden plaats op grond van het jaarlijkse aantal koelunit events, het aantal koelunit gebruiksuren en het aantal koelunit-uurgraad bepaald in de voorgaande stap en een aantal kostengegevens die zijn opgenomen in het invoerblok AH1-AP9. Onderstaand is een overzicht gegeven van dit laatste blok.

Een overzicht en vergelijking van berekeningsresultaten is opgenomen in blok AD53-AK86 waarvan onderstaand het eerste deel is weergegeven. Voor de actuele berekening worden de berekeningsresultaten weergegeven in rij AF56-AK56. In het daaronder geplaatste deelblok AD58-AK66 kunnen de berekeningsresultaten voor een aantal verschillende rekengevallen worden gekopieerd (momenteel 7). Het eerste te kopiëren rekengeval wordt daarbij als referentie aangemerkt. De overi-

ge rekegevallen worden (voor vergelijking) naar de volgende rijen gekopieerd. Daarbij worden ook de verschillen met de referentiesituatie (in absolute en relatieve zin) bepaald. Voor een verdere beschrijving van deze voorbeelden en het gebruik van het effectrapport wordt verwezen naar par. 3-2.

### 3) Werkblad Verwerking Vluchtinformatie

In (Amsterdam Airport Schiphol, 2013) wordt voor het jaar 2012 een overzicht gegeven van het jaarlijkse aantal vliegtuigbewegingen met onderscheid naar:

- Passagiers- en vrachtluchten.
- Lijn- en chartervluchten.
- De verdeling van de aantallen vluchten over de maanden van het jaar.
- De gemiddelde verdeling van de vluchten over de uurintervallen van het etmaal, met onderscheid naar vertrek en aankomst.
- De verdeling van de jaarlijkse vliegbewegingen over verschillende vliegtuigtypen met het bijbehorende MTOW (voor zowel passagiers- als vrachtluchten).

In het werkblad 'Verwerking Vluchtinformatie' worden de voor de beide eerder beschreven werkbladen benodigde invoergegevens bepaald op

grond van een nadere verwerking van deze basisinformatie. In dit werkblad worden achtereenvolgens de volgende zaken vastgesteld.

- Bewegingen vracht- en passagiersvliegtuigen per maand.
- Vertrekkende vluchten per maand en gemiddeld per dag in maatgevende periode.
- Aantallen vertrekkende passagiersvliegtuigen per koelcapaciteitsklasse in representatieve zomerperiode van het jaar per uurinterval van het etmaal.
- Verdeling vertrekkende vliegtuigen aan de gate per uurinterval etmaal.

### Bewegingen vracht- en passagiersvliegtuigen per maand

In de blokken A3-07 en A9-013 worden de aantallen bewegingen per maand weergegeven van resp. vrachtvliegtuigen en passagiersvliegtuigen (beide met onderscheid naar scheduled, non-scheduled en totaal). Deze informatie is rechtstreeks ontleend aan (Amsterdam Airport Schiphol, 2013). Het onderstaande toont de inhoud van blok A9-013 (passagiersvliegtuigen).

#### Invoergegevens berekening koelbehoefden en kosten koeling

Kritische temperatuur in °C	23	Koelen als $T >$ kritische temperatuur.
Target temperatuur bij koeling in °C	21	Koeling tot target temperatuur
Gemiddelde tijd koeling vliegtuigen aan gate (uur)	1,00	
Extra tijd gebruik units per koelunit event (uur/ke)	0,50	
Kosten per koelunit event (ke) (transp./aansl.) (€/ke)	100	Enmalige kosten aansluiting per koelunit
Kosten per koelunit gebruiksuur (kgu) (€/kgu)	150	Kosten gebruikstijd (huur, onderhoud, etc)
Kosten per koelunit uur-graad (kug) (energie) (€/kug)	5	Energiekosten per gebruiksuur per graad

#### Stap 4 Berekening en vergelijking effecten

	Actuele berekening	Kosten van koeling (gebruik koelunits) in €/jaar			Totaal
		Aansluiting	Huur/gebruik	Energie	
	<b>Huidig gemiddeld</b>	€ 1.174.700	€ 2.643.075	€ 287.940	<b>€ 4.105.715</b>
<b>Rekengevallen</b>	<b>Hier resultaten kopiëren (plakken waarden!)</b>				
<b>Referentie</b>	Huidig gemiddeld	€ 1.174.700	€ 2.643.075	€ 287.940	<b>€ 4.105.715</b>
<b>Vergelijkingsgevallen</b>	Huidig "warm" (1995)	€ 2.189.500	€ 4.926.375	€ 544.540	<b>€ 7.660.415</b>
	Huidig "Koel" (1977)	€ 254.300	€ 572.175	€ 55.745	<b>€ 882.220</b>
	W+ 2050 gemiddeld	€ 2.506.800	€ 5.640.300	€ 690.250	<b>€ 8.837.350</b>
	W+2050 "warm" (2055)	€ 3.998.100	€ 8.995.725	€ 1.237.800	<b>€ 14.231.625</b>
	W+2050 "koel" (2037)	€ 1.112.800	€ 2.503.800	€ 252.035	<b>€ 3.868.635</b>



### Vertrekkende vluchten per maand en gemiddeld per dag in maatgevende periode

In blok A16-O23 worden de aantallen vertrekkende vrachtluchten per maand vastgesteld op grond van de totale vrachtbewegingen en het aandeel vertrekkende vliegtuigen gespecificeerd in cel I18 (gesteld op 50%). Tevens is in dit blok een afbakening gegeven van de maatgevende (zomer)periode waarvoor de te beschouwen maximum temperaturen binnen de range 20-40 °C van toepassing zijn. Dit gebeurt door het markeren van de betreffende maanden met een 1 in de rij C17-N17. Per maand is in rij C23-N23 ook het aantal dagen per maand gegeven. Op grond van de bovenstaande informatie vindt in blok A25-C28 een berekening plaats van het gemiddelde aantal vertrekkende vrachtluchten per dag in de maatgevende periode (voor scheduled, non-scheduled en totaal). Op geheel identieke wijze als voor de vrachtluchten worden in blokken A30-O37 en A39-B42 de vertrekkende passagiersvliegtuigen per maand en het gemiddeld aantal vertrekkende passagiersvluchten per dag in de maatgevende periode bepaald. Het onderstaande geeft een weergave van deze laatste blokken.

### Aantallen vertrekkende passagiersvliegtuigen per koelcapaciteitsklasse in representatieve zomerperiode van het jaar per uurinterval van het etmaal

In blok A44-Y52 is informatie opgenomen over de verdeling van alle commerciële vliegtuigbewegingen over het etmaal op basis van het totaal aantal jaarlijkse bewegingen, met onderscheid naar aankomst en vertrek. Ook deze informatie is direct ontleend aan (Amsterdam Airport Schiphol, 2013). Op basis van deze informatie is in hetzelfde blok ook de relatieve verdeling van aankomsten en vertrekken over de uren van het etmaal bepaald.

De berekening van vertrekkende passagiersvliegtuigen per koelcapaciteitsklasse per uurinterval van het etmaal vindt plaats in blok A54-Y61 in een aantal stappen. Om te beginnen wordt de verdeling van de totale jaarlijkse commerciële bewegingen over het etmaal hiervoor als representatief beschouwd. Gezien het geringe aandeel van de vrachtluchten op het totaal (ca 3.7%) wordt dit acceptabel geacht. Met gebruikmaking van de relatieve verdeling over het etmaal van vertrekkende vliegtuigen (bepaald in rij B51-Y51 van blok A44-Y52) en het totaal aantal vertrekkende passagiersvliegtuigen gemiddeld per dag in de maat-

#### Aantal bewegingen passagiersvliegtuigen per maand (o.b.v. 2012)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Totaal
Scheduled	29103	27868	31449	32466	34157	33401	34668	34516	33248	33861	29603	27967	382307
Non-scheduled	889	924	1076	1586	2665	2771	4022	4020	2903	2573	1115	1013	25557
Totaal	29992	28792	32525	34052	36822	36172	38690	38536	36151	36434	30718	28980	407864

#### Maatgevend deel van het jaar (zomerperiode) waarin hoge temperaturen kunnen optreden

Aantal vertrekkende passagiersvluchten per maand	Factor vertrek												Totaal
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	
Scheduled	14552	13934	15725	16233	17079	16701	17334	17258	16624	16931	14802	13984	191154
Non-scheduled	445	462	538	793	1333	1386	2011	2010	1452	1287	558	507	12779
Totaal	14996	14396	16262,5	17026	18411	18086	19345	19268	18075,5	18217	15359	14490	203932
Dagen per maand	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365

#### Gemiddeld aantal vertrekkende passagiersvluchten per dag in maatgevende periode

Scheduled	556
Non-scheduled	54
Totaal	609

gevende periode (bepaald in cel C42 van blok A39-B42) kunnen de totale aantallen vertrekkende passagiersvliegtuigen per uur van het etmaal eenvoudig worden bepaald. Dit gebeurt in rij B56-Y56.

Voor de uitsplitsing van deze totalen naar koelcapaciteitsklasse wordt gebruik gemaakt van aanvullende informatie over de verdeling van de jaarlijkse passagiersvluchten over verschillende vliegtuigtypen en het bijbehorende MTOW. Deze informatie (ontleend aan Amsterdam Airport Schiphol, 2013) is opgenomen in blok AG54-AK87 (waarbij onderscheid wordt gemaakt naar een onderverdeling in 30 gangbare vliegtuigtypen). Aan elk van de vliegtuigtypen is een koelcapaciteitsklasse toegekend op basis van het MTOW (maat-

gevend voor de omvang van het vliegtuig). Voor de afbakening van deze klassen is (arbitrair) een aantal MTOW-grenzen gehanteerd die flexibel kunnen worden aangepast. Dat gebeurt in blok AB54-AE61. Gegeven de jaarlijkse aantallen vluchten per vliegtuigtype wordt een procentuele verdeling van de aantallen vluchten per koelcapaciteitsklasse bepaald (in kolom AE56-AE60 van blok AB54-AE61). Met gebruikmaking van deze procentuele verdeling worden vervolgens de totale aantallen vertrekkende passagiersvluchten per uurinterval van het etmaal uitgesplitst naar koelcapaciteitsklasse. Dit laatste gebeurt in deelblok B57-Y61.

Het onderstaande geeft een weergave van resp. de bovengenoemde blokken A44-Y52, A54-Y61, AB54-AE61 en AG54-AK87.

**Totaal aantal commerciële bewegingen per uur van het etmaal o.b.v. jaartotalen**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Totaal
Aankomst	2200	1900	1300	900	1400	4600	5900	14200	21500	10300	11100	15100	10900	13800	7700	16600	6500	6600	14200	21200	9400	7600	3900	2800	211600
Vertrek	500	200	100	200	500	2800	3900	11000	9200	14000	20900	11400	16400	11600	12800	12300	12800	14000	7700	7400	14100	21700	4700	1300	211500
Totaal	2700	2100	1400	1100	1900	7400	9800	25200	30700	24300	32000	26500	27300	25400	20500	28900	19300	20600	21900	28600	23500	29300	8600	4100	423100

**Relatieve verdeling commerciële bewegingen over de uren etmaal o.b.v. jaartotalen**

Aankomst	1,04%	0,90%	0,61%	0,43%	0,66%	2,17%	2,79%	6,71%	10,16%	4,87%	5,25%	7,14%	5,15%	6,52%	3,64%	7,84%	3,07%	3,12%	6,71%	10,02%	4,44%	3,59%	1,84%	1,32%
Vertrek	0,24%	0,09%	0,05%	0,09%	0,24%	1,32%	1,84%	5,20%	4,35%	6,62%	9,88%	5,39%	7,75%	5,48%	6,05%	5,82%	6,05%	6,62%	3,64%	3,50%	6,67%	10,26%	2,22%	0,61%
Totaal	0,64%	0,50%	0,33%	0,26%	0,45%	1,75%	2,32%	5,96%	7,26%	5,74%	7,56%	6,26%	6,45%	6,00%	4,85%	6,83%	4,56%	4,87%	5,18%	6,76%	5,55%	6,93%	2,03%	0,97%

**Aantallen vertrekkende passagiersvliegtuigen per koelcapaciteitsklasse in representatieve zomerperiode van het jaar per uurinterval van het etmaal**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Totaal
Totaal vertrek	1	1	0	1	1	8	11	32	26	40	60	33	47	33	37	35	37	40	22	21	41	62	14	4	609
Aandeel KCK 1	0	0	0	0	0	3	4	11	9	14	21	11	16	11	13	12	13	14	8	7	14	21	5	1	208
Aandeel KCK 2	1	0	0	0	1	4	6	16	14	21	31	17	24	17	19	18	19	21	11	11	21	32	7	2	313
Aandeel KCK 3	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	4	2	3	2	2	2	2	3	1	1	3	4	1	0	39
Aandeel KCK 4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0	0	18
Aandeel KCK 5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	3	1	0	25



### Verdeling vertrekkende vliegtuigen aan de gate per uurinterval etmaal

Voor het bepalen van de vertrekkende vliegtuigen aan de gate per uurinterval van het etmaal en per capaciteitsklasse in blok A63-G89 vinden vervolgens nog 2 bewerkingen plaats. In de eerste plaats wordt de informatie uit deelblok B57-Y61 getransponeerd ten behoeve van de gewenste invoer in het werkblad 'Koeling Passagiersvliegtuigen'. In de tweede plaats vindt daarbij een achterwaartse verschuiving plaats in de tijd. Daarbij is aangenomen dat de uurintervallen met de aantallen vertrekkende vliegtuigen aan de gate kan worden benaderd door de uurintervallen met de feitelijke aantallen vertrekkende vliegtuigen met 1 uur in de tijd naar achteren te schuiven.

### 3-2 Illustratie bepaling effecten van hogere temperaturen

Op grond van de spreadsheets zoals in het bovenstaande beschreven is een illustratieve uitwerking gegeven aan de mogelijke effecten van klimaatverandering. De in de visieontwikkeling ontwikkelde spreadsheets zijn te beschouwen als 'prototypen' en geven een concrete en operationele uitwerking van de wijze waarop de effectbepaling kan plaatsvinden. In deze spreadsheets is een voorlopige invulling gegeven van de voor de effectbepaling benodigde basisgegevens. De huidige invulling is daarbij voor een deel gebaseerd op fictieve gegevens, met name wat betreft de kostengegevens. Een daadwerkelijke kwantitatieve analyse van de effecten van klimaatverandering is binnen de scope van de huidige visieontwikkeling

#### Aandelen per capaciteitsklasse

Koelcap. klasse	MTOW>	Mov. per klasse	Aandeel per klasse
5	350	16549	4,1%
4	250	14525	3,6%
3	150	27193	6,7%
2	60	207568	51,3%
1	0	138905	34,3%
<b>Totaal</b>		<b>404740</b>	<b>100,0%</b>

#### Verdeling bewegingen passagiersvluchten over vliegtuigtypen

Nr.	Type	MTOW (ton)	Movements	Klasse koelcap.
1	Boeing 737-800	75	72555	2
2	Fokker 70	38	52676	1
3	Embraer 190/195	47	46856	1
4	Boeing 737-700	64	44756	2
5	Airbus 319	66	34009	2
6	Airbus 320	74	29317	2
7	Boeing 747-400	396	12953	5
8	Airbus 330-200	229	10782	3
9	Airbus 321	86	9819	2
10	Boeing 777-200	296	9580	4
11	Boeing 767-300	185	8467	3
12	Boeing 737-900	77	8249	2
13	Airbus 330-300	233	7236	3
14	Fokker 100	45	6921	1
15	Bombardier CRJ 700/900/1000	38	5955	1
16	Boeing 737-300	60	5824	1
17	Embraer 170/175	37	5260	1
18	Bae 146/AVRO RJ	42	4644	1
19	MD11	278	4197	4
20	Dash 8-400	30	3786	1
21	Boeing 777-300	351	3596	5
22	Boeing 737-400	64	3108	2
23	Boeing 757-200	113	2975	2
24	Embraer ERJ 145	20	2942	1
25	Boeing 737-500	56	2919	1
26	MD80	67	1794	2
27	Boeing 737-600	59	1122	1
28	Airbus 318	61	986	2
29	Airbus 340-300	264	748	4
30	Boeing 767-400	205	708	3
<b>Totaal</b>			<b>404740</b>	

niet aan de orde. Wel kan op grond van de huidige invulling in illustratieve zin een beeld worden gegeven van het gedrag en de gevoeligheid van de effecten voor bepaalde veranderingen in de aard en omvang van de klimaatverandering. Hiermee wordt een hulpmiddel geboden voor een daadwerkelijke, kwantitatieve effectbepaling, indien de in de spreadsheet gedefinieerde gegevens beschikbaar kunnen worden gemaakt.

#### Gehanteerde gegevens KNMI over klimaat en klimaatverandering

Voor de illustratieve effectbepaling is gebruik gemaakt van temperatuurgegevens van het KNMI voor de Luchthaven Schiphol voor de huidige en een toekomstige situatie. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De basis wordt gevormd door de bij KNMI beschikbare informatie over de maximaal optredende etmaaltemperaturen (Tmax) op de Luchthaven Schiphol voor een 30-jarige tijdreeks gecentreerd rond het jaar 1990 (de jaren 1976-2005). Deze tijdreeks wordt gezien als representatief voor de huidige situatie (scenario Huidig).
- Daarnaast is gebruik gemaakt van de KNMI-gegevens voor het scenario W+ 2050. Dit scenario is gebaseerd op een projectie van de tijdreeks 1976-2005 naar een tijdreeks gecentreerd rond het jaar 2050 (de reeks 2036-2065) volgens de uitgangspunten van het scenario W+.

Door het KNMI zijn voor deze tijdseries de gegevens beschikbaar gesteld op grond waarvan de Tmax-profielen (het aantal dagen per jaar waarop een gegeven Tmax in de range van discrete temperaturen van 20-40 °C van toepassing is) voor alle 30 jaren in de tijdreeks konden worden afgeleid. Vervolgens zijn voor de tijdseries van de scenario's Huidig en W+ 2050 de volgende Tmax-profielen vastgesteld:

- Het gemiddelde Tmax-profiel.
- Een benadering van het 'warmste' Tmax profiel in de serie. Hiertoe is het jaar 1995 (in tijdserie scenario Huidig), resp. het jaar 2055 (in tijdserie W+ 2050) geselecteerd.

- Een benadering van het 'koelste' Tmax profiel in de serie. Hiertoe is het jaar 1977 (in tijdserie scenario Huidig), resp. het jaar 2037 (in tijdserie W+ 2050) geselecteerd.

Aldus zijn de illustratieve berekeningen gemaakt voor de volgende rekengevallen:

- Scenario Huidig:
  - Huidig gemiddeld
  - Huidig "warm" (1995)
  - Huidig "koel" (1977)
- Scenario W+ 2050:
  - W+ 2050 gemiddeld
  - W+2050 "warm" (2055)
  - W+2050 "koel" (2037)

#### Illustratieve resultaten voor effecten op laadvermogen vrachtvliegtuigen

Zoals beschreven in par. 3-1 zijn de resultaten van de berekeningen uitgedrukt in de volgende grootheden:

- Het totale aantal beïnvloede vrachtvluchten per jaar.
- Een score S1 gebaseerd op het gesommeerde product van de aantallen beïnvloede vluchten en het temperatuurverschil tussen de actuele temperatuur bij vertrek en de kritische temperatuur waarbij effecten beginnen op te treden.
- Een score S2 gebaseerd op de aantallen beïnvloede vluchten en de percentages derving van de nuttige lading die op grond van de vergelijking van de actuele vertrektemperatuur en de kritische temperatuur van toepassing zijn.

In onderstaande tabel is voor de beschouwde rekengevallen een overzicht van deze resultaten gegeven.

In het onderstaande effectrapport (blok AD54-AM86) wordt een overzicht en vergelijking gegeven van deze effecten voor de bovengenoemde rekengevallen. In het eerste deelblok van dit rapport worden de verschillende effecten per rekengeval getoond in vergelijking met de referentiesituatie. In het tweede en derde deelblok worden resp. de absolute en relatieve verschillen van de rekengevallen met de referentiesituatie weergegeven. Een toename van de effecten is daarbij met rood gemarkeerd; een afname van de effecten is met groen gemarkeerd.





Alle berekeningsresultaten worden vergeleken met het gemiddelde jaar in de huidige situatie dat als 'referentiesituatie' is aangemerkt. Bij de interpretatie van deze resultaten geldt dat de effecten in absolute zin als **illustratief** moeten worden beschouwd, gezien het arbitraire karakter van een aantal van de gehanteerde aannamen en invoergegevens. Op basis van realistische invoergegevens zou echter een goede schatting van deze effecten kunnen worden verkregen. Op grond van de consistente wijze waarop de berekeningen zijn uitgevoerd kan wel een aantal realistische observaties worden gemaakt op grond van de onderlinge vergelijking van de verschillende rekengevallen.

Voor de rekengevallen binnen het scenario Huidig kan worden geconstateerd dat de effecten van een 'warm' jaar bijna het dubbele bedragen van de effecten in een gemiddeld jaar. In een 'koel' jaar

nemen de effecten met meer dan 80% af. Als gevolg is de verhouding van de effecten in een 'warm' versus een 'koel' jaar in de orde van een factor 10.

Binnen het scenario W+ 2050 geldt eveneens dat de effecten voor een 'warm' jaar ongeveer het dubbele zijn van de effecten bij een gemiddeld jaar. Voor een 'koel' jaar nemen de effecten echter wat minder spectaculair af ten opzicht van het gemiddelde jaar (tot ca 30% van de effecten bij een gemiddeld jaar, waarbij de afname van het effect in termen van beïnvloede aantallen vluchten minder is dan voor de effectscores S1 en S2).

Vergelijking van de rekengevallen voor het scenario W+ 2050 met het scenario Huidig leert dat voor het gemiddelde jaar de effecten 2 à 3 maal groter worden. Ditzelfde beeld geldt ook voor de vergelijking van het warme jaar in scenario W+

		Beïnvloede vluchten (aantal/jr)	S1: score obv vluchten x (T-Tkr) (vlucht.graad/jr)	S2: score obv vracht- vliegtuig lading-units
<b>Actuele berekening</b>				
<b>Huidig gemiddeld</b>		<b>155</b>	<b>420</b>	<b>6,30</b>
<b>Rekengevallen</b>	<b>Hier resultaten kopiëren (plakken waarden!)</b>			
<b>Referentie</b>	Huidig gemiddeld	155	420	6,30
<b>Vergelijkingsgevallen</b>	Huidig "warm" (1995)	308	816	12,24
	Huidig "Koel" (1977)	29	64	0,96
	W+ 2050 gemiddeld	353	1177	17,66
	W+ 2050 "warm" (2055)	605	2385	35,78
	W+ 2050 "koel" (2037)	130	316	4,74
<b>Absolute verschillen</b>		Beïnvloede vluchten (aantal/jr)	S1: score obv vluchten x (T-Tkr) (vlucht.graad/jr)	S2: score obv vracht- vliegtuig lading-units
<b>Referentie</b>	Huidig gemiddeld	155	420	6,30
<b>Vergelijkingsgevallen</b>	Huidig "warm" (1995)	153	396	5,94
	Huidig "Koel" (1977)	-126	-356	-5,34
	W+ 2050 gemiddeld	198	757	11,36
	W+ 2050 "warm" (2055)	450	1965	29,48
	W+ 2050 "koel" (2037)	-25	-104	-1,56
<b>Relatieve verschillen</b>		Beïnvloede vluchten (aantal/jr)	S1: score obv vluchten x (T-Tkr) (vlucht.graad/jr)	S2: score obv vracht- vliegtuig lading-units
<b>Referentie</b>	Huidig gemiddeld	155,00	420,00	6,30
<b>Vergelijkingsgevallen</b>	Huidig "warm" (1995)	99%	94%	94%
	Huidig "Koel" (1977)	-81%	-85%	-85%
	W+ 2050 gemiddeld	128%	180%	180%
	W+ 2050 "warm" (2055)	290%	468%	468%
	W+ 2050 "koel" (2037)	-16%	-25%	-25%

2050 versus scenario Huidig. Vergelijking van de effecten voor het koele jaar laat zien dat de effecten in dit geval met een factor 4 à 5 toenemen. Voor het 'koele' jaar in scenario W+ 2050 geldt dat de effecten nog steeds kleiner zijn dan voor het gemiddelde jaar in scenario Huidig, maar wel in de buurt komen.

#### Illustratieve resultaten voor effecten op koelbehoeften passagiersvliegtuigen

Zoals beschreven in par. 3-1 zijn de resultaten van de berekeningen uitgedrukt in de jaarlijkse kosten van koeling waarbij onderscheid wordt gemaakt naar een aantal verschillende kostenposten. In het onderstaande effectrapport (blok AD53-AK86) wordt een overzicht en vergelijking gegeven van deze effecten voor de beschouwde rekengevallen.

De opbouw van het effectrapport voor de vergelijking van de rekengevallen en het weergeven van de absolute en relatieve verschillen komt overeen

met het voorgaande voorbeeld van de effecten op de belading van vrachtvliegtuigen.

Evenals in het voorgaande geval geldt dat de absolute effecten in dit voorbeeld als illustratief moeten worden beschouwd. De onderlinge vergelijking van de resultaten van de rekengevallen in relatieve zin vertoont op hoofdlijnen hetzelfde beeld.

Voor de rekengevallen in de huidige situatie geldt dat de kosten in een 'warm' jaar bijna het dubbele bedragen van de kosten in een gemiddeld jaar, terwijl de kosten in een 'koele' jaar met bijna 80% afnemen. Binnen het scenario W+2050 geldt ook dat de kosten voor een 'warm' jaar bijna het dubbele zijn van de kosten bij een gemiddeld jaar. Voor een 'koele' jaar zijn de kosten nu echter nog bijna 45% van de kosten van een gemiddeld jaar. Deze kosten nemen dus beduidend minder af dan in het scenario Huidig.

#### Stap 4 Berekening en vergelijking effecten

		Kosten van koeling (gebruik koelunits) in €/jaar			
		Aansluiting	Huur/gebruik	Energie	Totaal
<b>Actuele berekening</b>					
<b>Huidig gemiddeld</b>		<b>€ 1.174.700</b>	<b>€ 2.643.075</b>	<b>€ 287.940</b>	<b>€ 4.105.715</b>

Rekengevallen	Hier resultaten kopiëren (plakken waarden!)	Kosten van koeling (gebruik koelunits) in €/jaar			
Referentie		Aansluiting	Huur/gebruik	Energie	Totaal
	Huidig gemiddeld	€ 1.174.700	€ 2.643.075	€ 287.940	<b>€ 4.105.715</b>
<b>Vergelijkingsgevallen</b>	Huidig "warm" (1995)	€ 2.189.500	€ 4.926.375	€ 544.540	<b>€ 7.660.415</b>
	Huidig "Koel" (1977)	€ 254.300	€ 572.175	€ 55.745	<b>€ 882.220</b>
	W+ 2050 gemiddeld	€ 2.506.800	€ 5.640.300	€ 690.250	<b>€ 8.837.350</b>
	W+ 2050 "warm" (2055)	€ 3.998.100	€ 8.995.725	€ 1.237.800	<b>€ 14.231.625</b>
	W+ 2050 "koel" (2037)	€ 1.112.800	€ 2.503.800	€ 252.035	<b>€ 3.868.635</b>

Absolute verschillen		Kosten van koeling (gebruik koelunits) in €/jaar			
		Aansluiting	Huur/gebruik	Energie	Totaal
<b>Referentie</b>	Huidig gemiddeld	€ 1.174.700	€ 2.643.075	€ 287.940	<b>€ 4.105.715</b>
<b>Vergelijkingsgevallen</b>	Huidig "warm" (1995)	€ 1.014.800	€ 2.283.300	€ 256.600	€ 3.554.700
	Huidig "Koel" (1977)	€ -920.400	€ -2.070.900	€ -232.195	€ -3.223.495
	W+ 2050 gemiddeld	€ 1.332.100	€ 2.997.225	€ 402.310	€ 4.731.635
	W+ 2050 "warm" (2055)	€ 2.823.400	€ 6.352.650	€ 949.860	€ 10.125.910
	W+ 2050 "koel" (2037)	€ -61.900	€ -139.275	€ -35.905	€ -237.080

Relatieve verschillen		Kosten van koeling (gebruik koelunits) in €/jaar			
		Aansluiting	Huur/gebruik	Energie	Totaal
<b>Referentie</b>	Huidig gemiddeld	€ 1.174.700	€ 2.643.075	€ 287.940	<b>€ 4.105.715</b>
<b>Vergelijkingsgevallen</b>	Huidig "warm" (1995)	86%	86%	89%	87%
	Huidig "Koel" (1977)	-78%	-78%	-81%	-79%
	W+ 2050 gemiddeld	113%	113%	140%	115%
	W+ 2050 "warm" (2055)	240%	240%	330%	247%
	W+ 2050 "koel" (2037)	-5%	-5%	-12%	-6%



Uit de vergelijking van de rekengevallen voor het scenario W+ 2050 met het scenario Huidig blijkt dat voor de kosten in het gemiddelde jaar een ruime verdubbeling optreedt. Voor het warme jaar in scenario W+ 2050 zijn de kosten bijna 2 maal groter dan de kosten voor het warme jaar in scenario Huidig. Voor het 'koele' jaar in scenario W+ 2050 geldt dat de kosten vrijwel gelijk zijn aan het gemiddelde jaar in scenario Huidig. Vergelijking van het koele jaar in W+ 2050 met het koele jaar in Huidig laat zien dat de kosten met een factor van bijna 4,5 toenemen. Bij de meer gematigde jaren is de relatieve toename van de kosten in W+ 2050 t.o.v. Huidig dus beduidend groter.



Contact  
Programmabureau Kennis voor Klimaat  
p/a Universiteit Utrecht  
Postbus 85337  
3508 AH Utrecht  
T +31 30 253 9961  
E [office@kennisvoorklimaat.nl](mailto:office@kennisvoorklimaat.nl)

[www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)