

# **Klimaat voor AAS**

A. Smits (Ilja)

KNMI, WM/KD

Postbus 201, 3730 AE De Bilt

Tel: 030-2206874, Fax: 030-2210407

E-mail: [Ilja.Smits@knmi.nl](mailto:Ilja.Smits@knmi.nl)

Datum: 2 augustus 2001



## Inhoud:

Samenvatting.....	2
1 Inleiding.....	4
2 Aanpak.....	5
2.1 Grenspercentage.....	5
2.2 Referentieperiode.....	5
3 Resultaten.....	6
4 Het gebruiksjaar 2000.....	9
5 Aanbevelingen.....	11
Appendices.....	12
A Uitwerking berekeningsmethodiek grenspercentage.....	12
B Uitwerking bepaling referentieperiode.....	17
C Bepaling betrouwbaarheidsinterval.....	20
Literatuur.....	21

## Samenvatting

Amsterdam Airport Schiphol en Luchtverkeersleiding Nederland dienen voorafgaand aan ieder gebruiksjaar aan te geven met welke frequenties de banen gebruikt gaan worden. Hierbij wordt rekening gehouden met variaties in het te verwachten weer: de zogenaamde meteomarge.

De meteomarge is ontwikkeld met als uitgangspunt een overschrijdingskans van 20%, wat vertaald is naar gemiddeld 1 overschrijding van een individueel baangebruik per 5 jaar, afzonderlijk voor start- en landingsbanen. De meteomarge zoals die momenteel gehanteerd wordt, bedraagt voor het S4S2 banenstelsel gemiddeld circa 20%. Dit betekent dat in de aanwijzingszone met circa 120% verkeer wordt gerekend in plaats van met 100%.

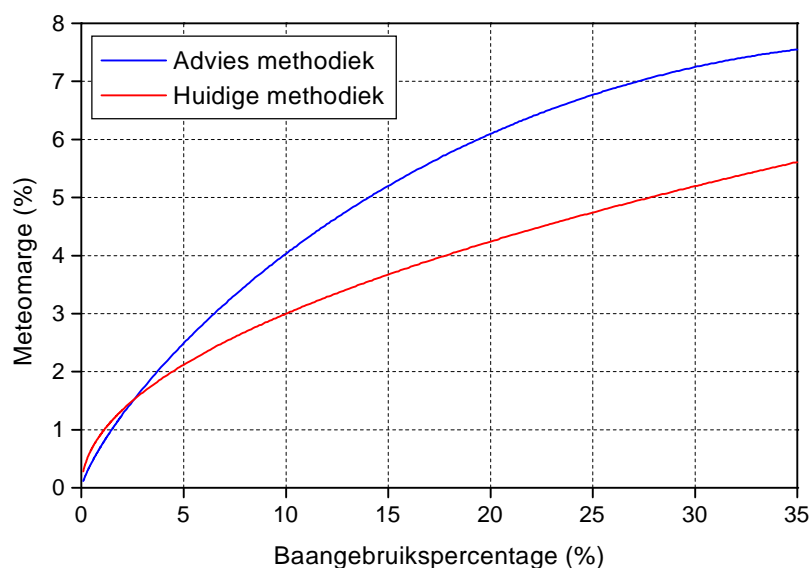
Deze huidige meteomarge is vanaf 1990 relatief vaak overschreden, veel meer dan op grond van het uitgangspunt verwacht mocht worden. Een evaluatie van de meteomarge was daarom noodzakelijk.

Het evaluatieonderzoek door het KNMI geeft de volgende aanbevelingen en conclusies:

- Een nieuwe berekeningsmethodiek voor de meteomarge is noodzakelijk. Deze conclusie is in overeenstemming met de door de Nederlandse luchtvaartsector geconstateerde noodzaak tot aanpassing van de huidige methodiek (rapport ONL PTG1-113). Een voorstel voor een nieuwe methodiek wordt in dit KNMI-rapport gepresenteerd. De meteomarge gebaseerd op de voorgestelde methodiek bedraagt gemiddeld circa 30%.
- De meteomarge dient gebaseerd te zijn op de periode 1990-2000. In het uitgevoerde onderzoek is duidelijk gebleken dat de periode 1990-2000 aantoonbaar afwijkend aan het weer gerelateerd baangebruik kent met meer overschrijdingen ten opzichte van de periode(n) daarvoor.
- Een jaarlijkse evaluatie van de meteorologische ontwikkelingen en de daaraan gerelateerde meteomarge is noodzakelijk.

Figuur 1 geeft weer welk effect de voorgestelde berekeningsmethodiek op basis van de periode 1990-2000 heeft op de meteomarge in vergelijking met de huidige methodiek.

Tabel 1 geeft de grenspercentages (= gemiddeld baangebruik inclusief meteomarge) volgens de huidige methodiek en volgens de voorgestelde methodiek. Hierbij is gebruik gemaakt van de gemiddelde baangebruikspercentages voor de verschillende referentieperioden (voor de huidige methodiek 1961-2000 en voor de advies methodiek 1990-2000).



**Figuur 1:** Meteomarge volgens de huidige methodiek (rode lijn) en volgens de advies methodiek (blauwe lijn). De huidige methodiek is gedefinieerd volgens de formule:  $\sqrt{0.9 \cdot \text{baangebruikspercentage}}$ . De advies methodiek is gedefinieerd volgens de formule:  $X_{0.9778}(v, \omega) - \text{baangebruikspercentage}$ , waarbij  $X_{0.9778}(v, \omega)$  het 97.78-percentiel van de beta verdeling is met parameters:

- $v = \frac{\omega \cdot \text{baangebruikspercentage}}{1 - \text{baangebruikspercentage}}$ ,
- $\omega = \text{baangebruikspercentage} \cdot \exp[4.050 - 1.610 \cdot \ln(\text{baangebruikspercentage})]$ .

Baan		Methode	
		Huidig	Advies
01L	startend	39.70	40.20
04	startend	0.77	0.84
06	startend	0.69	0.45
09	startend	18.82	18.97
19R	startend	0.96	0.88
24	startend	39.25	42.26
27	startend	6.10	7.46
19L	startend	15.25	17.04
rest	startend	0.54	0.47

Baan		Methode	
		Huidig	Advies
01L	landend	2.69	2.17
06	landend	38.99	39.72
09	landend	1.23	1.37
19R	landend	35.11	37.05
22	landend	6.69	7.25
24	landend	2.09	2.17
27	landend	18.53	21.85
01R	landend	17.25	17.83
rest	landend	0.54	0.44

**Tabel 1:** Grenspercentages volgens de huidige methodiek en volgens de advies methodiek, waarbij de periode 1961-2000 gebruikt is als referentieperiode voor de gemiddelde baangebruikspercentages voor de huidige methodiek en de periode 1990-2000 voor de advies methodiek.

# 1 Inleiding

Amsterdam Airport Schiphol en Luchtverkeersleiding Nederland dienen vooraf, per gebruiksjaar, aan te geven hoe haar banen te gebruiken binnen de gestelde richtlijnen met betrekking tot het milieu, met name geluid. Dit aan de hand van methodieken, aangedragen in de Milieu Effect Rapportage 1996 en Aanwijzigingsgeluidszoneberekeningen. Deze methodieken houden rekening met variaties die op kunnen treden in het te verwachten weer voor zo'n gebruiksjaar, welke verwerkt zijn in de zogenaamde Meteorologische marge (kortweg meteomarge).

De meteomarge zoals die momenteel in gebruik is, is als volgt gedefinieerd:

$$MM = \sqrt{0.9 \cdot BGM} , \quad (1.1)$$

waarbij *BGM* het gemiddelde baangebruikspercentage voorstelt en *MM* de meteomarge, de extra toeslag op dit baangebruikspercentage.

Met behulp van het gemiddelde baangebruikspercentage en de meteomarge wordt een bovengrens van het baangebruikspercentage opgesteld door het gemiddelde baangebruikspercentage en de meteomarge bij elkaar op te tellen. Vervolgens wordt bepaald wanneer overschrijdingen plaatsvinden door baangebruikspercentages te vergelijken met deze bovengrens. In het vervolg van dit onderzoek zal de bovengrens het grenspercentage (*GP*) genoemd worden. In formulevorm:

$$GP = BGM + MM . \quad (1.2)$$

Wanneer gebruik gemaakt wordt van de meteomarge in (1.1) dient voor het S4S2 banenstelsel van Schiphol gerekend te worden met 122.6% verkeer in de aanwijzingszone op basis van de periode 1961-2000.

Vanaf het gebruiksjaar 1990 is het grenspercentage relatief vaak overschreden. Hierdoor is twijfel ontstaan over de hoogte van het grenspercentage die momenteel wordt gehanteerd en over de referentieperiode die gebruikt dient te worden om het grenspercentage te berekenen. Op grond hiervan is, door Schiphol Group, BU Airlines, opdracht gegeven aan het KNMI om een nieuw, verbeterd grenspercentage te bepalen met bijbehorende referentieperiode.

Dit rapport beschrijft de resultaten die uit het KNMI-onderzoek zijn voortgekomen. Uitgangspunt hierbij is een kans op overschrijding van 20% (afzonderlijk voor start- en landingsbanen), wat geïnterpreteerd is als gemiddeld 1 overschrijding van een individueel grenspercentage per 5 jaar.

Bij het onderzoek is gebruik gemaakt van de aangeleverde tabellen in het rapport ONL PTG1-113, waarin baangebruikspercentageprognoses voor startend en landend verkeer zijn vermeld voor de periode 1961-1999 gebaseerd op de aanwijzing 2002, aangevuld met de baangebruikspercentageprognoses voor het jaar 2000 die recentelijk zijn aangeleverd. Bij het bepalen van de prognoses zijn andere factoren naast het weer buiten beschouwing gelaten, zodat de effecten van het weer op het baangebruik geïsoleerd zijn.

Allereerst wordt in Hoofdstuk 2 de aanpak van het onderzoek beschreven, betreffende het bepalen van het grenspercentage en het vraagstuk omtrent de referentieperiode. Een gedetailleerde uitwerking hiervan is te vinden in de Appendices A en B. In Hoofdstuk 3 staat een overzicht van de resultaten. Vervolgens gaat Hoofdstuk 4 in op het gebruiksjaar 2000 en in Hoofdstuk 5 staan aanbevelingen over hoe de resultaten toe te passen in de praktijk.

## 2 Aanpak

### 2.1 Grenspercentage

De meteomarge is een maat voor de variatie in het weer met betrekking tot het baangebruik. De variatie in het weer uit zich door een bepaalde spreiding in de baangebruikspercentages van jaar op jaar. Deze spreiding kan met behulp van een kansverdeling gemodelleerd worden. Bij dit onderzoek is de beta verdeling een geschikte kansverdeling gebleken. Met behulp van de gemodelleerde kansverdeling van de baangebruikspercentages en de gemiddelde waarden van de baangebruikspercentages per baan is het vervolgens vrij eenvoudig om (overschrijdingskans afhankelijke) grenspercentages en de daaraan gekoppelde meteomarges te bepalen voor elk van de in totaal 18 banen.

In tegenstelling met de hierboven beschreven methode, is het met behulp van (1.1) echter ook mogelijk om voor ieder willekeurig gemiddeld baangebruikspercentage een grenspercentage te bepalen en dus niet alleen voor de daadwerkelijk opgetreden gemiddelde baangebruikspercentages per baan. Deze manier om het grenspercentage te bepalen heeft het voordeel dat slechts één functie hoeft gehanteerd te worden om het grenspercentage te bepalen in plaats van een functie die verschillend is voor de verschillende banen. Dit mag echter alleen als aangetoond kan worden dat niet elke baan een eigen karakter heeft wat betreft de spreiding in de bijbehorende baangebruikspercentages, maar dat dit karakteristiek gelijk is voor alle afzonderlijke banen. Als dit aangetoond kan worden is het gewenst om slechts één functie (of één set parameters) te gebruiken uit het oogpunt van eenvoud, maar ook uit een statistisch oogpunt. Dit onderzoek wijst uit dat dit het geval is, zodat het mogelijk is om voor ieder willekeurig gemiddeld baangebruikspercentage een grenspercentage te bepalen.

Bovenstaande houdt in dat naast het bepalen van de parameters van de beta verdeling per baan ( $2 \times 18 = 36$ ), ook een methode gebruikt wordt (enkelvoudige lineaire regressie) om het totaal aantal parameters (#36) terug te brengen tot slechts één set parameters (#2) die voor alle banen gebruikt kan worden.

Met behulp van de set parameters kan per baan (maar ook voor elke willekeurige waarde voor het gemiddelde baangebruikspercentage) de kansverdeling van de bijbehorende baangebruikspercentages bepaald worden. Met deze kansverdeling per baan kan nu ook per baan het grenspercentage en de daaraan gekoppelde meteomarge bepaald worden dat hoort bij de gehanteerde overschrijdingskans.

Bovenstaande is gedetailleerd beschreven in Appendix A. Hierin is ook een voorbeeld verwerkt ter verduidelijking van de toepassing van de methodiek.

### 2.2 Referentieperiode

Tijdens de laatste jaren (vanaf 1990) is het huidig in gebruik zijnde grenspercentage regelmatig overschreden, terwijl in de periode daarvoor (vanaf 1961) dit in veel mindere mate het geval was. Hierdoor ontstond het vermoeden dat perioden van afwijkend weer tot gevolg hebben dat ook in het baangebruik een bepaalde clustering aanwezig is.

Dit onderzoek wijst uit dat de baangebruikspercentages van jaar tot jaar in een drietal perioden kunnen worden opgedeeld: de periode 1961-1976, de periode 1977-1989 en de periode 1990-2000. Deze laatste periode onderscheidt zich het meest wat betreft afwijkend baangebruik. De periode 1977-1989 kenmerkt zich door het zeer kleine aantal overschrijdingen, terwijl de periode 1961-1976 een baangebruik kent wat tussen de andere perioden in zit.

Doordat de periode 1990-2000 zich behoorlijk onderscheidt van de perioden daarvoor, dient het grenspercentage gebaseerd te zijn op deze periode om te voorkomen dat binnen bepaalde perioden het grenspercentage vaker dan gewenst wordt overschreden. Hierbij wordt verondersteld dat de baangebruiksverdeling tijdens de periode 1990-2000 in de toekomst opnieuw kan voorkomen, aangezien er geen aanwijzingen zijn om aan te nemen dat dat niet het geval is.

Een gedetailleerde uitwerking van bovenstaande is beschreven in Appendix B.

### 3 Resultaten

Wanneer geen rekening gehouden wordt met clustering in baangebruikspercentages van jaar tot jaar dan resulteert de aanpak in waarden voor het grenspercentage weergegeven in Tabel 3.1. De gearceerde kolom heeft betrekking op het huidig uitgangspunt van een kans van overschrijding van 20% (ééns per 5 jaar). Met dit grenspercentage dient in de aanwijzingszone met 123.7% verkeer gerekend te worden in plaats van 100%, iets meer dan de 122.6% dat voortkomt uit het huidig in gebruik zijnde grenspercentage op basis van de periode 1961-2000.

Baan		Overschrijdingskans uitgedrukt in jaren											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
01L	startend	37.50	38.55	39.09	39.46	39.73	39.94	40.12	40.27	40.40	40.52	40.95	41.24
04	startend	0.47	0.55	0.60	0.63	0.66	0.68	0.70	0.71	0.72	0.74	0.78	0.81
06	startend	0.41	0.48	0.53	0.56	0.58	0.60	0.62	0.63	0.64	0.65	0.69	0.72
09	startend	17.62	18.45	18.88	19.17	19.39	19.57	19.71	19.83	19.94	20.03	20.38	20.63
19R	startend	0.62	0.72	0.78	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.92	0.94	0.99	1.03
24	startend	37.08	38.13	38.67	39.04	39.31	39.52	39.70	39.85	39.98	40.10	40.53	40.82
27	startend	5.34	5.76	5.99	6.14	6.26	6.35	6.42	6.49	6.55	6.60	6.79	6.92
19L	startend	14.18	14.92	15.31	15.57	15.77	15.93	16.06	16.17	16.26	16.35	16.67	16.89
rest	startend	0.29	0.36	0.39	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.53	0.55
01L	landend	2.13	2.36	2.49	2.57	2.64	2.69	2.74	2.77	2.81	2.84	2.95	3.02
06	landend	36.84	37.88	38.43	38.79	39.06	39.28	39.46	39.61	39.74	39.85	40.28	40.57
09	landend	0.84	0.97	1.04	1.08	1.12	1.15	1.17	1.20	1.21	1.23	1.29	1.34
19R	landend	33.17	34.21	34.74	35.10	35.37	35.58	35.76	35.91	36.04	36.15	36.58	36.87
22	landend	5.90	6.35	6.59	6.75	6.88	6.97	7.05	7.12	7.18	7.24	7.44	7.58
24	landend	1.59	1.78	1.88	1.96	2.01	2.05	2.09	2.12	2.15	2.17	2.27	2.33
27	landend	17.34	18.16	18.59	18.88	19.10	19.27	19.42	19.54	19.64	19.74	20.09	20.33
01R	landend	16.10	16.89	17.31	17.59	17.80	17.97	18.10	18.22	18.32	18.41	18.75	18.99
rest	landend	0.29	0.35	0.39	0.41	0.43	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.52	0.55

**Tabel 3.1:** Gemiddeld baangebruik inclusief meteomarge (%) per baan (grenspercentage), afhankelijk van de overschrijdingskans, gebaseerd op de periode 1961-2000 (niet gecorrigeerd voor clustering).

In Hoofdstuk 2 is aangegeven dat er rekening gehouden dient te worden met clustering in de baangebruikspercentages om te voorkomen dat gedurende bepaalde perioden het grenspercentage vaker overschreden wordt dan gewenst. De resultaten van deze aanpak staan vermeld in Tabel 3.2. Opnieuw heeft de gearceerde kolom betrekking op het huidig uitgangspunt van een kans van overschrijding van 20%. Met deze waarden voor het grenspercentage dient in de aanwijzingszone met 129.2% verkeer gerekend te worden.

Baan		Overschrijdingskans uitgedrukt in jaren											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
01L	startend	37.20	38.61	39.34	39.83	40.20	40.48	40.72	40.93	41.10	41.26	41.84	42.23
04	startend	0.65	0.73	0.78	0.81	0.84	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.95	0.98
06	startend	0.34	0.39	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	0.48	0.49	0.49	0.52	0.54
09	startend	16.87	17.85	18.37	18.71	18.97	19.18	19.35	19.50	19.63	19.74	20.16	20.45
19R	startend	0.69	0.78	0.83	0.86	0.88	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	1.00	1.03
24	startend	39.23	40.65	41.40	41.89	42.26	42.55	42.79	42.99	43.17	43.33	43.91	44.31
27	startend	6.38	6.88	7.15	7.33	7.46	7.57	7.66	7.74	7.81	7.87	8.09	8.25
19L	startend	15.08	15.99	16.47	16.79	17.04	17.23	17.39	17.53	17.65	17.75	18.15	18.42
rest	startend	0.35	0.40	0.43	0.45	0.47	0.48	0.49	0.50	0.50	0.51	0.54	0.56
01L	landend	1.77	1.95	2.05	2.12	2.17	2.22	2.25	2.28	2.31	2.33	2.42	2.48
06	landend	36.73	38.13	38.87	39.36	39.72	40.01	40.25	40.45	40.62	40.78	41.36	41.75
09	landend	1.09	1.22	1.29	1.33	1.37	1.40	1.42	1.44	1.46	1.48	1.54	1.58
19R	landend	34.12	35.49	36.21	36.69	37.05	37.33	37.57	37.77	37.94	38.09	38.66	39.05
22	landend	6.19	6.68	6.94	7.12	7.25	7.36	7.45	7.52	7.59	7.65	7.87	8.02
24	landend	1.77	1.95	2.05	2.12	2.17	2.22	2.25	2.28	2.31	2.33	2.42	2.48
27	landend	19.56	20.63	21.19	21.57	21.85	22.08	22.26	22.42	22.56	22.68	23.14	23.45
01R	landend	15.81	16.75	17.25	17.58	17.83	18.03	18.20	18.34	18.46	18.57	18.98	19.26
rest	landend	0.33	0.38	0.41	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	0.47	0.48	0.51	0.52

**Tabel 3.2:** Als Tabel 3.1, maar nu gebaseerd op de periode 1990-2000 (gecorrigeerd voor clustering).



In de toekomst kan met behulp van Tabel 3.3 geëvalueerd worden of de hoeveelheid gerealiseerde overschrijdingen in overeenstemming is met het grenspercentage zoals dit vermeld staat in Tabel 3.2. Deze tabel is onafhankelijk van de waarden in Tabel 3.2 tot stand gekomen en in Appendix C staat beschreven welke methode hiervoor is gebruikt. In de tabel staan 95%-betrouwheidsintervallen vermeld voor het te verwachte aantal overschrijdingen van het grenspercentage binnen een bepaalde periode en afhankelijk van de overschrijdingskans per jaar. De lengte van de periode in jaren staat aangegeven in de rijen van de tabel en de overschrijdingskans per jaar uitgedrukt in jaren staat aangegeven in de kolommen (b.v. 5 betekent een overschrijdingskans van 20%). Opnieuw heeft de gearceerde kolom betrekking op het huidige uitgangspunt van een kans van overschrijding van 20%. Deze kolom is grafisch weergegeven in Figuur 3.1.

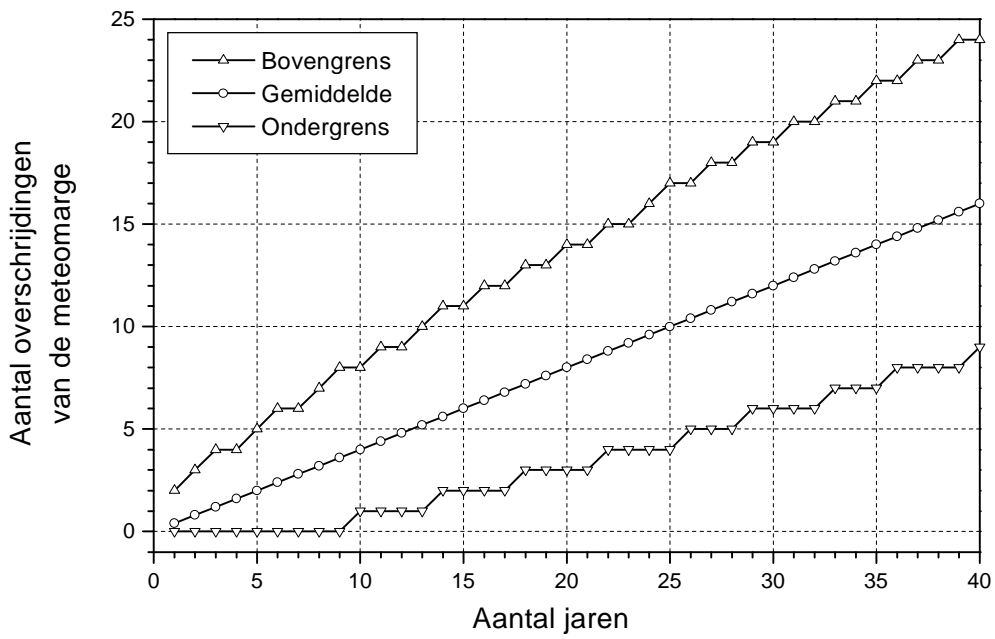
Per kolom staat de ondergrens van het betrouwbaarheidsinterval (links) aangegeven, de bovengrens (rechts) en de gemiddelde (verwachte) waarde van het betrouwbaarheidsinterval (midden).

Als over een aantal jaar het aantal overschrijdingen hoger is dan de bovengrens zoals die is aangegeven in de tabel, dan is dit een aanwijzing op significant afwijkend baangebruik ten opzichte van de verschillende perioden tussen 1961 en 2000. Het is in dat geval raadzaam de hoogte van het grenspercentage opnieuw te bepalen mede met behulp van de nieuwe data.

Opgemerkt dient te worden dat het aantal overschrijdingen in de meeste situaties lager is dan de gemiddelde waarde van het betrouwbaarheidsinterval, aangezien het grenspercentage in Tabel 3.2 bepaald is door rekening te houden met clustering. Dit houdt in dat (door het inpassen van een extra veiligheidsmarge) de hoogte van het grenspercentage hoger wordt en daardoor minder overschrijdingen zullen plaatsvinden. Hierdoor zal het ook voorkomen dat het werkelijk aantal overschrijdingen in bepaalde perioden lager is dan de ondergrens van het interval, wat er dus niet op duidt dat de hoogte van het grenspercentage opnieuw bepaald dient te worden.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
1	0 2.0 5	0 1.0 3	0 0.7 3	0 0.5 2	0 0.4 2	0 0.3 2	0 0.3 2	0 0.3 2	0 0.2 1	0 0.2 1	0 0.1 1	0 0.1 1
2	1 4.0 8	0 2.0 5	0 1.3 4	0 1.0 3	0 0.8 3	0 0.7 3	0 0.6 2	0 0.5 2	0 0.4 2	0 0.4 2	0 0.3 2	0 0.2 1
3	2 6.0 11	0 3.0 7	0 2.0 5	0 1.5 4	0 1.2 4	0 1.0 3	0 0.9 3	0 0.8 3	0 0.7 3	0 0.6 2	0 0.4 2	0 0.3 2
4	3 8.0 14	1 4.0 8	0 2.7 6	0 2.0 5	0 1.6 4	0 1.3 4	0 1.1 4	0 1.0 3	0 0.9 3	0 0.8 3	0 0.5 2	0 0.4 2
5	5 10.0 16	1 5.0 10	0 3.3 7	0 2.5 6	0 2.0 5	0 1.7 5	0 1.4 4	0 1.3 4	0 1.1 4	0 1.0 3	0 0.7 3	0 0.5 2
6	6 12.0 19	2 6.0 11	1 4.0 8	0 3.0 7	0 2.4 6	0 2.0 5	0 1.7 5	0 1.5 4	0 1.3 4	0 1.2 4	0 0.8 3	0 0.6 2
7	7 14.0 21	2 7.0 12	1 4.7 9	0 3.5 7	0 2.8 6	0 2.3 6	0 2.0 5	0 1.8 5	0 1.6 4	0 1.4 4	0 0.9 3	0 0.7 3
8	9 16.0 24	3 8.0 14	1 5.3 10	1 4.0 8	0 3.2 7	0 2.7 6	0 2.3 6	0 2.0 5	0 1.8 5	0 1.6 4	0 1.1 3	0 0.8 3
9	11 18.0 26	4 9.0 15	2 6.0 11	1 4.5 9	0 3.6 8	0 3.0 7	0 2.6 6	0 2.3 6	0 2.0 5	0 1.8 5	0 1.2 4	0 0.9 3
10	12 20.0 29	4 10.0 16	2 6.7 12	1 5.0 10	1 4.0 8	0 3.3 7	0 2.9 7	0 2.5 6	0 2.2 6	0 2.0 5	0 1.3 4	0 1.0 3
11	14 22.0 31	5 11.0 18	3 7.3 13	1 5.5 10	1 4.4 9	1 3.7 8	0 3.1 7	0 2.8 6	0 2.4 6	0 2.2 5	0 1.5 4	0 1.1 4
12	15 24.0 33	6 12.0 19	3 8.0 14	2 6.0 11	1 4.8 9	1 4.0 8	0 3.4 7	0 3.0 7	0 2.7 6	0 2.4 6	0 1.6 4	0 1.2 4
13	17 26.0 36	7 13.0 20	4 8.7 15	2 6.5 12	1 5.2 10	1 4.3 9	1 3.7 8	0 3.3 7	0 2.9 7	0 2.6 6	0 1.7 5	0 1.3 4
14	19 28.0 38	7 14.0 22	4 9.3 16	2 7.0 13	2 5.6 11	1 4.7 9	1 4.0 8	0 3.5 8	0 3.1 7	0 2.8 6	0 1.9 5	0 1.4 4
15	20 30.0 40	8 15.0 23	4 10.0 16	3 7.5 13	2 6.0 11	1 5.0 10	1 4.3 9	1 3.8 8	0 3.3 7	0 3.0 7	0 2.0 5	0 1.5 4
16	22 32.0 43	9 16.0 24	5 10.7 17	3 8.0 14	2 6.4 12	1 5.3 10	1 4.6 9	1 4.0 8	0 3.6 8	0 3.2 7	0 2.1 5	0 1.6 4
17	24 34.0 45	10 17.0 25	5 11.3 18	3 8.5 15	2 6.8 12	2 5.7 11	1 4.9 10	1 4.3 9	1 3.8 8	0 3.4 7	0 2.3 6	0 1.7 5
18	25 36.0 47	10 18.0 26	6 12.0 19	4 9.0 15	3 7.2 13	2 6.0 11	1 5.1 10	1 4.5 9	1 4.0 8	0 3.6 8	0 2.4 6	0 1.8 5
19	27 38.0 50	11 19.0 28	6 12.7 20	4 9.5 16	3 7.6 13	2 6.3 12	1 5.4 10	1 4.8 9	1 4.2 9	1 3.8 8	0 2.5 6	0 1.9 5
20	29 40.0 52	12 20.0 29	7 13.3 21	4 10.0 17	3 8.0 14	2 6.7 12	2 5.7 11	1 5.0 10	1 4.4 9	1 4.0 8	0 2.7 6	0 2.0 5
21	30 42.0 54	13 21.0 30	7 14.0 22	5 10.5 17	3 8.4 14	2 7.0 13	2 6.0 11	1 5.3 10	1 4.7 9	1 4.2 9	0 2.8 6	0 2.1 5
22	32 44.0 57	14 22.0 31	8 14.7 22	5 11.0 18	4 8.8 15	3 7.3 13	2 6.3 12	1 5.5 10	1 4.9 10	1 4.4 9	0 2.9 7	0 2.2 5
23	34 46.0 59	14 23.0 33	8 15.3 23	5 11.5 18	4 9.2 15	3 7.7 13	2 6.6 12	2 5.8 11	1 5.1 10	1 4.6 9	0 3.1 7	0 2.3 6
24	36 48.0 61	15 24.0 34	9 16.0 24	6 12.0 19	4 9.6 16	3 8.0 14	2 6.9 12	2 6.0 11	1 5.3 10	1 4.8 9	0 3.2 7	0 2.4 6
25	37 50.0 63	16 25.0 35	9 16.7 25	6 12.5 20	4 10.0 17	3 8.3 14	2 7.1 13	2 6.3 12	2 5.6 11	1 5.0 10	0 3.3 7	0 2.5 6
26	39 52.0 66	17 26.0 36	10 17.3 26	7 13.0 20	5 10.4 17	3 8.7 15	3 7.4 13	2 6.5 12	2 5.8 11	1 5.2 10	0 3.5 7	0 2.6 6
27	41 54.0 68	18 27.0 37	10 18.0 27	7 13.5 21	5 10.8 18	4 9.0 15	3 7.7 14	2 6.8 12	2 6.0 11	1 5.4 10	0 3.6 8	0 2.7 6
28	43 56.0 70	18 28.0 38	11 18.7 27	7 14.0 22	5 11.2 18	4 9.3 16	3 8.0 14	2 7.0 13	2 6.2 11	2 5.6 11	1 3.7 8	0 2.8 6
29	44 58.0 72	19 29.0 40	11 19.3 28	8 14.5 22	6 11.6 19	4 9.7 16	3 8.3 14	3 7.3 13	2 6.4 12	2 5.8 11	1 3.9 8	0 2.9 7
30	46 60.0 75	20 30.0 41	12 20.0 29	8 15.0 23	6 12.0 19	4 10.0 17	3 8.6 15	3 7.5 13	2 6.7 12	2 6.0 11	1 4.0 8	0 3.0 7
31	48 62.0 77	21 31.0 42	12 20.7 30	8 15.5 24	6 12.4 20	5 10.3 17	4 8.9 15	3 7.8 14	2 6.9 12	2 6.2 11	1 4.1 9	0 3.1 7
32	50 64.0 79	22 32.0 43	13 21.3 31	9 16.0 24	6 12.8 20	5 10.7 17	4 9.1 15	3 8.0 14	2 7.1 13	2 6.4 12	1 4.3 9	0 3.2 7
33	51 66.0 81	23 33.0 44	13 22.0 31	9 16.5 25	7 13.2 21	5 11.0 18	4 9.4 16	3 8.3 14	3 7.3 13	2 6.6 12	1 4.4 9	0 3.3 7
34	53 68.0 84	23 34.0 46	14 22.7 32	10 17.0 25	7 13.6 21	5 11.3 18	4 9.7 16	3 8.5 15	3 7.6 13	2 6.8 12	1 4.5 9	0 3.4 7
35	55 70.0 86	24 35.0 47	15 23.3 33	10 17.5 26	7 14.0 22	6 11.7 19	4 10.0 17	4 8.8 15	3 7.8 14	2 7.0 13	1 4.7 9	0 3.5 8
36	57 72.0 88	25 36.0 48	15 24.0 34	10 18.0 27	8 14.4 22	6 12.0 19	5 10.3 17	4 9.0 15	3 8.0 14	3 7.2 13	1 4.8 9	0 3.6 8
37	58 74.0 90	26 37.0 49	16 24.7 35	11 18.5 27	8 14.8 23	6 12.3 20	5 10.6 17	4 9.3 16	3 8.2 14	3 7.4 13	1 4.9 10	0 3.7 8
38	60 76.0 92	27 38.0 50	16 25.3 35	11 19.0 28	8 15.2 23	6 12.7 20	5 10.9 18	4 9.5 16	3 8.4 15	3 7.6 13	1 5.1 10	0 3.8 8
39	62 78.0 95	28 39.0 51	17 26.0 36	11 19.5 28	8 15.6 24	7 13.0 20	5 11.1 18	4 9.8 16	3 8.7 15	3 7.8 14	1 5.2 10	0 3.9 8
40	64 80.0 97	28 40.0 52	17 26.7 37	12 20.0 29	9 16.0 24	7 13.3 21	5 11.4 18	4 10.0 17	4 8.9 15	3 8.0 14	1 5.3 10	0 4.0 8

**Tabel 3.3:** 95%-betrouwbaarheidsintervallen met gemiddelden voor het te verwachte aantal overschrijdingen van het grenspercentage, afhankelijk van het aantal jaren (rijen) en de overschrijdingskans uitgedrukt in jaren (kolommen). De ondergrens staat links aangegeven, de gemiddelde waarde in het midden en de bovengrens rechts.

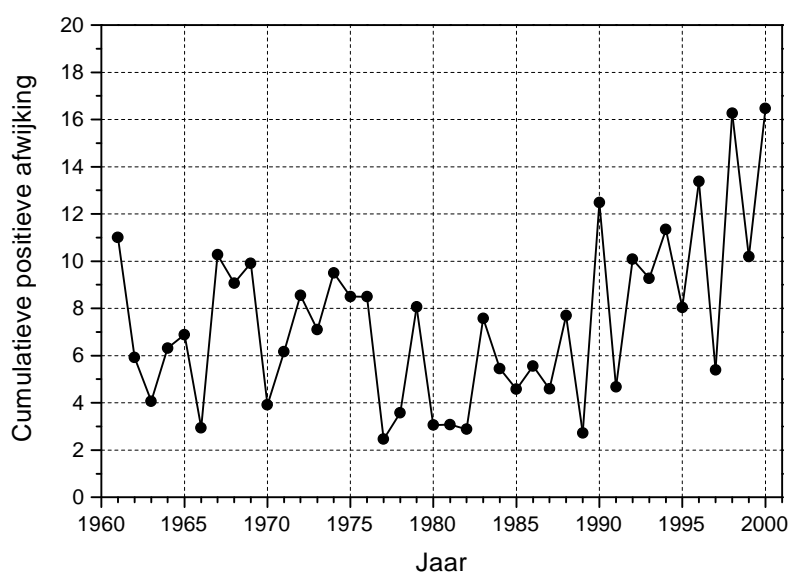


**Figuur 3.1:** Verloop van het te verwachten aantal overschrijdingen van het grenspercentage bij een overschrijdingskans van 20% (ééns per 5 jaar) met 95%-betrouwbaarheidsinterval.

## 4 Het gebruiksjaar 2000

Wanneer de gebruikspercentages van het jaar 2000 bekeken worden, dan valt direct op dat enkele percentages relatief gezien vrij hoog zijn. In dit licht is het daarom zinvol om te bekijken hoe dit jaar zich verhoudt met de gehele periode 1961-2000, maar ook met de drie onderscheiden perioden. Immers, geeft het jaar 2000 een sterke indicatie dat er een nieuwe periode met sterker (dan voorheen) afwijkend weer is aangebroken, dan dient hier bij het bepalen van het grenspercentage rekening mee te worden gehouden.

In Hoofdstuk 2.2 werd aangegeven dat bij de uiteindelijk bepaling van het grenspercentage de gehele periode 1961-2000 opgesplitst diende te worden in een drietal afzonderlijke perioden: 1961-1976, 1977-1989 en 1990-2000. Hierbij werd gebruik gemaakt van Figuur B.1 uit Appendix B (zie voor details dit deel van de appendix). Een kopie van het figuur is weergegeven door Figuur 4.1.

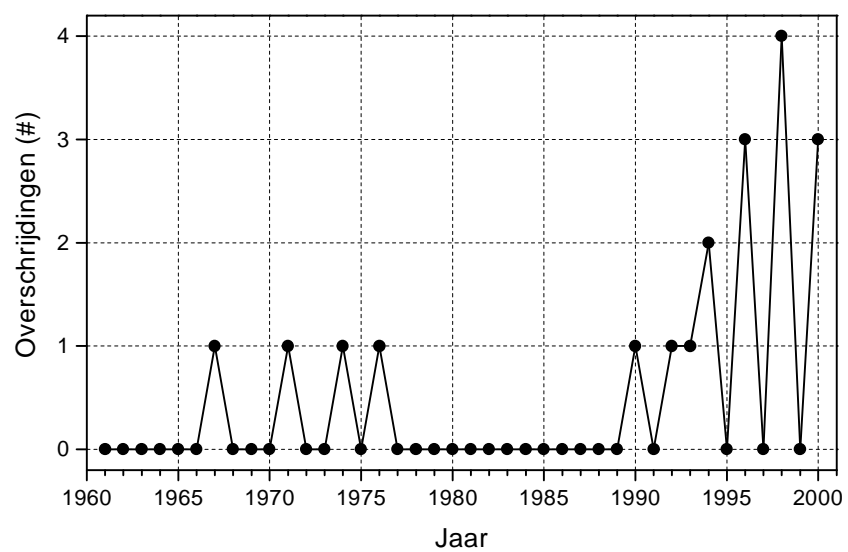


**Figuur 4.1:** Verloop van de gesommeerde positieve afwijkingen per gebruiksjaar van de gemiddelde baangebruikspercentages.

Het figuur laat zien dat het jaar 2000 een grote cumulatieve positieve afwijking kent, zelfs de grootste gedurende de totale periode. Ook het aantal overschrijdingen (3 maal) van het grenspercentage dat volgt uit Tabel 3.1 geeft aan dat dit jaar een zeer afwijkend baangebruik kent als gevolg van het weer (Figuur 4.2). Op basis van Tabel 3.3 is het aantal overschrijdingen van 3 binnen 1 jaar ook groter dan verwacht mag worden (maximaal 2 maal).

Gezien bovenstaande is het dan ook terecht dat het jaar 2000 in de periode 1990-2000 is opgedeeld, aangezien het gemiddelde niveau van de cumulatieve positieve afwijking in deze periode op een significant hoger niveau ligt ten opzichte van het gemiddelde niveau in de gehele periode 1961-2000. Omdat de afwijking in het jaar 2000 ook in de periode 1990-2000 vrij hoog is, zou gedacht kunnen worden dat het jaar 2000 het begin is van een nieuwe, nog sterker afwijkende periode. Op basis van slechts 1 jaar kan deze conclusie echter (nog) niet getrokken worden, aangezien de jaar op jaar variaties in de baangebruikspercentages behoorlijk groot zijn.

Met behulp van de in Hoofdstuk 3 beschreven methodiek zal daarom jaarlijks een evaluatie plaats dienen te vinden met behulp van het aantal overschrijdingen van het grenspercentage (op basis van Tabel 3.2). Op deze manier kan getoetst worden of vanaf het jaar 2000 een significant sterker afwijkend baangebruik heeft plaatsgevonden in vergelijking met de jaren daarvoor. Afhankelijk van de uitkomst hiervan zal het grenspercentage dan wel of niet opnieuw berekend dienen te worden.



**Figuur 4.2:** Verloop van het aantal overschrijdingen per gebruiksjaar van het grenspercentage uit Tabel 3.1.

## 5 Aanbevelingen

- Om in de toekomst na te gaan of het grenspercentage (zoals vermeld in Tabel 3.2) voldoet, moeten toekomstige overschrijdingen van het grenspercentage getoetst worden aan de te verwachte aantallen vermeld in Tabel 3.3. Om dit op een verantwoorde wijze te doen, dienen de baangebruikspercentages in minimaal 2 decimalen berekend te worden, dus in 1 decimaal meer dan nu het geval is. Als op grond van de opgetreden hoeveelheid overschrijdingen duidelijke signalen bestaan dat het grenspercentage niet meer voldoet, kan evaluatie plaatsvinden van het grenspercentage middels de methode beschreven in dit rapport.
- Verder dient benadrukt te worden dat de resultaten beschreven in dit rapport enkel betrekking hebben op het S4S2 banenstelsel dat momenteel in gebruik is op Amsterdam Airport Schiphol, gebaseerd op de aanwijzing 2002. Uitbreiding van of verandering in het banenstelsel of aanpassing van de aanwijzing 2002 betekent dat de uiteindelijke grenspercentages opnieuw berekend dienen te worden, waarbij gebruikt gemaakt kan worden van de in dit rapport beschreven methode.

## Appendices

### A Uitwerking berekeningsmethodiek grenspercentage

De meteomarge die momenteel in gebruik is wordt als volgt berekend:

$$MM = \sqrt{0.9 \cdot BGM} , \quad (\text{A.1})$$

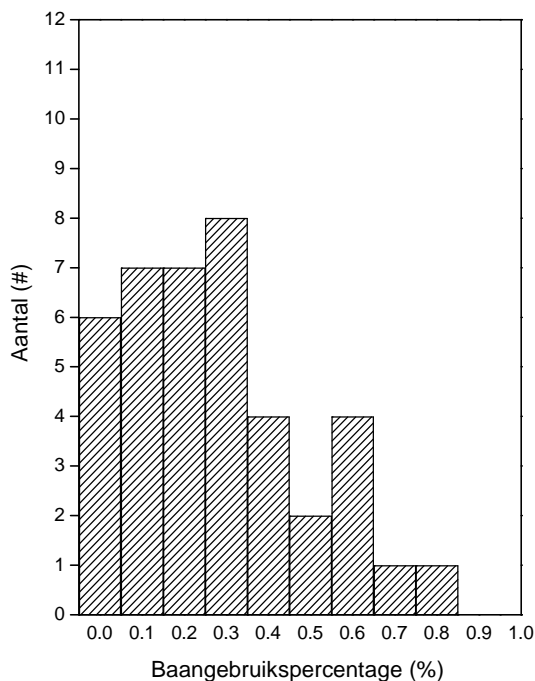
waarbij  $BGM$  het gemiddelde baangebruikspercentage voorstelt en  $MM$  de meteomarge, de extra toeslag op dit baangebruikspercentage. Uit (A.1) kan vervolgens het grenspercentage ( $BGM+MM$ ) berekend worden.

(A.1) is een functie die als enige variabele het gemiddelde baangebruikspercentage heeft. Om dit te handhaven bij de nieuwe bepaling van het grenspercentage is het dus noodzakelijk een functie te bepalen (fitten) door de vastgestelde baangebruikspercentageprognoses zoals deze zijn berekend op basis van de aanwijzing 2002. Dit is echter alleen verantwoord als de verschillende banen bepaalde eigenschappen met elkaar gemeen hebben. Hier wordt later op teruggekomen.

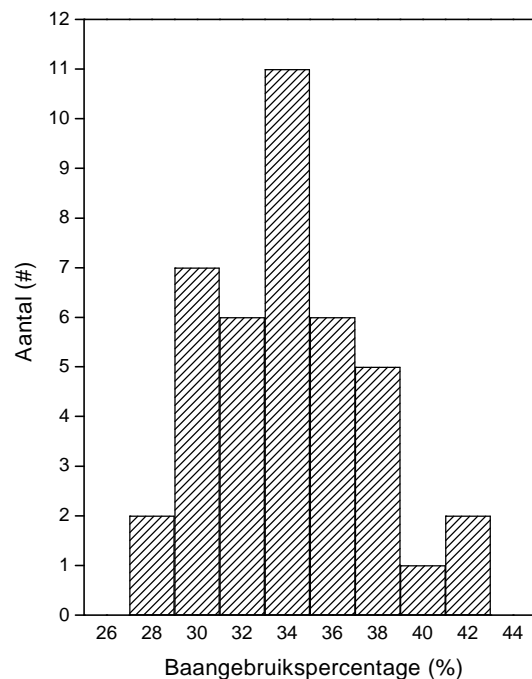
Essentieel bij het bepalen van het grenspercentage is de spreiding die in de baangebruikspercentages zit. Met behulp van een gemodelleerde spreiding is het mogelijk een kansverdeling voor de baangebruikspercentages te bepalen en hiermee de hoogte van het grenspercentage.

Voor de hand ligt om de spreiding te modelleren met de standaardafwijking. Deze standaardafwijking is voor de normale (Gaussische) verdeling een geschikte maat om de verdeling te typeren.

De baangebruikspercentages zijn echter niet voor alle banen normaal verdeeld. Banen met lage baangebruikspercentages zijn vaak duidelijk scheef naar rechts (asymmetrisch) verdeeld. Banen met hogere baangebruikspercentages hebben deze eigenschap niet en zijn wel normaal verdeeld. Figuur A.1 laat een voorbeeld zien waarbij sprake is van scheefheid naar rechts en Figuur A.2 laat een voorbeeld zien waarbij sprake is van symmetrie.



**Figuur A.1:** Histogram van baangebruikspercentages voor baan 04 (startend verkeer), gebaseerd op de periode 1961-2000.



**Figuur A.2:** Histogram van baangebruikspercentages voor baan 24 (startend verkeer), gebaseerd op de periode 1961-2000.

De standaardafwijking voor banen met lage baangebruikspercentages kan dan ook niet zondermeer toegepast worden. Om de verdeling te typeren met een normale verdeling is een transformatie nodig die de oorspronkelijke niet-normale data omzet naar data die wel normaal verdeeld zijn. Het is hierbij van belang dat banen met lage baangebruikspercentages een andere (en sterkere) transformatie nodig hebben dan banen met hogere baangebruikspercentages.

Een transformatie impliceert echter een extra complexiteit en daarom is het beter een kansverdeling te gebruiken waar de scheefheid als extra vrijheid inbegrepen is. Een geschikte kansverdeling hiervoor is de beta verdeling, een 2-parameter verdeling ( $\nu$  en  $\omega$ ) met een domein van 0 tot 1.

Voordat de parameters van de beta verdeling berekend worden, krijgen de oorspronkelijke data kunstmatig (met een random generator) een extra decimaal. Dit is nodig omdat de aangeleverde tabellen slechts in één decimaal zijn berekend (Tabel A.1 en Tabel A.2).

Jaar	Baan								
	01L	04	06	09	19R	24	27	19L	rest
1961	32.12	0.59	0.34	13.11	0.47	36.10	4.89	12.42	0.35
1962	36.65	0.27	0.21	15.00	0.33	32.61	5.25	9.83	0.12
1963	33.89	0.09	0.23	19.19	0.14	33.16	3.07	10.41	0.04
1964	36.74	0.01	0.22	18.22	0.27	30.54	3.84	10.49	0.02
1965	36.40	0.33	0.19	14.47	0.22	33.01	4.75	10.41	0.28
1966	35.04	0.01	0.23	15.04	0.12	34.58	4.48	10.94	0.02
1967	29.37	0.06	0.05	10.85	0.54	40.01	5.16	13.82	0.07
1968	37.22	0.53	0.24	19.10	0.38	29.20	3.68	9.94	0.03
1969	37.14	0.29	0.35	19.33	0.44	29.04	2.54	11.41	0.07
1970	34.16	0.17	0.24	15.18	0.16	33.95	3.90	11.97	0.33
1971	38.89	0.14	0.31	16.73	0.22	30.41	1.94	11.45	0.06
1972	36.34	0.36	0.45	18.52	0.60	29.30	2.33	12.47	0.08
1973	37.96	0.21	0.09	14.92	0.23	30.33	5.53	10.56	0.32
1974	32.46	0.19	0.22	12.92	0.93	34.42	5.10	13.79	0.32
1975	37.38	0.60	0.47	15.70	0.52	30.97	2.12	12.19	0.11
1976	39.36	0.46	0.29	18.26	0.31	27.38	3.35	10.63	0.11
1977	34.02	0.21	0.14	15.54	0.43	33.98	3.78	12.12	0.06
1978	33.38	0.25	0.22	15.56	0.42	34.28	3.39	12.65	0.02
1979	30.78	0.01	0.53	15.63	0.42	35.75	3.62	13.39	0.20
1980	34.56	0.23	0.10	16.20	0.19	33.50	3.81	11.28	0.10
1981	33.99	0.01	0.20	14.66	0.22	34.03	4.74	12.05	0.07
1982	32.99	0.02	0.20	15.47	0.19	35.47	3.06	12.47	0.02
1983	32.89	0.02	0.25	12.37	0.27	37.14	4.84	12.17	0.33
1984	36.15	0.30	0.31	16.64	0.32	31.37	3.59	11.40	0.17
1985	30.66	0.06	0.31	15.29	0.23	37.09	4.01	12.61	0.01
1986	31.89	0.28	0.18	14.51	0.42	35.79	4.63	12.34	0.16
1987	36.75	0.34	0.16	16.49	0.16	32.11	2.61	11.62	0.08
1988	31.54	0.05	0.08	12.46	0.45	37.99	4.41	13.03	0.19
1989	35.01	0.07	0.15	14.05	0.37	34.20	3.47	12.57	0.19
1990	31.64	0.41	0.19	10.57	0.55	37.09	6.51	13.06	0.27
1991	36.73	0.16	0.20	16.45	0.26	31.16	3.87	10.94	0.14
1992	31.18	0.85	0.33	13.91	0.48	35.12	5.97	12.43	0.05
1993	34.11	0.71	0.20	15.02	0.50	32.58	5.61	11.13	0.27
1994	31.50	0.15	0.21	13.51	0.35	36.00	6.58	11.61	0.30
1995	38.23	0.26	0.24	15.03	0.43	29.64	5.69	10.44	0.12
1996	36.73	0.57	0.25	20.95	0.42	27.20	3.03	10.84	0.24
1997	34.53	0.65	0.19	15.62	0.40	33.30	3.05	12.54	0.04
1998	27.42	0.21	0.21	10.57	0.39	41.50	5.84	13.58	0.46
1999	30.81	0.45	0.19	12.29	0.71	37.23	4.78	13.70	0.20
2000	27.47	0.43	0.21	9.92	0.67	41.08	3.86	16.18	0.43

**Tabel A.1:** Waarden van de baangebruikspercentages voor startend verkeer, aangepast met een extra (kunstmatig aangemaakte) tweede decimaal.

Jaar	Baan								
	01L	06	09	19R	22	24	27	01R	rest
1961	1.58	30.23	0.23	31.48	5.43	1.17	16.56	13.11	0.33
1962	1.88	34.43	0.38	26.25	5.02	1.53	16.03	14.47	0.06
1963	1.69	35.63	0.53	29.67	5.24	0.99	12.60	13.51	0.03
1964	1.73	36.49	1.00	27.66	3.69	1.00	13.84	14.61	0.02
1965	1.64	35.04	0.34	27.37	3.56	1.23	16.39	14.15	0.31
1966	1.73	33.50	0.14	28.91	4.81	1.16	15.70	14.12	0.04
1967	1.23	27.59	0.18	34.30	5.01	1.56	18.60	11.52	0.12
1968	1.75	37.43	0.92	26.39	3.96	1.06	13.34	15.00	0.01
1969	2.04	37.48	1.07	28.81	3.40	0.51	11.52	15.14	0.11
1970	1.59	33.24	0.28	30.88	3.86	0.93	15.06	13.75	0.29
1971	1.18	39.22	0.34	28.73	4.12	0.67	10.39	15.40	0.06
1972	1.06	38.02	0.62	30.10	4.19	0.90	10.69	14.27	0.08
1973	1.56	34.82	0.35	27.34	3.99	1.02	14.92	15.74	0.28
1974	1.39	31.33	0.36	31.85	4.66	1.33	16.24	12.74	0.30
1975	1.82	37.28	0.33	29.35	4.37	0.69	11.40	14.82	0.14
1976	1.27	39.72	0.54	26.40	3.25	0.77	12.30	15.52	0.10
1977	1.41	33.02	0.44	30.52	6.01	0.99	13.68	13.68	0.05
1978	2.09	32.52	0.42	31.54	4.97	1.05	13.51	13.76	0.01
1979	1.33	31.97	0.68	33.35	5.40	0.76	13.75	12.54	0.22
1980	1.90	33.94	0.74	28.81	4.68	1.04	14.46	14.30	0.08
1981	2.07	31.48	0.39	30.58	4.39	0.83	15.51	14.59	0.08
1982	1.44	31.97	0.23	32.74	5.26	1.02	13.76	13.56	0.12
1983	1.58	30.72	0.12	30.94	4.92	1.22	16.78	13.48	0.31
1984	2.24	34.58	0.44	29.38	4.17	0.91	13.13	15.24	0.13
1985	1.58	30.24	0.36	33.60	4.72	1.12	15.26	12.94	0.03
1986	1.06	33.07	0.48	29.86	5.38	1.49	16.53	12.05	0.20
1987	1.86	35.87	0.41	29.19	4.19	0.70	12.47	15.10	0.08
1988	1.64	29.57	0.33	32.13	5.20	1.29	16.62	12.96	0.25
1989	1.38	34.16	0.42	30.57	4.91	0.88	13.75	13.62	0.18
1990	0.82	30.18	0.36	30.47	5.16	1.51	19.07	11.92	0.35
1991	1.22	36.45	0.77	27.04	4.98	0.95	13.70	14.75	0.06
1992	1.34	31.27	0.83	30.31	4.66	1.30	17.55	12.37	0.06
1993	1.43	33.89	0.55	27.50	4.39	1.47	16.83	13.68	0.33
1994	1.16	30.45	1.07	28.54	4.96	1.62	19.37	12.53	0.30
1995	1.77	35.23	0.73	25.36	3.58	1.28	15.92	15.79	0.07
1996	1.26	40.61	1.86	25.55	3.75	0.72	11.53	14.35	0.05
1997	1.15	35.20	0.71	30.03	5.44	0.88	12.73	13.73	0.03
1998	1.54	25.80	0.42	34.14	5.33	1.77	19.44	11.33	0.51
1999	0.87	30.49	0.62	32.38	5.09	1.28	16.76	11.95	0.20
2000	1.50	25.84	0.51	36.64	5.73	1.28	17.25	11.17	0.39

**Tabel A.2:** Waarden van de baangebruikspercentages voor landend verkeer, aangepast met een extra, kunstmatig aangemaakte, tweede decimaal.

Door de extra tweede decimaal zijn de data beter voor verdere analyse en toetsing te gebruiken, aangezien de verdeling die gehanteerd zal worden (beta verdeling) in principe alleen geschikt is voor continue data, wat in de praktijk betekent dat de data een relatief hoge resolutie hebben. Meer gewenst, maar momenteel niet mogelijk is het aanbieden van baangebruikspercentages in twee of meer decimalen. De huidige resolutie is relatief gezien vooral laag voor banen met lage baangebruikspercentages. Daarom is de bewerking vooral van belang voor deze banen.

Verder dienen de baangebruikspercentages geschaald te worden (delen door 100) om aan het domein van de beta verdeling (0-1) te voldoen.

De parameters  $\nu$  en  $\omega$  kunnen geschat worden met behulp van de momenten schatters  $\hat{\nu}$  en  $\hat{\omega}$  (Evens *et al.*, 1993):

$$\hat{\nu} = BGM\{[BGM(1 - BGM) / BGS^2] - 1\}, \quad (\text{A.2})$$

$$\hat{\omega} = (1 - BGM)\{[BGM(1 - BGM) / BGS^2] - 1\}, \quad (\text{A.3})$$

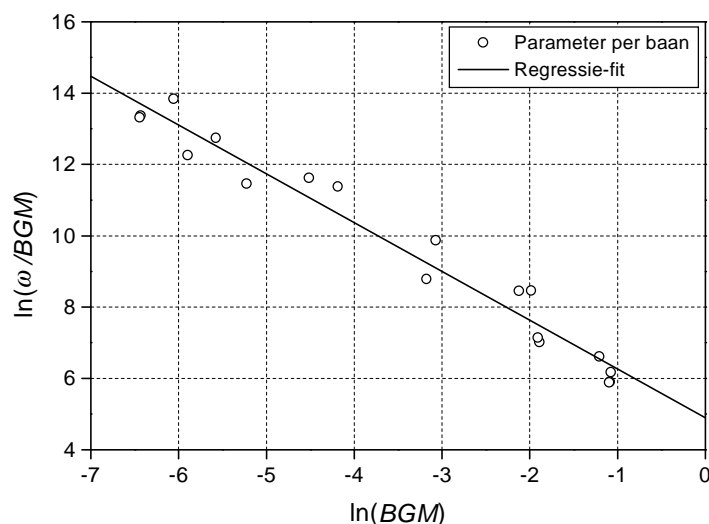
waarbij  $BGS$  staat voor de standaardafwijking van de baangebruikspercentages per baan.



Met behulp van lineaire regressie is het verband bepaald tussen de gemiddelde baangebruikspercentages ( $BGM$ ) en  $\hat{\omega}$  op basis van de periode 1961-2000. In formulevorm:

$$\hat{\omega} = BGM \cdot \exp[4.896 - 1.368 \cdot \ln(BGM)]. \quad (\text{A.4})$$

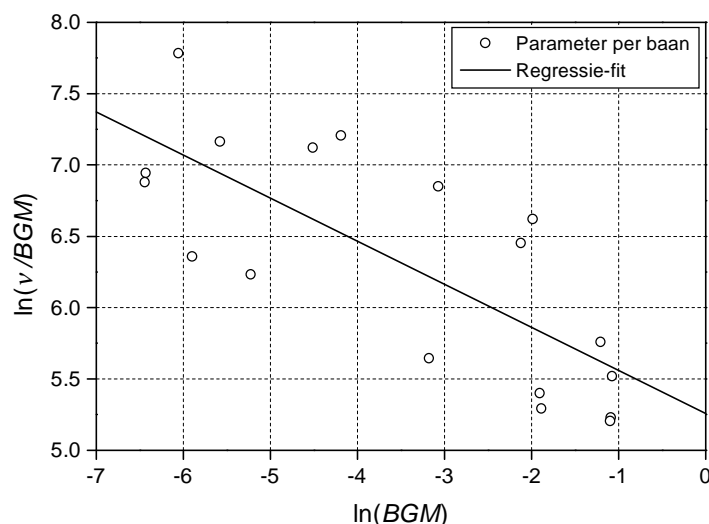
Grafisch is dit verband uitgezet in Figuur A.3. In dit figuur is  $\hat{\omega}$  gedeeld door  $BGM$  om het onderscheidende karakter van  $BGM$  beter zichtbaar te maken.



**Figuur A.3:** Modelling van  $\hat{\omega}$ .

In het vervolg zal blijken dat met het gemodelleerde verband tussen  $BGM$  en  $\hat{\omega}$  het ook mogelijk is om de parameter  $\hat{\nu}$  te berekenen. Het is daarom niet nodig om het verband te modelleren tussen  $BGM$  en  $\hat{\nu}$ . Omdat het verband tussen  $BGM$  en  $\hat{\omega}$  een sterk verklarende kracht heeft ( $R^2 = 0.96$ ), is het gerechtvaardigd en statistisch gezien ook beter om één set van parameters te gebruiken voor alle mogelijke gemiddelde baangebruikspercentages (op basis van de periode 1961-2000 resp. 4.896 en -1.368) in plaats van een set van parameters voor ieder afzonderlijke gemiddelde baangebruikspercentage. Het verband zal dan ook in het vervolg van dit onderzoek gebruikt blijven worden.

In plaats van het verband te bepalen tussen  $BGM$  en  $\hat{\omega}$  had ook het verband tussen  $BGM$  en  $\hat{\nu}$  bepaald kunnen worden (Figuur A.4). Hieruit kan dan weer  $\hat{\omega}$  berekend worden. Omdat de verklarende kracht bij dit verband een stuk kleiner is ( $R^2 = 0.58$ ) wordt het verband tussen  $BGM$  en  $\hat{\omega}$  geprefereerd.



**Figuur A.4:** Modellering van  $\hat{v}$ .

Met behulp van (A.4) kan nu uit (A.2) en (A.3)  $\hat{v}$  berekend worden:

$$\hat{v} = \frac{\hat{\omega} \cdot BGM}{1 - BGM}. \quad (\text{A.5})$$

Met behulp van (A.4) en (A.5) kan voor elk willekeurig gemiddelde baangebruikspercentage de onderliggende kansverdeling bepaald worden. Hieruit kunnen percentielen berekend worden en dus ook het grenspercentage en de daaraan gekoppelde meteomarge. De hoogte van het grenspercentage is dan ook afhankelijk van twee variabelen: enerzijds van het gemiddelde baangebruikspercentage ( $BGM$ ) en anderzijds van de overschrijdingskans ( $P$ ). De resultaten hiervan staan vermeld in Tabel 3.1. Een voorbeeld zal de toepassing verduidelijken:

Stel men wil het grenspercentage weten voor baan "09 landend". Op basis van de periode 1961-2000 is het gemiddelde baangebruikspercentage ( $BGM$ ) van deze baan gelijk aan 0.53%. Verder wordt gesteld dat de uiteindelijke meteomarge betrekking moet hebben op een overschrijdingskans per jaar van 25% (gelijk aan ééns per 4 jaar i.p.v. de momenteel in gebruik zijnde ééns per 5 jaar).

De eerste stap is het bepalen van de parameters van de beta verdeling. Uit (A.4) en (A.5) volgt:

$$-\hat{\omega} = 0.0053 \cdot \exp[4.896 - 1.368 \cdot \ln(0.0053)] = 919.048,$$

$$-\hat{v} = \frac{919.048 \cdot 0.0053}{1 - 0.0053} = 4.897.$$

De overschrijdingskans van 25% geldt voor alle banen tezamen (afzonderlijk voor start- en landingsbanen, dus negen in totaal). De overschrijdingskans per baan is daarom 2.78% (ééns per 36 jaar) en het percentiel dat bepaald moet worden is dan ook het 97.22-percentiel. Dit percentiel van de beta verdeling met parameters 4.897 en 919.048 is gelijk aan 0.0107 (met behulp van de incomplete beta functie, zie Pearson (1968)), waardoor het grenspercentage voor baan "09 landend" gelijk is 1.07%. De waarde van de meteomarge is dan gelijk aan  $1.07 - 0.53 = 0.54\%$  ( $MM = GP - BGM$ ).

Wanneer in plaats van de 25%-overschrijdingskans gewerkt wordt met een overschrijdingskans van 20% dient in plaats van het 97.22-percentiel het 97.78-percentiel van de beta verdeling gehanteerd te worden.

Merk op dat het resulterend grenspercentage van 1.07% in bovenstaand voorbeeld niet gelijk is aan de waarde vermeld in Tabel 3.1 (1.08%) als gevolg van het voortijdig afronden van getallen in het voorbeeld.

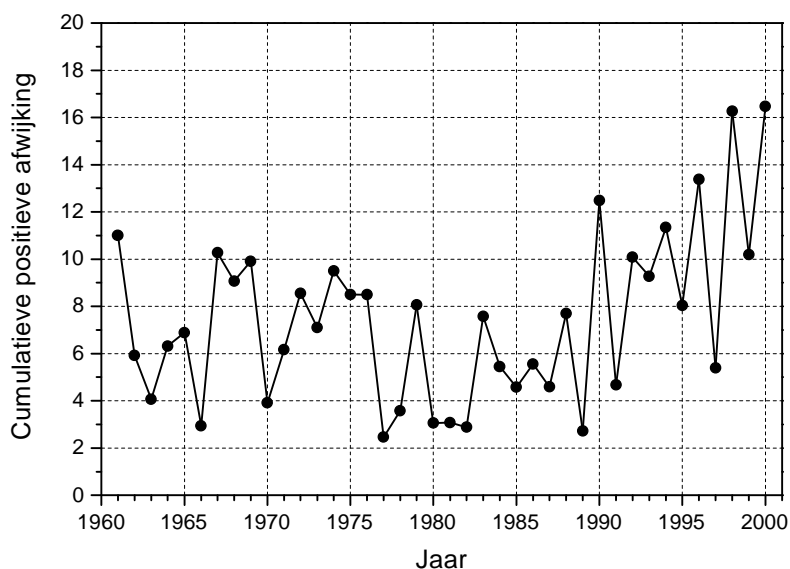
## B Uitwerking bepaling referentieperiode

Wanneer de parameters gebruikt worden zoals die in Appendix A berekend zijn, wordt er niet rekening gehouden met clustering in het optreden van afwijkend baangebruik. Er bestaat echter een sterk vermoeden dat clustering plaatsvindt, getuige de vele overschrijdingen van het grenspercentage dat momenteel in gebruik is tijdens de laatste jaren (vanaf 1990).

Om voor deze clustering te corrigeren dient binnen de totale periode een aantal periodes geselecteerd te worden, waarbinnen de onderliggende verdeling van het baangebruik afwijkt van de verdeling die geldt voor de gehele periode. Vervolgens kan die periode waarbij het baangebruik het meest afwijkt gebruikt worden als basis voor het bepalen van het grenspercentage.

Allereerst dienen de periodes geselecteerd te worden waarvoor de clustering geldt. Dit kan op verschillende manieren.

Aangezien alleen overschrijdingen van het grenspercentage (dus aan de rechterkant van de verdeling) van belang zijn, is een manier om de positieve afwijkingen van de baangebruikspercentages ten opzichte van het 50%-percentiel van de baangebruikspercentages te sommeren over de verschillende banen per jaar. Hierbij moeten de afwijkingen geschaald worden, zodat banen met lage gebruikpercentages evenveel gewicht krijgen als banen met hoge gebruikpercentages. Het resultaat hiervan is te zien in Figuur B.1.



**Figuur B.1:** Verloop van de gesommeerde positieve afwijkingen van de gemiddelde baangebruikspercentages.

Op de reeks in Figuur B.1 is een homogeniteitstest uitgevoerd waaruit gebleken is dat de reeks niet homogeen is. Visueel gezien is dit niet verassend, aangezien in het figuur een periode (1990-2000) te onderscheiden is die op het oog duidelijk afwijkt van de overige jaren. Ook statistisch blijkt dit het geval te zijn. Iets minder duidelijk met het oog te onderscheiden, maar ook significant verschillend zijn de perioden 1961-1976 en 1977-1989. Deze drie perioden kunnen daarom als afzonderlijke perioden beschouwd worden. Vooral de periode 1990-2000 onderscheidt zich van de jaren daarvoor met relatief grote afwijkingen. Dit gedrag is ook te herkennen in de hoeveelheid overschrijdingen van het grenspercentage (berekend zoals beschreven in Appendix A) in deze periode op basis van een overschrijdingkans van ééns per vijf jaar (20%). In 11 jaar tijd vinden er 15 overschrijdingen plaats terwijl op grond van Tabel 3.3 maximaal 9 overschrijdingen verwacht mogen worden. Ook in de periode 1977-1989 is het aantal overschrijdingen anders dan op grond van Tabel 3.3 verwacht mag worden. Er zijn in deze periode (lengte 13 jaar) namelijk geen overschrijdingen terwijl er minimaal 1 verwacht mag worden. Het aantal overschrijdingen in de periode 1961-1976 bevindt zich wel in het 95%-betrouwbaarheidsinterval. In deze periode (lengte 16 jaar) vinden 4 overschrijdingen plaats, terwijl de

ondergrens 2 en de bovengrens 12 is. Vreemd is dit niet, aangezien het gemiddelde niveau van deze periode zich bevindt tussen het niveau van de periode 1977-1989 en die van de periode 1990-2000.

Op basis van bovenstaande lijkt het voor de hand te liggen om periode 3 (1990-2000) te gebruiken als referentieperiode en niet periode 1 (1961-1976) of periode 2 (1977-1989). Om dit nader te onderzoeken is het grenspercentage per baan berekend waarbij elk van de drie perioden als referentieperiode gebruikt is. Vervolgens is gekeken welke periode het hoogste grenspercentage produceert. De resultaten hiervan staan in Tabel B.1. Omdat het grenspercentage afhankelijk is van het gemiddelde niveau van de gebruikpercentages en van de spreiding in de gebruikpercentages, kan het zo zijn dat de periode die het hoogste grenspercentage produceert niet voor alle overschrijdingskansen gelijk is. Om deze reden is gekeken naar de periode die het hoogste grenspercentage produceert per baan maar ook per overschrijdingskans.

Baan		Overschrijdingskans uitgedrukt in jaren											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
01L	startend	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
04	startend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
06	startend	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
09	startend	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19R	startend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	startend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
27	startend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19L	startend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	rest	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
01L	landend	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
06	landend	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
09	landend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19R	landend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
22	landend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
24	landend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
27	landend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
01R	landend	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rest	landend	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1

**Tabel B.1:** Periode waarbij het grenspercentage het hoogst is, per baan en per overschrijdingskans.

Tabel B.1 laat duidelijk zien dat voor de meeste banen (12 in aantal) periode 3 het hoogste grenspercentage produceert, wat geldt voor alle overschrijdingskansen. De resterende banen (6 in aantal) hebben een hoogste grenspercentage uit periode 1 en dus geen enkele baan uit periode 2. Opnieuw een reden om periode 3 als referentieperiode te nemen.

Een andere methode om te bepalen welke periode het beste als referentieperiode kan dienen, is het bekijken van het aantal overschrijdingen per periode op basis van de grenspercentages die zijn berekend op basis van de drie afzonderlijke referentieperiodes. Het resultaat hiervan is te zien in Tabel B.2, waarin eveneens de bovengrens en het gemiddelde van het te verwachte aantal overschrijdingen per periode genoteerd zijn (op basis van Tabel 3.3). Omdat Tabel B.1 laat zien dat de verschillen tussen de overschrijdingskansen minimaal is, zijn de overschrijdingen berekend op basis van een overschrijdingskans van één per 5 jaar.

	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Gehele periode
Referentieperiode 1	5	1	20	26
Referentieperiode 2	36	4	39	79
Referentieperiode 3	6	2	5	13
Gehele periode	4	0	15	19
Bovengrens	12	10	9	24
Gemiddelde	6.4	5.2	4.4	16.0

**Tabel B.2:** Aantal overschrijdingen van het grenspercentage per periode (kolommen), en per berekeningsmethode (eerste 4 rijen). Verder zijn gegeven de bovengrens en het gemiddelde van het te verwachte aantal overschrijdingen per periode. Overschrijdingskans is één per 5 jaar.

Tabel B.2 laat het volgende zien:

- Het grenspercentage dat gebaseerd is op referentieperiode 1 geeft te veel overschrijdingen in de gehele periode (26 t.o.v. 24), voornamelijk voorkomend in periode 3 (20 t.o.v. 9).
- Het grenspercentage dat gebaseerd is op referentieperiode 2 levert een zeer groot aantal overschrijdingen (79 t.o.v. 24), geconcentreerd in periode 1 (36 t.o.v.12) en periode 3 (39 t.o.v. 9).
- Het grenspercentage dat gebaseerd is op referentieperiode 3 geeft voor geen enkele periode te veel overschrijdingen.
- Het grenspercentage dat gebaseerd is op de gehele periode geeft weliswaar niet te veel overschrijdingen gedurende de gehele periode (19 t.o.v. 24), maar wel gedurende periode 3 (15 t.o.v. 9).

Op basis van bovenstaande kan gesteld worden dat referentieperiode 3 de enige periode is waarbij als gevolg van clustering niet te veel overschrijdingen plaatsvinden binnen een bepaalde periode, dus ook niet binnen de perioden waarop het grenspercentage niet gebaseerd is (periode 1 en 2), wat een belangrijke voorwaarde is voor een geschikte referentieperiode. De periode 1990-2000 zal derhalve gebruikt worden bij het bepalen van het uiteindelijke grenspercentage.

Op basis van referentieperiode 3 kan de meteomarge berekend worden zoals in Appendix A beschreven staat. Het hierbij gebruikte verband tussen  $BGM$  en  $\hat{\omega}$  is nu:

$$\hat{\omega} = BGM \cdot \exp[4.050 - 1.610 \cdot \ln(BGM)]. \quad (\text{B.1})$$

De resultaten hiervan staan vermeld in Tabel 3.2. Het voorbeeld van Appendix A zal opnieuw de toepassing verduidelijken:

Stel dat men opnieuw het grenspercentage wil weten voor baan "09 landend". Op basis van de periode 1990-2000 is het gemiddelde baangebruikspercentage ( $BGM$ ) van deze baan gelijk aan 0.76%. Verder wordt opnieuw gesteld dat het uiteindelijke grenspercentage betrekking moet hebben op een overschrijdingskans per jaar van 25%.

De parameters van de beta verdeling kunnen uit (B.1) en (A.5) berekend worden:

$$-\hat{\omega} = 0.0076 \cdot \exp[4.050 - 1.610 \cdot \ln(0.0076)] = 1126.150 ,$$

$$-\hat{\nu} = \frac{1126.150 \cdot 0.0076}{1 - 0.0076} = 8.624 .$$

Zoals in het voorbeeld van Appendix A, dient bij een overschrijdingskans van 25% het 97.22-percentiel gebruikt te worden. Dit percentiel van de beta verdeling met parameters 8.624 en 1126.150 is gelijk aan 0.0133, waardoor het grenspercentage voor baan "09 landend" gelijk is aan 1.33% en de meteomarge gelijk is aan 0.57% (1.33-0.76).

## C Bepaling betrouwbaarheidsinterval

In dit deel van de appendix staat de methode beschreven die is gebruikt bij het bepalen van de betrouwbaarheidsintervallen van het te verwachte aantal overschrijdingen van het grenspercentage die vermeld staan in Tabel 3.3.

Het wel dan niet overschrijden van het grenspercentage van een individueel baangebruikspercentage kan gezien worden als een binomiaal experiment. In formulevorm:

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k \cdot (1-p)^{n-k}, \quad (\text{C.1})$$

waarbij  $X$  het aantal overschrijdingen voorstelt,  $k$  een realisatie van het aantal overschrijdingen,  $P(X = k)$  de kans op  $k$  overschrijdingen,  $n$  het aantal jaren dat beschouwd wordt vermenigvuldigd met het totaal aantal banen (het aantal experimenten), en  $p$  de kans op een individuele overschrijding.

De ondergrens van het 95%-betrouwheidsinterval is nu gelijk aan de maximale  $j$  waarvoor geldt:

$$\sum_{k=0}^j P(X = k) \leq 0.025. \quad (\text{C.2})$$

Op dezelfde wijze is de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval gelijk aan de maximale  $j$  waarvoor geldt:

$$\sum_{k=0}^j P(X = k) \leq 0.975. \quad (\text{C.3})$$

$p$  kan bepaald worden uit de kans op een overschrijding voor alle banen tezamen (start- en landingsbanen afzonderlijk). Als dit ééns in de 5 jaar is, dan is de kans op overschrijding voor één individuele baan ééns in de 45 (= 5 jaar · 9 startbanen/landingsbanen) jaar.  $p$  is dan gelijk aan 0.022. Stel vervolgens dat we het betrouwbaarheidsinterval willen bepalen dat geldt voor een periode van 10 jaar. Voor deze periode is het aantal experimenten ( $n$ ) gelijk aan 180 (= 10 jaar · 18 banen).

## Literatuur

Evans, Merran, Hastings Nicholas and Peacock, Brian, 1993. *Statistical Distributions*, second edition. Wiley-Interscience, New York, 170 p.

Pearson, K., ed., 1968. *Tables of Incomplete Beta Functions*, second edition. Cambridge University Press.