

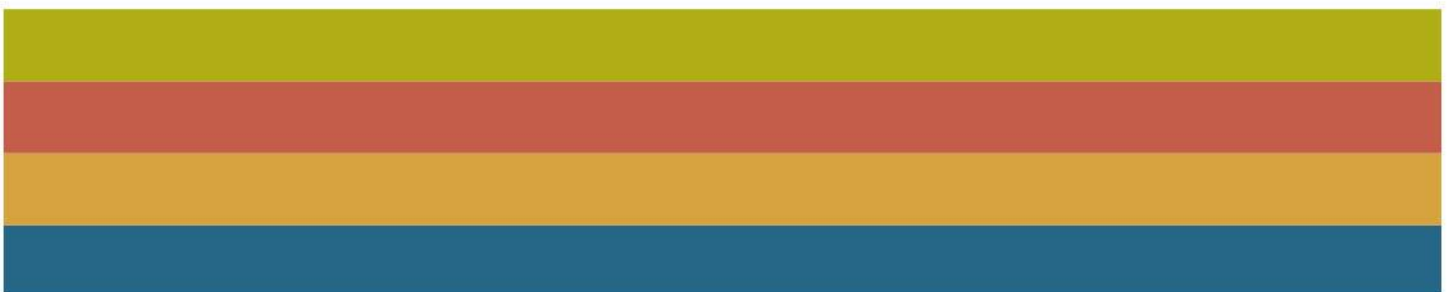


Commissie voor de  
**milieueffectrapportage**

# Nieuw Normen- en Handhavingstelsel Schiphol

Tussentijdse toetsing effecten geluidsarmere start- en landingsprocedures

Datum: 25 augustus 2016 / projectnummer: 3052





# 1. Samenvatting en conclusies

De luchthaven Schiphol wil in de toekomst overgaan tot het breed instellen van geluid-armere start- en landingsprocedures om zo geluidwinst te boeken.<sup>1</sup> Een deel van deze winst wordt gebruikt om verdere groei van de luchthaven mogelijk te maken. Omdat de omgeving twijfelt aan de positieve effecten van deze nieuwe procedures, heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) de Commissie voor de milieueffectrapportage<sup>2</sup> gevraagd om zich uit te spreken over de juistheid van de veronderstelde geluideffecten.

De omvang van die effecten wordt bepaald aan de hand van berekeningen en niet met metingen. En die berekeningen worden uitgevoerd met een specifiek voor Schiphol vastgesteld rekenvoorschrift (hierna NL-voorschrift)<sup>3</sup>. Om de vraag van I&M te kunnen beantwoorden heeft de Commissie geen berekeningen of gegevens gecontroleerd die zijn aangeleverd door Schiphol, maar zelf verschillende berekeningen met het NL-voorschrift uitgevoerd. Daarbij is onderzocht waar op de grond de geluidbelasting van de oude vliegprocedures verschilt van de geluidbelasting van de nieuwe procedures en wat die verschillen verklaart. De absolute niveaus zijn niet beschouwd. In dat kader heeft de Commissie de gevoeligheid van de geschatte geluidwinst voor bepaalde invoergegevens onderzocht en daarbij vergelijkingen gemaakt met internationaal gehanteerde rekenmethoden. Daarnaast is een steekproef van reëel gevlogen hoogteprofielen<sup>4</sup> vergeleken met de theoretische profielen uit het NL-voorschrift. Deze vergelijking geeft een indruk van de mate waarin vluchten nu al conform de nieuwe procedures worden gevlogen en dus van de mate waarin een berekende geluidwinst ook effectief wordt behaald.

Op grond van de uitgevoerde berekeningen komt de Commissie tot de volgende bevindingen:

- De factoren die het effect van wijzigen van de start- en landingsprocedure op de geluidbelasting bepalen zijn de vlieghoogte en –snelheid, de geluiddempende werking van de bodem (de ‘laterale demping’) en de stuwkracht van de motoren.
- Met het NL-voorschrift konden de geclaimde effecten van wijzigen van de start- en landingsprocedures worden gereproduceerd:
  - bij wijzigen van de startprocedure wordt onder de vliegroute een toename van de geluidbelasting berekend, en links en rechts daarvan een afname;
  - bij wijzigen van de landingsprocedure wordt zowel onder de vliegroute als links en rechts daarvan een afname berekend.

---

<sup>1</sup> Deze procedures zijn oorspronkelijk ontwikkeld om het brandstofverbruik bij starten en landen terug te dringen.

<sup>2</sup> De samenstelling van de werkgroep van de Commissie vindt u in bijlage 1 van dit advies.

<sup>3</sup> De informatie die moet worden verzameld en gehanteerd bij het berekenen van de geluidbelasting rond Schiphol — bijvoorbeeld in het kader van een MER of gebruiksprognoses —, is vastgelegd in de Regeling milieu-informatie luchthaven Schiphol (RMI) en onderliggende documenten zoals de Appendices (zie ref. [3] in Bijlage 1 van dit advies). De Appendices delen vliegtuigtypes in in categorieën en bevatten per categorie standaardgegevens, zoals de geluidproductie.

<sup>4</sup> Het hoogteprofiel beschrijft de vlieghoogte als functie van de afstand tot de start of landing. Andere in dit advies voorkomende profielen zijn het snelheids- en stuwkrachtprofiel die de snelheid en stuwkracht als functie van de afstand tot de start of landing beschrijven.

- Het NL-rekenvoorschrift leidt echter tot resultaten die afwijken van de resultaten verkregen met actuelere rekenvoorschriften en studies:
  - In vergelijking daarmee overschat het NL-voorschrift de invloed van de geluid-dempende werking van de bodem. Met name bij het starten leidt dat tot een overschatting van het gunstige effect van een procedurewijziging. Bij het landen wordt het effect onderschat.
  - Gebruik van verouderde stuwkrachtgegevens leidt ertoe dat het gunstige effect van wijzigen van de startprocedure te hoog wordt ingeschat.

Op grond van het onderzoek van reëel gevlogen profielen komt de Commissie tot de volgende bevindingen:

- Uit beschikbaar gestelde, reëel gevlogen hoogte- en snelheidsprofielen van de KLM-vloot is af te leiden dat door het invoeren van de nieuwe startprocedure<sup>5</sup> er ook een werkelijke verschuiving in snelheid en hoogte heeft plaatsgevonden die overeenkomt met de gemodelleerde verschuiving. Een door de Commissie uitgevoerde steekproef van vliegprofielen bevestigt deze bevindingen.
- De wijze waarop luchthaven Schiphol landingen die conform de geluidarme procedure zijn uitgevoerd, onderscheidt van landingen die dat niet zijn, is in overeenstemming met het voorschrift dat daarvoor is opgesteld.
- Landingen die als geluidarm worden aangemerkt, hebben ook het daarbij behorende hoogte- en snelheidsprofiel.
- 's Nachts wordt de meerderheid van de landingen volgens de nieuwe procedure uitgevoerd. Overdag gaat het om ongeveer 30% van de landingen.

Omdat de uitgevoerde berekeningen slechts op twee typen toestellen betrekking hebben, kunnen de bevindingen omtrent de gebruikte stuwkrachtprofielen niet zonder meer worden gegeneraliseerd. De toestellen zijn wel representatief voor een significant deel van de vliegtuigvloot die Schiphol aandoet.

Naar het oordeel van de Commissie, zijn de bevindingen van dien aard dat ze adviseert om de methoden aan te passen waarmee het effect van wijzigingen in de start- en landingsprocedures op de hoogte en de verdeling van de geluidbelasting rond luchthaven Schiphol wordt berekend. Een deel van de beoogde groei van Schiphol is immers op die geluidwinst gebaseerd.

De bevindingen wijzen erop dat de voorgestelde hinderbeperkende maatregelen minder geluidruimte opleveren voor de verdere groei van de luchthaven Schiphol dan berekend met het NL-voorschrift. Daarom adviseert de Commissie eerst de methoden te actualiseren waarmee de geluidwinst wordt berekend die het gevolg is van wijzigen van de start- en landingsprocedures, en pas daarna te besluiten over verdeling van de beschikbaar komende geluidruimte.

---

<sup>5</sup> KLM past deze nieuwe procedures al toe sinds april 2014.

## 2. Vraagstelling, uitvoering en afbakening

### 2.1 Vraagstelling

De luchthaven Schiphol heeft het voornemen om in de toekomst over te gaan tot het breed instellen van geluidarmere start- en landingsprocedures.<sup>5</sup> Met deze procedures zou geluidwinst worden geboekt in de gebieden die zich op enige afstand aan weerszijde van de start- en landingsroutes bevinden. Direct onder de routes zouden de nieuwe procedures een hogere belasting veroorzaken. Maar omdat het oppervlak van het meer belaste gebied kleiner is en de bevolkingsdichtheid er lager is, wordt een aanmerkelijke afname van het aantal geluidgehinderden en van het aantal geluidbelaste woningen verwacht.

Door de omgeving wordt getwijfeld aan de positieve effecten van deze nieuwe procedures, met name aan de effecten van de nieuwe startprocedure. Volgens de omgeving is eerder sprake van een tegengesteld effect. Daarom heeft het Ministerie van I&M de Commissie gevraagd de nieuwe procedures te beoordelen en zich uit te spreken over de plausibiliteit van de veronderstelde geluideffecten. Daartoe beantwoordt de Commissie de volgende vragen:

- Wat houden de (nieuwe) start- en landingsprocedures in en wat wordt ermee beoogd? Hoe worden ze gemodelleerd en welke informatie (o.a. over het vliegverkeer) is daarvoor nodig?
- Wat schrijft de RMI<sup>3</sup> voor over de rekenmethode en de te verzamelen informatie, en is daarmee de geluidbelasting rond Schiphol berekend?
- Wat is het berekende effect van het toepassen van de verschillende procedures?
- Hoe zijn berekende verschuivingen in geluidbelasting op grondniveau te verklaren? Is het beeld conform de verwachting en zijn de berekende effecten dus plausibel?
- Is het effect van vliegen volgens de nieuwe procedures, zoals berekend met het voorgeschreven rekenmodel vergelijkbaar met het effect dat wordt berekend op basis van internationale rekschriften?
- Is het de verwachting dat voorschrijven van een andere procedure in de praktijk leidt tot vliegen conform die procedure?

### 2.2 Uitvoering

De Commissie heeft met een werkgroep van deskundigen en gebruik makend van berekeningen en analyses die door M+P raadgevende ingenieurs BV zijn uitgevoerd, de benodigde informatie verzameld. Zo zijn rekenvoorschriften en gebruikte invoergegevens geanalyseerd, vergelijkende berekeningen uitgevoerd en is een steekproef van gevlogen profielen onderzocht. Deze informatie is in verschillende fasen verzameld en in de vorm van een discussiedocument besproken in een aantal Commissievergaderingen. Ze vormt de basis voor de conclusies van de Commissie.

## 2.3 Afbakening van het onderzoek

De geluidbelasting bij starten en landen van vliegtuigen is afhankelijk van een groot aantal factoren. Van invloed zijn onder andere het vliegtuig- en motortype en het startgewicht, de wijze van klimmen en dalen (snelheid, stuwkracht, gebruik van flaps en slats<sup>6</sup>, al of niet afbuigen) en van omgevingsomstandigheden zoals de luchtdruk en -vochtigheid. Die laatste worden in alle berekeningen constant gehouden. Onderzocht zijn de effecten van veranderingen in de vliegtuigsnelheid, de snelheid van klimmen en dalen en de stuwkracht op de hoogte en de verdeling van de geluidbelasting op de grond.

De variatie in vliegtuigtypen die op Schiphol vliegen, is aanzienlijk. Hetzelfde geldt voor de motortypen per vliegtuigtype. Bovendien is de vliegtuigvloot per maatschappij anders. Om efficiënt te kunnen rekenen aan de geluidbelasting rond Schiphol is het gebruikelijk om alle voorkomende typen en uitvoeringen vliegtuigen over een 19-tal vliegtuigklassen te verdelen. De verschillende typen binnen één klasse worden qua geluidproductie en vlieggedrag min of meer vergelijkbaar verondersteld. Iedere klasse wordt door een bepaald vliegtuigtype gedomineerd (zie Bijlage 2, [Tabel I](#)). Het onderzoek heeft zich geconcentreerd op twee qua grootte en startgewicht erg verschillende vliegtuigcategorieën, namelijk categorieën 469 en 39, en daarmee op de toestellen die qua geluideigenschappen representatief zijn voor deze categorieën, respectievelijk de Boeing 737-300 HWFAP en de Boeing 747-400. De eerste wordt representatief geacht voor het middelzware segment en de laatste in het zware segment. De toestellen zijn representatief voor een significant deel van de vliegtuigvloot die Schiphol aandoet. In het verdere advies wordt voor de eenvoud niet de vliegtuigcategorie genoemd maar het vliegtuigtype dat deze categorie vertegenwoordigt, afgekort als respectievelijk B737 en B747.

Van de eerder genoemde factoren wordt in kaart gebracht wat, volgens de voorgeschreven rekenmethode, hun bijdrage is aan de verdeling van de geluidbelasting in het gebied onder het vliegpad<sup>7</sup>. Daarnaast worden vergelijkingen gemaakt met bijdragen zoals bepaald met rekenvoorschriften die andere landen gebruiken, i.c. het geharmoniseerde Europese rekenvoorschrift, Doc29 [4]. Deze vergelijkingen zijn uitdrukkelijk niet bedoeld om de geluidbelasting die is berekend voor het MER NNHS<sup>8</sup> te controleren, maar om aannames achter rekenregels en de veronderstelde effecten van verschillende beïnvloedende factoren op verschillende manieren in kaart te brengen en te beoordelen.

Specifiek voor de landingsprocedure is, op verzoek van de bewonersdelegatie in de Omgevingsraad Schiphol,<sup>9</sup> ook aandacht besteed aan “vectoring”<sup>10</sup> van landende vliegtuigen. Als gevolg daarvan kunnen afwijkingen van het optimale vliegpad ontstaan waardoor

---

<sup>6</sup> Uitschuifbare of verstelbare delen van de vleugel van een vliegtuig die worden gebruikt om tijdens start en landing de draagkracht te vergroten en zo met lagere snelheid te kunnen vliegen.

<sup>7</sup> = de gevolgde start- of landingsroute.

<sup>8</sup> Het milieueffectrapport voor het nieuwe normen- en handhavingstelsel Schiphol.

<sup>9</sup> Mail van de clustervertegenwoordiger Kaagbaan in de Omgevingsraad Schiphol aan de Commissie dd. 18 mei 2016.

<sup>10</sup> Dirigeren van vliegtuigen richting de landingsbaan door de luchtverkeersleiding (zie ook par. 6.3 van dit advies).

mogelijk niet in overeenstemming met de geluidarme procedure wordt gevlogen. Naarmate vaker van het optimum wordt afgeweken — bijvoorbeeld bij grote drukte overdag — zal het aantal geluidarme landingen afnemen. Onderzocht is in hoeverre landingen die als geluidarm worden aangemerkt ook voldoen aan de kenmerken die daarvoor zijn gedefinieerd.

### 3. Leeswijzer

De rest van het advies is opgebouwd als volgt:

- Eerst wordt ingegaan op wat vliegtuiggeluid onderscheid van geluid afkomstig van weg- en railverkeer en wat dit betekent voor het berekenen van vliegtuiggeluid (hoofdstuk 4);
- Vervolgens worden de kenmerken van de huidige en nieuwe start- en landingsprocedures en de wijze waarop ze worden gemodelleerd uiteengezet. Oud en nieuw worden met elkaar vergeleken en de bijdragen van verschillende factoren die de geluidbelasting beïnvloeden, worden in kaart gebracht (hoofdstuk 5);
- In hoofdstuk 6 worden de uitgangspunten en resultaten van het voorgeschreven rekenmodel in perspectief geplaatst door ze te vergelijken met die van voorschriften en studies die in andere landen worden gehanteerd. De resultaten uit dat hoofdstuk geven een beeld van de gevoeligheid van de geschatte geluidwinst voor bepaalde invoerparameters en van de onzekerheid in de schattingen;
- Tenslotte wordt in hoofdstuk 7 een steekproef van reëel gevlogen hoogteprofielen vergeleken met de profielen waarvan bij de modelberekeningen is uitgegaan. De vergelijking geeft een indruk van de mate waarin in overeenstemming met de uitgangspunten van het NL-voorschrift wordt gevlogen en de berekende geluidwinst dus ook wordt behaald.

Wordt in de tekst verwezen naar een [tabel](#) of [figuur](#), dan vindt u die in respectievelijk bijlage 2 en 3 bij dit advies. In de digitale tekstversie zijn [links](#) naar de tabellen en figuren opgenomen. De links in de bijlagen (aangegeven met {NAAR TEKST}) leiden naar de eerste tekstverwijzing van de betreffende figuur of tabel. Literatuurverwijzingen staan in bijlage 1.



## 4. Principes berekenen vliegtuiggeluid

### 4.1 Specifieke kenmerken

De rekenmethode voor vliegtuiggeluid wijkt sterk af van die voor weg- en railverkeer omdat het verkeersgedrag en de relevante geluidparameters volstrekt anders zijn. Voor weg- of railverkeer ligt de positie van de bron redelijk nauwkeurig vast en hebben individuele voertuigkenmerken een tamelijk kleine invloed. Met een beperkt aantal parameters zoals het wegdek/baantype, de snelheid en de remvoorziening is de bronsterkte vast te leggen. Motorgeluid is alleen bij lage snelheid nog relevant.

De situatie voor vliegverkeer wijkt sterk hiervan af. Motorgeluid is de bepalende geluidbron bij zowel start als landing.<sup>11</sup> De geluidproductie van de motor wordt sterk bepaald door het type motor en door de geleverde stuwkracht. Een stil type met weinig stuwkracht kan wel 30 dB stiller zijn dan een lawaaiig type op vol vermogen.

De positie en snelheid van het vliegtuig kennen een grotere variatie in x-, y- en z-richting dan die van weg- en railverkeer. Ze worden onder andere beïnvloed door de meteorologische omstandigheden (zoals windsnelheid en -richting<sup>12</sup>) en door het verkeersaanbod, dat bepalend is voor de instructies van de verkeersleiding en keuzes van de piloot over het gevolgde vliegpad. De geluidoverdracht wordt berekend over grote afstanden en voor wisselende weersomstandigheden. Damping door afscherming en bodemeffecten is daarbij minder complex en luchtdemping<sup>13</sup> (door de grotere afstanden) belangrijker dan bij weg- en railverkeer.

Zonder vereenvoudiging is het onhaalbaar om de totale hoeveelheid geluid tijdens de passage van een individueel vliegtuig nauwkeurig te berekenen. De vereenvoudiging houdt in dat met vaste patronen en getallen wordt gerekend, die zo zijn gekozen dat ze de gemiddelde werkelijkheid zo goed mogelijk representeren.<sup>14</sup> Deze patronen en getallen zijn vastgelegd in 'geluidtabellen' en in 'prestatietabellen'.

Het voor weg- en railverkeer gebruikelijke onderscheid tussen bepaling van de bronsterkte en van de demping tijdens de overdracht is afwezig. Ze zijn gecombineerd in de genoemde geluidtabellen met voor elk toesteltype de relatie tussen de stuwkracht<sup>15</sup> en

---

<sup>11</sup> Bij de landing is de bijdrage van stromingsgeluid belangrijk. De relatief belang van deze component neemt toe naarmate de vliegtuigmotoren stiller worden.

<sup>12</sup> De gekozen start- en landingsbanen, en daarmee de gevlogen grondpaden, kunnen daardoor ook bij hetzelfde verkeersvolume en dezelfde verdeling van herkomst/bestemming, van jaar tot jaar verschillen.

<sup>13</sup> De verzwakking van het geluid als gevolg van de wisselwerking met luchtmoleculen.

<sup>14</sup> Zo wordt bijvoorbeeld aangenomen dat vliegtuigen bij het maken van bochten niet om hun lengteas draaien ook al heeft dit invloed op de verdeling van het geluid onder het toestel.

<sup>15</sup> De geluidproductie van een toestel wordt gebaseerd op de stuwkracht van de motoren. De stuwkracht kan worden uitgedrukt als de geleverde reactiekracht in [kN] of als het toerental van de turbine in [rpm]. [Figuur 4](#) geeft de waarden voor de kortste afstand waarvoor gegevens beschikbaar zijn en voor beide typen toestellen die in dit advies zijn onderzocht.

het geluidniveau als functie van de afstand tot de ontvanger<sup>16</sup> (noise–power–distance–tabellen, verder NPD). Omdat de vliegtuigromp het motorgeluid enigszins afschermt en het geluid ook verzwakt door interactie met de bodem worden op de getallen uit de NPD–tabellen nog twee dempingstermen<sup>17</sup> toegepast (samen de ‘laterale demping’).

## 4.2 Stappen in berekening verdeling geluidbelasting

Het voorgaande betekent dat voor geluidberekeningen de volgende gegevens nodig zijn:

- de verticale hoogte–, snelheid– en stuwkrachtprofielen voor elke vliegtuigcategorie, elke bestemmingsafstand<sup>18</sup> en per type start– en landingsprocedure. Deze profielen vormen samen de zogenaamde “prestatietabellen” (“performance database”);
- de horizontale profielen die zijn gebaseerd op voorgeschreven routes, met een spreiding daar omheen, of op de feitelijk gevlogene routes, afgeleid uit radargegevens;
- de NPD–tabellen van de gebruikte vliegtuigcategorieën en de twee onder 4.1 genoemde extra dempingstermen;
- de dienstregeling: deze omvat gegevens over de aantallen en typen toestellen, de herkomst/bestemming van de vluchten en het tijdstip van starten of landen;
- de verdeling van het verkeer over de verschillende banen.<sup>19</sup>

De vraagstelling (en dus het onderzoek) richt zich op de factoren die de geluidbelasting van het verticale vliegprofiel beïnvloeden. De factoren die in de twee laatste bullets zijn genoemd en die de verdeling van de geluidbelasting over het gebied rond Schiphol bepalen, komen in het vervolg van dit advies dan ook niet aan de orde. De beoordeling van de manier waarop (wijzigingen in) de spreiding van de geluidbelasting rondom Schiphol in kaart (zijn) is gebracht, is onderdeel van de toetsing van het MER NNHS<sup>8</sup>.

## 4.3 Implementatie nieuwe procedures in berekeningen

In de Regeling milieu–informatie Schiphol (RMI) is vastgelegd welke gegevens per vliegbeweging moeten worden geregistreerd en welke bewerkingen met die gegevens moeten worden uitgevoerd om bijvoorbeeld de geluidbelasting te bepalen. Het gaat bijvoorbeeld om het vluchtnummer en de luchtvaartmaatschappij, het vliegtuig– en motortype en de verticale en horizontale vliegtuigposities met bijbehorende tijdstippen tijdens

---

<sup>16</sup> De afname van het geluidniveau bij toenemende afstand tot het vliegpad noemt men de geometrische demping.

<sup>17</sup> De twee dempingstermen zijn:

- de laterale afscherming die afhangt van de plaats van de motoren ten opzichte van de romp (onder de vleugel of naast de romp);
- de laterale bodemdemping: demping van het geluid door onder andere interactie met de bodem, die vooral wordt bepaald door de invalshoek waaronder het geluid de ontvanger bereikt. De in voetnoot 16 genoemde geometrische demping is een factor die los hiervan staat.

<sup>18</sup> De te overbruggen afstand bepaalt de vereiste hoeveelheid brandstof en daarmee het feitelijke startgewicht en dus de hoogte en snelheidsprofielen.

<sup>19</sup> Sommige banen op Schiphol worden bij voorkeur gebruikt omdat daarbij minder hinder optreedt, namelijk de Polderbaan en de Kaagbaan. Van die voorkeur kan worden afgeweken bij te veel dwars– of staartwind.

starten en landen. Alle hierna besproken gegevens, zoals te hanteren vliegprofielen, zijn vastgelegd in de RMI of in onderliggende documentatie bij de RMI (zoals de prestatietabellen) en worden dus gebruikt in het standaard rekenmodel voor Schiphol en bij het bepalen van de verdeling van de geluidbelasting rondom de luchthaven.

Voor de nieuwe start- en landingsprocedures zijn aangepaste prestatietabellen opgesteld. De tabellen bevatten bijvoorbeeld andere waarden voor de vlieghoogte, de snelheid en de stuwkracht als functie van de afstand tot de baan. Hoe deze nieuwe profielen er uitzien en op welke punten ze afwijken van de oude profielen, wordt in het volgende hoofdstuk behandeld.

## 5. Kenmerken en effecten van nieuwe en oude procedures

Dit hoofdstuk beschrijft eerst de kenmerken van de oude en de nieuwe startprocedure, de verwachte voordelen van de nieuwe procedure, de berekende verschillen in geluidbelasting en de bijdrage van enkele parameters aan die verschillen.

Daarna volgt eenzelfde beschrijving voor de oude en de nieuwe landingsprocedure. Beide beschrijvingen worden voorafgegaan door de conclusies die uit de uitgevoerde analyses zijn getrokken.

### 5.1 Startprocedures

#### 5.1.1 Conclusies

Op grond van de analyses van geluidberekeningen voor de startprocedures uit het NL-voorschrift die in paragrafen 5.1.4, 5.1.2 en 5.1.5 van dit advies zijn beschreven, komt de Commissie tot de volgende bevindingen:

- Aan de hand van het NL-voorschrift kunnen de positieve geluideffecten worden gereconstrueerd die op enige afstand naast het grondpad<sup>20</sup> zullen optreden als volgens de nieuwe startprocedure wordt gevlogen;
- Op 6–10 km van de start worden op 3 km links en rechts van het grondpad afnames van –3 à –5 dB berekend;
- Loodrecht onder het vliegp pad worden toenames tot 2 dB berekend op 6–10 km van de start;
- Het berekende positieve effect van vliegen volgens de nieuwe startprocedure wordt vooral verklaard door de lagere vlieghoogte en de hogere laterale demping die daarvan het gevolg is en slechts in zeer beperkte mate door sneller vliegen. Direct onder het vliegp pad wordt een hogere belasting berekend omdat de hogere vliegsnelheid de toename door lager vliegen<sup>21</sup> niet compenseert.

#### 5.1.2 Kenmerken van beide profielen: NADP1 en NADP2

In de nieuwe situatie zal bij het starten van vliegtuigen de ‘Noise Abatement Departure Procedure 1’ (NADP1) worden vervangen door NADP2. De nieuwe startprocedure, NADP2, verschilt van NADP1 op de volgende punten (zie [Figuur 1](#)):

- Na de initiële klim op startvermogen wordt in beide procedures op 500 m (1.500ft) hoogte overgegaan naar klimvermogen;

---

<sup>20</sup> De loodrechte projectie van het vliegp pad op de grond.

<sup>21</sup> Lager vliegen leidt tot minder geometrische demping.

- In NADP1 blijft het vliegtuig met uitstaande kleppen stijgen tot 1.000m (3.000 ft) hoogte. In NADP2 gaat het toestel op 500 m minder snel stijgen, versnelt daardoor, waarna de kleppen worden ingetrokken;
- Eerst na bereiken van een snelheid van ongeveer 250 kt wordt de steilere klim hervat.

In [Figuur 5](#) zijn als voorbeeld de profielen gegeven van de meest gebruikte vliegtuigcategorie op Schiphol, de B737, voor het hoogste startgewicht. De profielen zijn ontleend aan de prestatietabellen behorende bij de NADP1 –procedure (ICAO–A) en de NADP2–procedure.

Tot 500 m hoogte verschillen de beide procedures nauwelijks van elkaar. Daarna neemt de stijgsnelheid in het NADP2–profiel af, maar neemt de vliegsnelheid verder toe tot 125 m/s (circa 250 kt). Daarna wordt de verdere klim ingezet. Op 11 km vanaf de start en een hoogte van 1.000 m vallen beide profielen weer samen. De getoonde variatie in stuwkracht lijkt groot, maar is een gevolg van de korte schaal op de Y–as (4.650 tot 4.850 rpm). De profielen voor een lager startgewicht lijken sterk op de getoonde, maar de afstandsschaal is ongeveer 15% korter en de hoogte– en snelheidsprofielen zijn een fractie groter ([Figuur 6](#)).

In [Figuur 7](#) zijn dezelfde profielen gegeven voor de B747 met een startgewicht van 370 ton en in [Figuur 8](#) die voor een startgewicht van 260 ton. Opvallend is dat bij deze categorie het stuwkrachtprofiel voor NADP2 duidelijk verschilt van dat voor NADP1. Bij de start is de stuwkracht voor NADP2 veel hoger, maar na 8 km duidelijk lager dan voor NADP1. Wat dit betekent voor de geluidbelasting licht de Commissie toe in de volgende paragrafen.

### 5.1.3 Verwachte voordelen van NADP2

De berekende, positieve invloed van NADP2 op de geluidbelasting is gebaseerd op twee effecten, namelijk:

- door de hogere vliegsnelheid is bij hetzelfde maximale geluidniveau de hoeveelheid geluid van een vliegtuigpassage (de ‘equivalente waarde’) lager;<sup>22</sup>
- een lagere invalshoek van het geluid van het toestel op het grondoppervlak links en rechts van het grondpad. Daardoor neemt de laterale demping toe en neemt de geluidbelasting van dat grondoppervlak af.<sup>23</sup>

<sup>22</sup> Het totale equivalente geluidniveau van een vliegtuigpassage die duurt van T1 tot T2 wordt als volgt berekend:

$$SEL = 10 \cdot \log \left[ \frac{1}{T} \int_{T_1}^{T_2} (10^{L_p(t)/10}) dt \right]$$

Waarbij SEL staat voor ‘Sound Exposure Level’ en Lp voor het geluidniveau. Wanneer door een snelheidstoename van v1 naar v2 de tijd tussen T1 en T2 met een factor x korter wordt, zal bij een zelfde bronsterkte, de SEL afnemen met:

$$\Delta L = 10 \cdot \log \left( \frac{v_1}{v_2} \right) = 10 \cdot \log(x)$$

<sup>23</sup> De laterale demping is sterk afhankelijk van de hoek van afstraling, de invalshoek van het geluid en de afstand tussen toestel en ontvanger ([Figuur 2](#)). De lagere vlieghoogte leidt ertoe dat het geluid onder een lagere hoek invalt ([Figuur 3](#)).

Effecten die niet in de berekeningen worden meegenomen, hangen samen met het iets gunstiger worden van de snelheidsgradiënt van de gasstromen uit de motor en het vliegen met minder kleppen, waardoor het stromingsgeluid iets afneemt. Dit zijn echter secundaire effecten.

Tegenover die voordelen staat een lagere vlieghoogte waardoor het momentane geluidniveau loodrecht onder de route juist toeneemt.<sup>24</sup> Verder kunnen verschillen in stuwkracht tussen beide procedures bijdragen aan de verschillen in geluidbelasting.

#### 5.1.4 Berekende verschillen tussen NADP1 en NADP2

Het doel van het onderzoek is het in kaart brengen van de netto-effecten van de nieuwe startprocedure en dus het bepalen van de verschillen tussen beide procedures. Het onderzoek richt zich expliciet niet op het bepalen van de totale, absolute geluidbelasting op de grond.

Daartoe heeft de Commissie met de rekenregels uit het NL-voorschrift een aantal verschilberekeningen tussen NADP1 en NADP2 uitgevoerd, waarbij het verschil in geluidniveau<sup>25</sup> is uitgedrukt in [dB]. Wat hierna wordt besproken en afgebeeld, zijn dus verschilcontouren:

- op een grid van 100 bij 100 m met een lengte van maximaal 25 km en met een breedte van 7 km symmetrisch verdeeld aan beide zijden van het grondpad;
- voor de B737 toestel met 52,4 en 58,7 ton startgewicht;
- voor de B747 toestel met 260 en 370 ton startgewicht;
- voor een recht grondpad (geen gevlogen bocht);
- waarbij een negatieve waarde aangeeft dat het geluidniveau bij NADP2 lager is dan bij NADP1.

Voor de B737 neemt het geluidniveau bij NADP2 (*Figuur 9*, Deel 1&2) onder het vliegpad met maximaal 2 dB toe in vergelijking met NADP1 en het neemt af met maximaal –3 dB links en rechts van het grondpad. Deze waarden worden bereikt op 6 tot 8 km vanaf de start. Op 10 à 12 km van de start verdwijnen de verschillen tussen de procedures.

De verschilberekeningen voor de B747 geven een heel ander beeld (*Figuur 9*, deel 3&4). Tijdens het versnellen op de startbaan is bij NADP2 het geluidniveau onder het vliegpad

---

<sup>24</sup> Het geluidniveau op een gegeven afstand van een toestel wordt bepaald door twee mechanismen;

a) De geometrische demping, die voor een lijnbron, zoals een passerend vliegtuig, evenredig is met de afstand ( $r$ ) van grond tot het segment van het vliegpad:

$$\Delta L = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{r}\right) = -10 \cdot \log(r)$$

b) De luchtdemping, die binnen een frequentieband met een vaste waarde toeneemt als functie van de afstand.

Wordt hierna gesproken over het effect van vlieghoogte (bijvoorbeeld in de combinatie met snelheid en stuwkracht) dan gaat het om uitsluitend het effect van deze beide mechanismen.

<sup>25</sup> Waar gesproken wordt over geluidniveau is het equivalente geluidniveau bedoeld (zie voetnoot 22) tenzij anders is aangegeven.

en daarbuiten tot ongeveer 4 dB hoger dan bij NADP1. Deze verhoging doet zich voor op of direct bij het luchthaventerrein. Daarna zijn onder het vliegp pad beide niveaus nage- noeg gelijk. Beide effecten zijn vooral terug te voeren op het gemodelleerde stuwkracht- patroon, zoals wordt toegelicht in de volgende paragraaf. Links en rechts van het grondpad worden afnames tot -5 dB berekend.

### 5.1.5 Bijdrage van onderzochte parameters aan berekende verschillen

Het verschil in de verdeling van de geluidbelasting voor beide startprocedures is opge- bouwd uit een aantal deeleffecten. In [Figuur 10](#) is voor de B737 met een laag startge- wicht in kaart gebracht hoe groot de bijdrage van de deeleffecten is aan het totale effect zoals afgebeeld in [Figuur 9-1](#). Hieruit is af te leiden dat de 2 dB toename onder het vliegp pad vooral een gevolg is van de lagere vlieghoogte.<sup>26</sup> Deel 1 van de figuur laat zien dat links en rechts van het grondpad de combinatie van snelheid, hoogte en stuwkracht een kleine reductie van -0,5 dB oplevert, die vooral is toe te schrijven aan de hogere snelheid (deel 2 van de figuur). Uit deel 3 blijkt dat het effect van wijziging van de af- scherping van het motorgeluid door de romp verwaarloosbaar is.<sup>27</sup> Deel 4 van de figuur laat zien dat de berekende reductie van -3 dB aan weerszijde van het grondpad primair een gevolg is van de laterale bodemdemping.

Voor de B747 met laag startgewicht wordt het gecombineerde effect van wijzigingen in snelheid, stuwkracht en hoogte ([Figuur 11](#)) sterk beïnvloed door het wezenlijk andere stuwkrachtprofiel van NADP1 in vergelijking met NADP2. Waren bij de B737 de stuw- krachtprofielen bij NADP1 en NADP2 praktisch identiek, bij de B747 is de stuwkracht voor NADP2 tijdens het versnellen op de startbaan circa 20% hoger en bij het klimmen met ingetrokken kleppen juist 20% lager dan die voor NADP1. Als gevolg daarvan is on- middellijk na de start voor NADP2 een toename van 4 dB berekend. En als het toestel een hoogte van 500 m bereikt, wordt voor NADP2, onder het vliegp ad, ondanks de la- gere vlieghoogte, een afname tot -1 dB berekend. De laterale bodemdemping verklaart vanaf dat punt de berekende reducties aan weerszijde van het grondpad. In paragraaf 6.2.1 van dit advies komt dit opnieuw aan de orde.

## 5.2 Landingsprocedures

### 5.2.1 Conclusies

Op grond van de analyses van geluidberekeningen voor de landingsprocedures uit het NL-voorschrift die in paragrafen 5.2.4 en 5.2.5 van dit advies zijn beschreven, komt de Commissie tot de volgende bevindingen:

---

<sup>26</sup> Het vermogen is in deze niet relevant omdat het in beide procedure (nagenoeg) even groot is. Onder het vliegp ad is de toename van de belasting door lager vliegen groter dan de afname door sneller vliegen.

<sup>27</sup> Deze conclusie geldt ook voor alle hiernavolgende analyses, dus ook voor vergelijkingen gemaakt voor de B747 en voor landingen.

- Aan de hand van het NL-voorschrift konden de positieve geluideffecten worden gereconstrueerd die links en rechts van het grondpad zullen optreden als volgens de nieuwe landingsprocedure wordt gevlogen;
- Op afstanden van 10–25 km van de luchthaven en loodrecht onder het vliegp pad worden afnames van meer dan –10 dB berekend;
- Op 3 kilometer links en rechts van het grondpad worden, afhankelijk van de beschouwde situatie, sterke afnames tot geringe toenames van de geluidbelasting berekend;
- Het berekende positieve effect van vliegen volgens de nieuwe landingsprocedure is vooral het gevolg van de lagere stuwkracht in de prestatietabellen voor die procedure. Dit effect wordt versterkt door de grotere vlieghoogte en deels tenietgedaan door een lagere laterale demping.

## 5.2.2 Kenmerken van de vliegprofielen

Voor het landen worden de hoogtprofielen behorende bij drie verschillende procedures gevolgd:

- Continuous Descent Approach (CDA). In de nacht en wanneer dat overdag mogelijk is, wordt in een glijvlucht met een hoek van ongeveer 3° de landing ingezet wat betekent dat er vanaf dat punt geen horizontaal segment meer in het vliegp pad zit.
- Nadering op een vaste hoogte van 3.000 ft of circa 900 m tot 19 km voor de luchthaven waarna de finale daling onder een hoek van ongeveer 3° volgt. Deze procedure wordt zowel overdag als 's nachts gevolgd;
- Nadering op vaste hoogte op 2.000 ft of circa 600 m. Dit is de standaardprocedure als het overdag druk is. Ze wordt 's nachts nooit toegepast. De toestellen dalen in een aantal stappen naar 2.000 ft waarbij de luchtverkeersleiding de toestellen van hoogte-, snelheid- en koersinstructies voorziet. Zo worden ze met voldoende onderlinge afstand — om geen veiligheidsrisico's te veroorzaken — op het uiteindelijke naderingspad gedirigeerd. Vanaf 13 km voor de luchthaven wordt de finale daling onder een hoek van ongeveer 3° uitgevoerd. Het effect van vectoring op de grondpaden is geïllustreerd in [Figuur 12](#). Door het laten vliegen van ruimere of krappere bochten kunnen toestellen iets later of eerder op het naderingspad worden gebracht waardoor ze met de juiste onderlinge afstand aan de finale nadering beginnen.<sup>28</sup>

In [Figuur 13](#) zijn voor de drie procedures de gestandaardiseerde hoogte-, snelheids- en stuwkrachtprofielen gegeven voor de B737. Deze en andere figuren met gegevens over de landingsprocedures moeten worden gelezen van rechts naar links. Op 25 km voor de luchthaven is de hoogte tijdens een CDA nog 1.200 m, terwijl er conventioneel al op 600 m gevlogen wordt. Tussen 10 en 25 km wordt er conventioneel met 3.000 rpm stuwkracht gevlogen, terwijl bij de CDA de stuwkracht al is afgenomen tot ongeveer 1.200 rpm.

---

<sup>28</sup> Alle in dit advies gepresenteerde 2000 ft- en 3000 ft-landingen zijn met gedeeltelijk ingetrokken ('reduced') flaps doorgerekend.



Eenzelfde beeld laten de profielen voor de B747 zien ([Figuur 14](#)). Op 25 km voor de luchthaven is de hoogte ongeveer 600 m voor de 2.000 ft-nadering en 1.500 m voor de CDA-nadering. De CDA-nadering vergt nauwelijks stuwkracht terwijl de 2.000 ft-nadering 18 kN stuwkracht vraagt. Wat dit betekent voor de geluidbelasting licht de Commissie toe in de volgende paragrafen.

### 5.2.3 Verwachte voordelen van CDA

De positieve invloed van CDA op de geluidbelasting is gebaseerd op verschillende effecten, waarvan de belangrijkste in de geluidberekeningen worden meegenomen, namelijk:

- Omdat de CDA-daling geen segment bevat waarbij op een vaste hoogte wordt gevlogen, is er minder stuwkracht nodig. Door dat lagere motorvermogen is de geluidemissie ook lager;
- Door de grotere afstand tot de grond is bij CDA de geluidbelasting loodrecht onder het vliegpad lager. De laterale demping zal echter kleiner zijn.

Bij CDA worden de kleppen niet uitgeschoven of minder dan bij een nadering op vaste hoogte, waardoor het stromingsgeluid lager is. Dit is een positief effect dat niet in de berekeningen wordt meegenomen.

### 5.2.4 Berekende verschillen tussen CDA- en 2000/3000 ft-nadering

Ook in dit geval zijn verschillen tussen procedures bepaald en niet de absolute, totale geluidbelasting. De CDA-procedure is zowel met de nadering op een vaste hoogte van 2.000 ft vergeleken als met een nadering op een vaste hoogte van 3.000 ft. Voor de landingsprocedures zijn verschilcontouren berekend tot op een grotere afstand van de luchthaven dan voor de startprocedures, namelijk tot maximaal 40 km in plaats van 25 km.

Voor de B737 is het geluidniveau bij CDA onder het vliegpad tot maximaal -14 dB lager dan bij nadering op een vaste hoogte van 2.000 ft ([Figuur 15](#)). Links en rechts van het grondpad worden afnames tot -8 dB berekend. Deze waarden worden bereikt op 20 à 25 km voor de luchthaven. De verschillen tussen CDA en nadering op een vaste hoogte van 3.000 ft zijn iets kleiner maar nog steeds zeer significant.

Voor de B747 zijn de verschillen tussen CDA en nadering op een vaste hoogte kleiner dan bij de B737, namelijk maximaal -8 dB onder het vliegpad en -4 dB links en rechts van het grondpad ([Figuur 16](#)). De maximale effecten doen zich voor op iets grotere afstand van de luchthaven.

### 5.2.5 Bijdrage van onderzochte parameters aan berekende verschillen

De bijdrage-analyses zijn alleen uitgevoerd voor de vergelijking van CDA met een 2000 ft-nadering omdat daarvoor de grootste verschillen zijn berekend.

Voor de B737 laat de vergelijking van CDA met een nadering op een vaste hoogte van 2.000 ft zien dat de hoogte- en stuwkrachtverschillen het totale effect bepalen in het gebied tussen 25 en 12 km voor de baan ([Figuur 17](#)). De lagere stuwkracht bij CDA in vergelijking met de 2.000 ft-nadering leidt tot een vermindering van de geluidproductie met ongeveer -9 dB.<sup>29</sup> Daarnaast is de vlieghoogte ruwweg twee maal zo hoog wat tot een aanvullend -3 dB effect leidt. Door de grotere hoogte neemt de laterale demping echter aanzienlijk af.

Voor de B747 geldt in algemene zin hetzelfde als voor de B737. Ook hier bepalen hoogte- en stuwkrachtverschillen de reductie van de geluidbelasting bij CDA en zorgt de lagere laterale demping voor het deels ongedaan maken van die reductie ([Figuur 18](#)).

---

<sup>29</sup> Uit de eerder gepresenteerde [Figuur 4](#) is af te leiden dat een daling van het toerental met 1.000 rpm een daling van de geluidbelasting met meer dan 5 dB tot gevolg heeft. Het verschil in stuwkracht en dus toerental tussen CDA en een 2000 ft-nadering bedraagt maximaal 1.750 rpm wat overeenkomt met ongeveer 9 dB (zie [Figuur 13](#)).

## 6. Kanttekeningen bij resultaten rekenvoorschrift

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten en resultaten van het voorgeschreven rekenmodel in perspectief geplaatst door ze te vergelijken met die van voorschriften en studies die in andere landen worden gehanteerd. De vergelijkingen geven een beeld van de gevoeligheid van de geschatte geluidwinst voor bepaalde invoerparameters en van de onzekerheid in de schattingen waarvan luchthaven Schiphol nu uitgaat.

### 6.1 Laterale demping

[Figuur 19](#) laat zien hoe de laterale demping afneemt als de invalshoek van het geluid groter wordt. In die figuur zijn de dempingswaarden uit het NL-voorschrift vergeleken met de waarden uit huidige en vorige versie van Doc29, met de resultaten van validatiemetingen uitgevoerd door Airbus company [6] en met de in Duitsland verplicht gestelde rekenmethode AzB [7]. De helling van de lijn die gebruikt wordt in het NL-voorschrift is steiler dan die van de andere lijnen. Dat betekent dat het NL-voorschrift het effect van wijziging van de vlieghoogte en dus van de invalshoek van het geluid hoger inschat dan andere gegevensbronnen.

Een van de oorzaken hiervoor kan zijn dat ten tijde van vaststellen van de waarden voor het NL-voorschrift er weinig data beschikbaar waren. Over de vaststelling van de waarde van de laterale demping wordt in de toelichting op het rekenvoorschrift [2] het volgende gemeld: *“De methode ter berekening van laterale geluidverzwakking is voor een belangrijk deel het resultaat van een literatuurstudie, en niet van specifiek hierop gerichte metingen (Ref. 5). Met betrekking tot deze methode wordt opgemerkt, dat het gaat om een keuze, die is gemaakt op grond van een beperkte hoeveelheid beschikbare gegevens.”*

Toepassen van recentere uitgangspunten betekent dat bij de nieuwe startprocedure, waar lager vliegen zorgt voor meer laterale demping, de berekende reductie van de geluidbelasting lager zal zijn ([Figuur 20](#)). Bij de nieuwe landingsprocedure, waar hoger vliegen voor minder laterale demping zorgt zal de berekende reductie daarentegen hoger zijn ([Figuur 21](#)). Naar het oordeel van de Commissie is deze bevinding van dien aard dat ze adviseert om de dempingswaarden te actualiseren waarmee het effect van een gewijzigde start- of landingsprocedure op de geluidbelasting wordt berekend.

### 6.2 Stuwkracht

#### 6.2.1 Start

Om het effect van wijzigingen in stuwkracht tijdens de startprocedure te kunnen bepalen, zijn eerder, in paragraaf 5.1.5, figuren gepresenteerd waarin dat effect is gecombineerd met het effect van snelheid en vlieghoogte. Daaruit blijkt dat voor de B737 het verschil in stuwkracht tussen beide procedures gering was en de lagere vlieghoogte het effect van de nieuwe procedure domineert.

Voor de B747 is het wezenlijk andere stuwkrachtprofiel van NADP1 in vergelijking met NADP2 een belangrijke factor. Ter vergelijking zijn de prestatietabellen uit Doc29 opgenomen (*Tabel II*). Ze laten een veel kleiner verschil in stuwkracht zien tussen NADP1 en NADP2 voor dit type toestel. In beide gevallen wordt op dezelfde manier naar 1.500/1.600 ft geklommen, waarna de stuwkracht wordt teruggebracht. De verschillen tussen de stuwkrachtprofielen in het NL-voorschrift zijn toe te schrijven aan het feit dat beide procedures op een ander moment en dus op basis van andere gegevens en inzichten zijn opgesteld.

Toepassen van recentere uitgangspunten zou betekenen dat bij de nieuwe startprocedure de toename van de geluidbelasting onmiddellijk na de start kleiner wordt en het positieve effect van de procedure verderop in het traject, links en rechts van het vliegp pad, afneemt. Naar het oordeel van de Commissie is deze bevinding van dien aard dat ze adviseert om de stuwkrachtprofielen te actualiseren waarmee het effect van een gewijzigde start- of landingsprocedure op de geluidbelasting wordt berekend.

### 6.2.2 Landing

Een deel van de eerder berekende effecten van CDA en van nadering op een vaste hoogte van 2.000 of 3.000 ft kwamen voort uit de verschillen in de stuwkrachtprofielen (zie par. 5.2.5). De vergelijking van CDA met vast nadering op 3.000 ft in *Figuur 13* liet voor de B737 zien dat in het gebied tussen 7 en 15 km voor de landingsbaan, waarbij in beide procedures onder een hoek van 3° en met deels ingetrokken ('reduced') flaps gevlogen worden, het verschil in stuwkracht groot is.

Als behoud van hoogte en snelheid bij een 2.000 of 3.000 ft-nadering met extra stuwkracht worden gerealiseerd, zijn de verschillen in geluidproductie te verklaren. Volgens Schiphol en To70 is dat standaardprocedure bij luchthaven Schiphol. Bij sommige andere luchthavens wordt hoogtebehoud door middel van snelheidsverlaging en niet met extra stuwkracht gerealiseerd. Dat blijkt bijvoorbeeld uit een van de modelleringsvoorschriften uit de Eurocontrol ANP voor de A320-211 waarbij het horizontale vliegp pad met weinig extra stuwkracht ("level-idle") gevlogen (*Tabel III*). Op Schiphol is CDA-vliegen het alternatief voor een dergelijke manier van landen.

### 6.3 Vectoring tijdens de landing

Een complicerende factor bij het voorspellen van de effecten van het invoeren van CDA is het feit dat overdag opeenvolgende toestellen voor de baan worden gebracht met behulp van "vectoring" (zie par. 5.2.2 van dit advies). Door vectoring kan de horizontale vliegafstand worden verlengd waardoor een flauwer glijpad wordt gevolgd of enige tijd op dezelfde hoogte wordt gevlogen. Daarbij is mogelijk extra stuwkracht nodig. Als door drukte vaak van het ideale CDA-vliegp pad moet worden afgeweken, dan wordt bij

het landen slechts weinig geluidwinst geboekt of mogelijk zelfs meer geluid geproduceerd.

In de contra-expertise van de gebruiksprognose 2016 voor Schiphol [8] wordt geconstateerd dat op basis van de verkeersgegevens uit 2014 overdag ongeveer 30% van de naderingen als CDA kon worden aangemerkt. Onder welke voorwaarden een landing nog als CDA kan worden aangemerkt is vastgelegd in de RMI.<sup>30</sup> Of de landingen zoals die op Schiphol plaatsvinden, dienovereenkomstig worden ingedeeld, is een van de onderwerpen die worden behandeld in hoofdstuk 7, het laatste hoofdstuk van dit advies.

---

<sup>30</sup> Zie hiervoor onder het kopje 'Nadering: vaststelling klassennummer' onder paragraaf 3.5.2 van de RMI.

## 7. Gestandaardiseerde vs. werkelijke verticale profielen

### 7.1 Inleiding

Het theoretisch bepaalde effect van stillere start- en landingsprocedures wordt alleen bereikt als in werkelijkheid ook conform die procedures gevlogen wordt. Om na te gaan in hoeverre dat het geval is, is een steekproef van reëel gevlogen hoogteprofielen vergeleken met de profielen uit de modelberekeningen. De vergelijking geeft niet meer dan een indruk van de mate waarin in overeenstemming met de uitgangspunten van het NL-voorschrift wordt gevlogen. Over een belangrijk gegeven zoals de aangewende stuwkracht is geen informatie beschikbaar, wat een gedegen vergelijking van theorie en praktijk onmogelijk maakt.

### 7.2 Conclusies op basis van de steekproef

Uit de hierna gepresenteerde analyses kan worden geconcludeerd dat maatschappijen waarvan bekend is dat ze de nieuwe startprocedure voorschrijven, de starts ook conform die procedure uitvoeren. Uit de onderzochte steekproeven ontstaat verder het beeld dat een belangrijk deel van de starts nu al conform de nieuwe procedure wordt uitgevoerd. 's Nachts wordt de meerderheid van de landingen volgens de nieuwe procedure uitgevoerd. Overdag gaat het om ongeveer 30% van de landingen.

De wijze waarop luchthaven Schiphol landingen die conform de geluidarme procedure zijn uitgevoerd, onderscheidt van landingen die dat niet zijn, is in overeenstemming met het voorschrift dat daarvoor is opgesteld.

### 7.3 Data verzameling

De vliegprofielen worden afgeleid uit de gegevens die startende en landende toestellen uitzenden naar luchthaven Schiphol. De informatie bevat vluchtgegevens, registratie, snelheid en hoogte. De Commissie heeft voor verschillende sets van vliegtuigbewegingen gegevens opgevraagd bij To70 of afgeleid uit data die zijn gedownload van flightaware.com.<sup>31</sup> Met de gegevens zijn (horizontale en) verticale vliegprofielen geconstrueerd.

---

<sup>31</sup> In de meetdata zijn lengte- en breedtegraad vastgelegd. Tussen de verschillende meetpunten is de afstand bepaald. Hiermee wordt de afgelegde afstand over het grondpad gedefinieerd. Vliegtuigen werden pas geregistreerd als ze in de lucht zijn. De detectiehoogte varieert tussen 700 en 1.000 ft, waardoor ieder vliegtuig zich op tijdstip nul in een andere fase van de procedure kan bevinden. Om de profielen onderling te kunnen vergelijken, is hiervoor gecorrigeerd. De werkelijk gevlogen profielen zijn verschoven over een afstand die conform NADP2 zou zijn afgelegd over het grondpad op het ogenblik dat de detectiehoogte werd bereikt.

## 7.4 Selectie van vluchten

In de volgende paragraaf worden resultaten gepresenteerd voor de volgende sets gegevens:

- De snelheids- en hoogteprofielen van startende KLM-vliegtuigen<sup>32</sup> uitgevoerd voor dan wel na invoering van NADP2. Zoals eerder gezegd heeft KLM al in april 2014 toepassing van de stillere procedure voorgeschreven. Het gaat om de vluchtgegevens uit respectievelijk het jaar voorafgaand aan en het jaar volgend op het maken van de overstap.<sup>33</sup> Daaruit kan worden afgeleid in hoeverre in beide situaties conform de voorgeschreven procedure werd gevlogen;
- De snelheids- en hoogteprofielen voor een steekproef van startende vliegtuigen
  - van een bepaald type (dan wel behorend tot een bepaalde geluidklasse);
  - die vliegen voor KLM dan wel van andere maatschappijen;
  - die vliegen naar het West- of Midden-Europese bestemmingen zoals Aberdeen, Kopenhagen en Praag ('afstandsklasse 0') dan wel naar Zuid- of Oost-Europese bestemmingen zoals Kiev, Istanbul of Malaga ('afstandsklasse 2').<sup>34</sup>

Zo kan worden bepaald in hoeverre de startprocedure van andere maatschappijen afwijkt van die van KLM;

- De hoogteprofielen voor naderingen overdag richting de Zwanenburgbaan (18C) en de Polderbaan (18R) voor twee typen vliegtuigen, de B737-800 en de B747. Daaruit kan worden afgeleid welk deel van de naderingen voldoet aan de kenmerken voor CDA zoals vastgelegd in de RMI;<sup>33</sup>
- De hoogteprofielen voor naderingen 's nachts richting de Polderbaan (18R) voor de B737-800. Daaruit kan worden afgeleid in hoeverre 's nachts nog andere naderingen dan CDA plaatsvinden.<sup>33</sup>

## 7.5 Resultaten: start

### 7.5.1 Spreiding van profielen van KLM voor en na invoering NADP2

[Figuur 22](#) en [Figuur 23](#) laten voor de geselecteerde KLM-vluchten zien dat de toestellen na invoering van NADP2 langzamer stijgen in het gebied tussen 2 en 6 NM na de start. In dat deel van het traject wordt ook significant sneller gevlogen. De maximale verschillen tussen NADP1 en NADP2 treden op in dat deel van het vliegp pad waar ze op grond van de modelprofielen worden verwacht, namelijk op 7 à 8 km (of 4 à 5 NM).

---

<sup>32</sup> Het gaat om vluchten uitgevoerd met één toesteltype naar bestemmingen op een vergelijkbare afstand van Schiphol. Zoals eerder aangegeven verschillen de profielen immers per toesteltype en startgewicht van het toestel.

<sup>33</sup> Deze gegevens zijn aangeleverd door To70.

<sup>34</sup> Op basis van gegevens gedownload van flightaware.com.

## 7.5.2 Vergelijking van profielen van KLM met die van andere maatschappijen

Vergelijkingen van random steekproeven uit hoogteprofielen voor starts uitgevoerd door andere vliegtuigmaatschappijen dan KLM met profielen voor KLM-starts<sup>35</sup> laten zien

- dat de profielen van andere maatschappijen dan KLM voor vluchten naar West- en Midden-Europese bestemmingen nauwelijks van die van KLM zijn te onderscheiden ([Figuur 24](#)) en dus
- dat ook andere maatschappijen dan KLM nu al de NADP2-procedure lijken toe te passen bij vertrek vanaf Schiphol.

Dezelfde conclusie volgt uit een gelijkaardige vergelijking voor vluchten naar Oost- of Zuid-Europese bestemmingen ([Figuur 25](#)).

## 7.6 Resultaten: landing

### 7.6.1 Spreiding van hoogteprofielen bij nadering overdag

[Figuur 26](#) en [Figuur 27](#) laten zien dat spreiding in de hoogteprofielen voor vluchten die overdag landen, groot is. Worden de profielen getoetst aan het CDA-criterium uit de RMI, dan blijkt dat 30% of meer van de naderingen aan dit criterium voldoet. Ter informatie is het resultaat van deze toets voor één van de datasets opgenomen in [Figuur 28](#). De resultaten van deze toets zijn in overeenstemming met de bevindingen uit de contra-expertise van de gebruiksprognose 2016 voor Schiphol [8].

### 7.6.2 Spreiding van hoogteprofiel bij nadering 's nachts

Voor de steekproef van vluchten met B737-800 toestellen die 's nachts richting de Polderbaan worden uitgevoerd, geldt dat alle vluchten voldoen aan het CDA-criterium uit de RMI ([Figuur 29](#)). Voor de steekproef geldt ook dat de spreiding rond de naderingshoek van 3° klein is.

---

<sup>35</sup> Voor iedere vergelijking geldt dat het gaat om starts van zelfde toesteltypen naar vergelijkbare bestemmingen.



# Bijlage 1: Projectgegevens tussentijdse toetsing

**Initiatiefnemer:** Amsterdam Airport Schiphol

**Bevoegd gezag:** Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu

**Besluit:** wijzigen van een luchthavenverkeersbesluit en het luchthavenindelingsbesluit

**Categorie Besluit m.e.r.:** D06.2

**Activiteit:** vastleggen van nieuwe regels en normen voor het gebruik van luchthaven Schiphol

**Bijzonderheden:** voorafgaand aan de afronding van het milieueffectrapport is aan de Commissie gevraagd zich uit te spreken over de rekenregels die worden gehanteerd voor het berekenen van de geluidbelasting bij starten en landen.

## **Procedurele gegevens:**

Adviesaanvraag bij de Commissie m.e.r.: 20 mei 2015

Aankondiging start procedure: 15 juni 2015

Ter inzagelegging van de informatie over het voornemen: 16 juni 2015 t/m 13 juli 2015

Advies reikwijdte en detailniveau uitgebracht: 24 september 2015

Aanvraag tussentijds toetsingsadvies bij de Commissie m.e.r.: 17 juni 2016

Tussentijds toetsingsadvies uitgebracht: 25 augustus 2016

## **Samenstelling van de werkgroep:**

Per project stelt de Commissie een werkgroep samen bestaande uit enkele deskundigen, een voorzitter en een werkgroepsecretaris. Voor deze tussentijdse toetsing bestaat de werkgroep uit:

dhr. dr. G.J. van Blokland

dhr. drs. ing. W. Blom

dhr. ing. J.J.A. van Leeuwen

dhr. dr. J. Lembrechts (secretaris)

dhr. mr. C.Th. Smit (voorzitter)

## **Betrokken documenten:**

- [1] HMM van der Wal, P Vogel en FJM Wubben. Voorschrift voor de berekening van de Lden en Lnight geluidbelasting in dB(A) ten gevolge van vliegverkeer van en naar de luchthaven Schiphol, Part 1: Berekeningsvoorschrift. Rapport nr. NLR-CR-2001-372-PT-1, Juli 2001

- [2] HMM van der Wal, P Vogel en FJM Wubben. Voorschrift voor de berekening van de Lden en Lnight geluidbelasting in dB(A) ten gevolge van vliegverkeer van en naar de luchthaven Schiphol, Part 2: Toelichting op het berekeningsvoorschrift. Rapport nr. NLR-CR-2001-372-PT-2, Juli 2001
- [3] GJT Heppe. Appendices van de voorschriften voor de berekening van de geluidbelasting in Lden en Lnight voor Schiphol, Geluidsniveaus, prestatiegegevens en indeling naar categorie. Rapport nr. NLR-CR-96650 L - Versie 12.3, Oktober 2014
- [4] EUROPEAN CIVIL AVIATION CONFERENCE, ECAC.CEAC Doc 29. Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports, Volume 2: Technical Guide, 3rd Edition. December 2005
- [5] ECAC.CEAC Doc 29. Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports. 2<sup>nd</sup> edition, July 1997
- [6] MWP van Boven. Lateral attenuation based on A300 noise measurements. Airbus, France, S.A.S. 2005
- [7] Umweltbundesamt, Arbeitsgruppe Novellierung der AzB. Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen (AzB). Mei 2007
- [8] D Doppenberg en H ten Have. Contra-expertise gebruiksprognose 2016 Schiphol. Adecs Infra, Delft. Rapport dgb150907, 17 september 2015

## Bijlage 2: Tabellen

Tabel I – Aandeel van verschillende vliegtuigcategorieën in de vloot op Schiphol en de bijbehorende voorbeeldtypen (bron: MER Schiphol, 2007) [{NAAR TEKST}](#)

klasse	voorbeeldtype	aandeel in vloot [%]
2-4	Fokker-70	17
3-3	B 737-300	16
4-2	B737-800	43
6-3	A330-300, B767	4
8-3	B747-400	6
rest		14

Tabel II – Performance database die horen bij Doc29. Data voor de B747 en afstands-klasse 2. Boven NADP1. Onder NADP2 [{NAAR TEKST}](#)

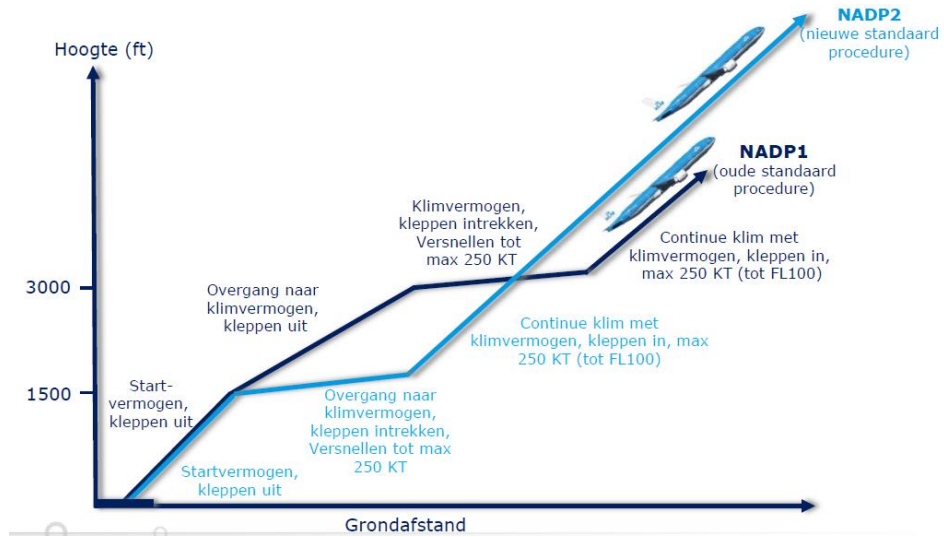
Step Number	Step Type	Thrust Rating	Flap_ID	End Point Altitude (ft)	Rate Of Climb (ft/min)	End Point CAS (kt)
1	Takeoff	MaxTakeoff	10			
2	Climb	MaxTakeoff	T_10	1500.0		
3	Climb	MaxClimb	10	3000.0		
4	Accelerate	MaxClimb	10		1412.8	192.2
5	Accelerate	MaxClimb	5		1689.5	244.3
6	Climb	MaxClimb	T_01	5685.0		
7	Accelerate	MaxClimb	ZERO		2078.8	268.4
8	Climb	MaxClimb	ZERO	7500.0		
9	Climb	MaxClimb	ZERO	10000.0		

1	Takeoff	MaxTakeoff	10			
2	Climb	MaxTakeoff	T_10	1000.0		
3	Accelerate	MaxTakeoff	10		1836.7	184.9
4	Climb	MaxTakeoff	10	1640.0		
5	Accelerate	MaxClimb	T_05		1727.1	244.6
6	Climb	MaxClimb	T_05	4067.0		
7	Accelerate	MaxClimb	ZERO		2088.1	259.2
8	Climb	MaxClimb	ZERO	5500.0		
9	Climb	MaxClimb	ZERO	7500.0		
10	Climb	MaxClimb	ZERO	10000.0		

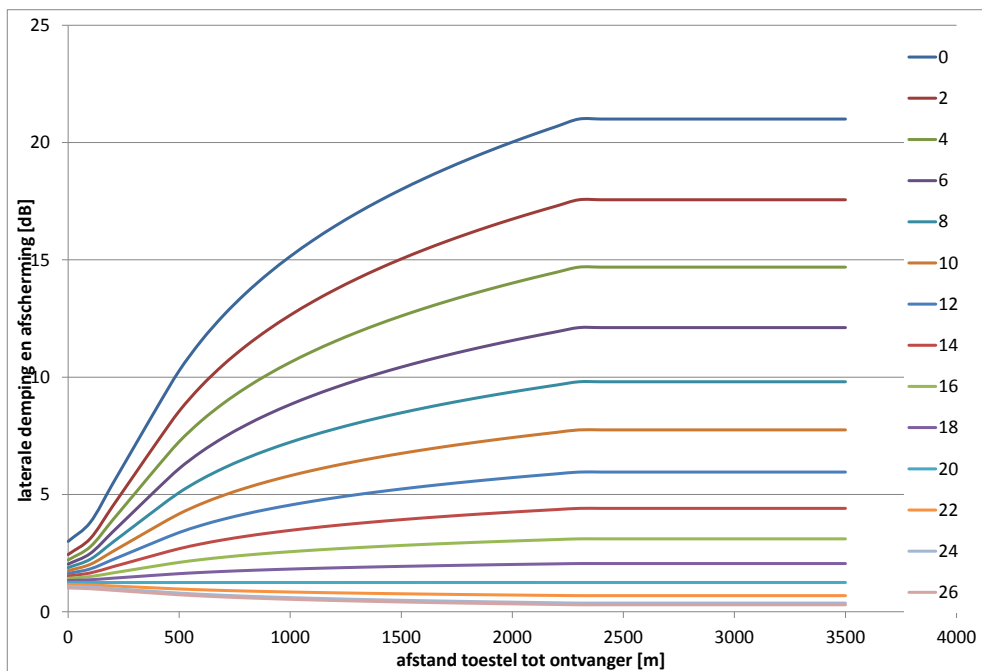
Tabel III – Naderingsprofiel van een A320-211 zoals vastgelegd in de prestatietabellen van Eurocontrol behorende bij Doc29. Type “Default Descend” met level op 3.000 ft. (ref. <http://www.aircraftnoisemodel.org/data/aircraft>) {NAAR TEKST}

Step No	Step Type	Flap_ID	Start Altitude (ft)	Start CAS (kt)	Descent Angle (deg)	Touch-down Roll (ft)	Distance (ft)	Start Thrust
1	Descend-Idle		6000.0	250.0	3.5			
2	Level-Idle		3000.0	250.0			16811.0	
3	Level-Idle		3000.0	201.1			5547.9	
4	Descend-Idle		3000.0	182.2	3.0			
5	Descend-Idle		2614.0	173.7	3.0			
6	Descend-Idle		1942.0	141.0	3.0			
7	Descend	FULL_D	1823.0	132.6	3.0			
8	Descend	FULL_D	50.0	132.6	3.0			
9	Land	FULL_D				303.5		
10	Decelerate			129.6			2731.6	40.0
11	Decelerate			30.0			0	10.0

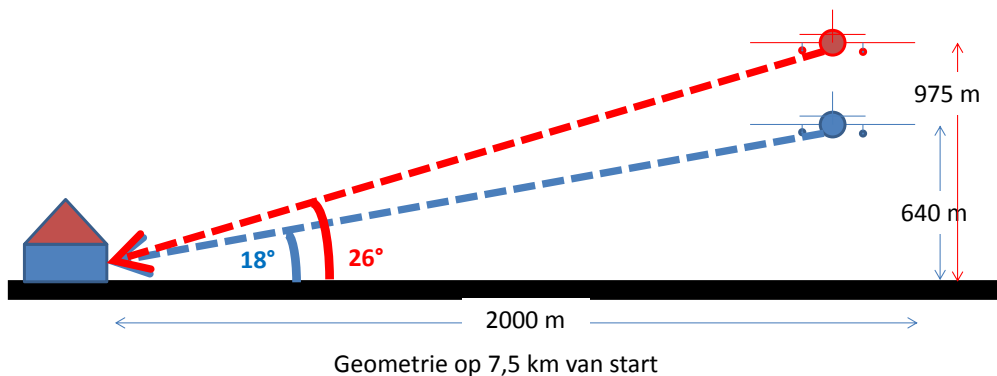
## Bijlage 3: Figuren



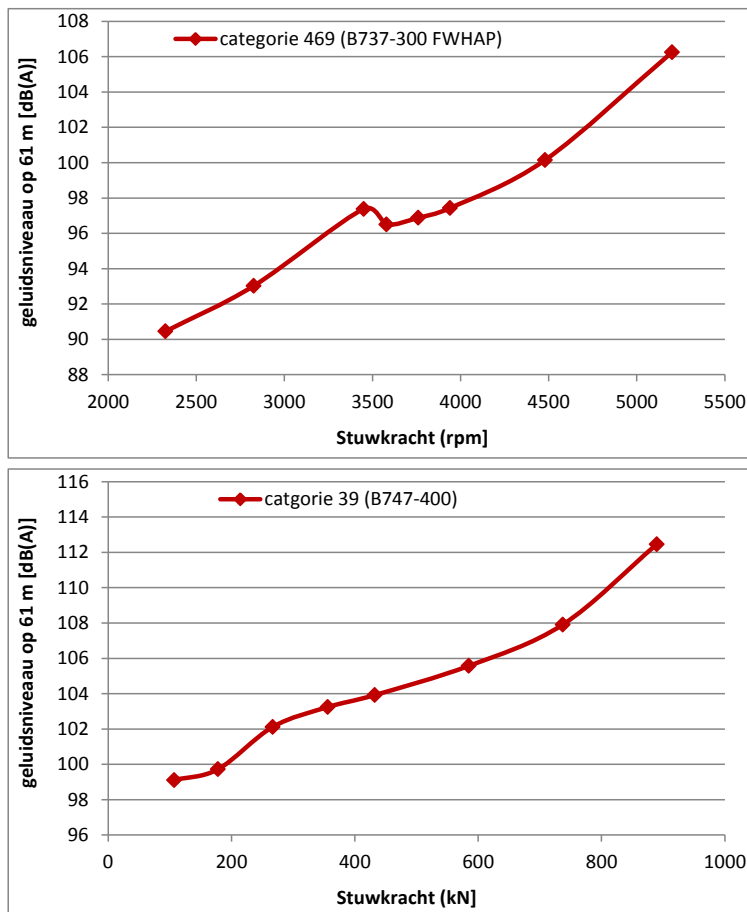
Figuur 1 – Schematisch snelheids- en hoogteprofiel van NADP1 en NADP2 {NAAR TEKST}



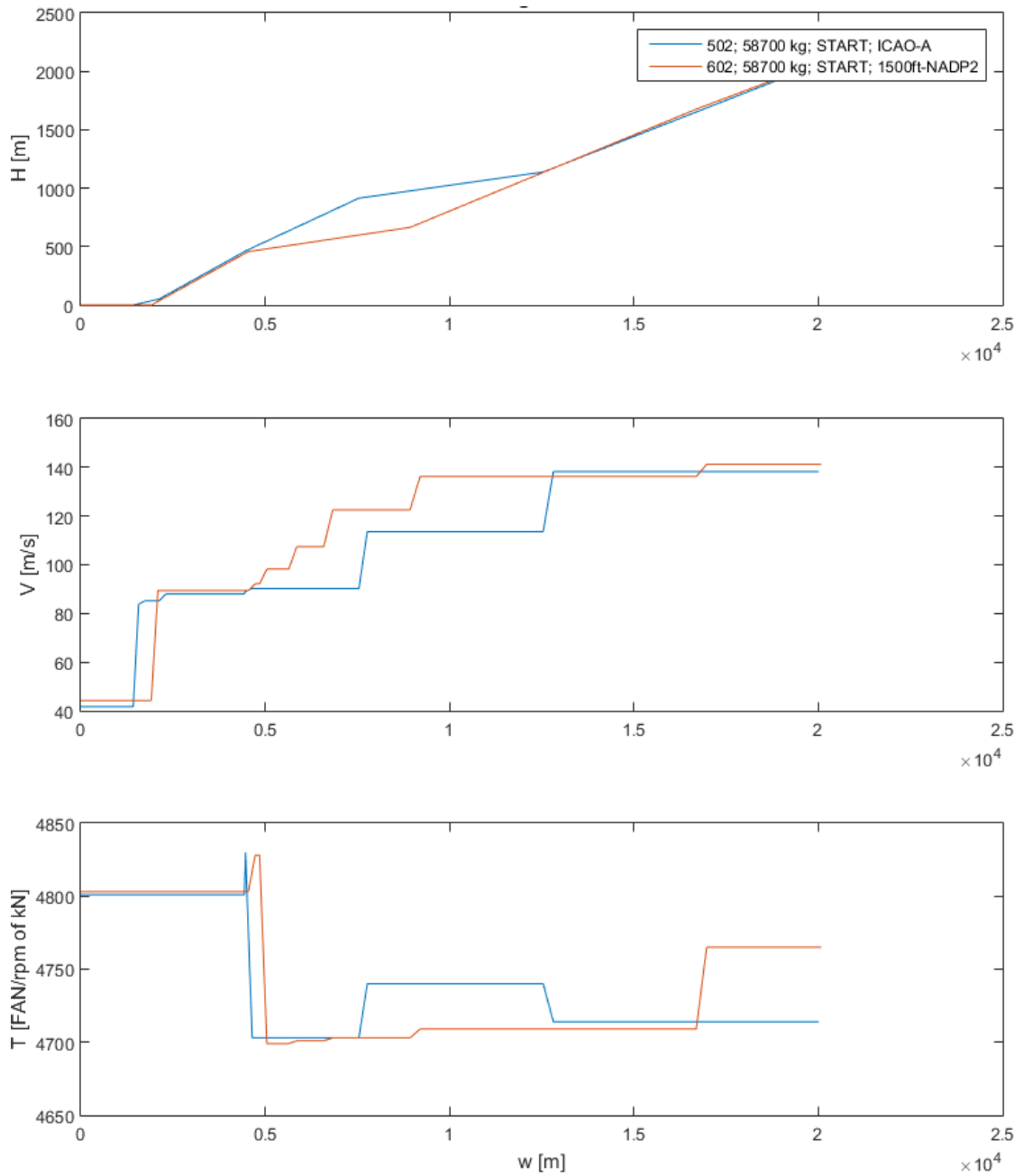
Figuur 2 – Rompafscherming en laterale demping als functie de afstand, voor hoeken variërend tussen 0° en 26°. Curves berekend met het Nederlands rekenvoorschrift [1] {NAAR TEKST}



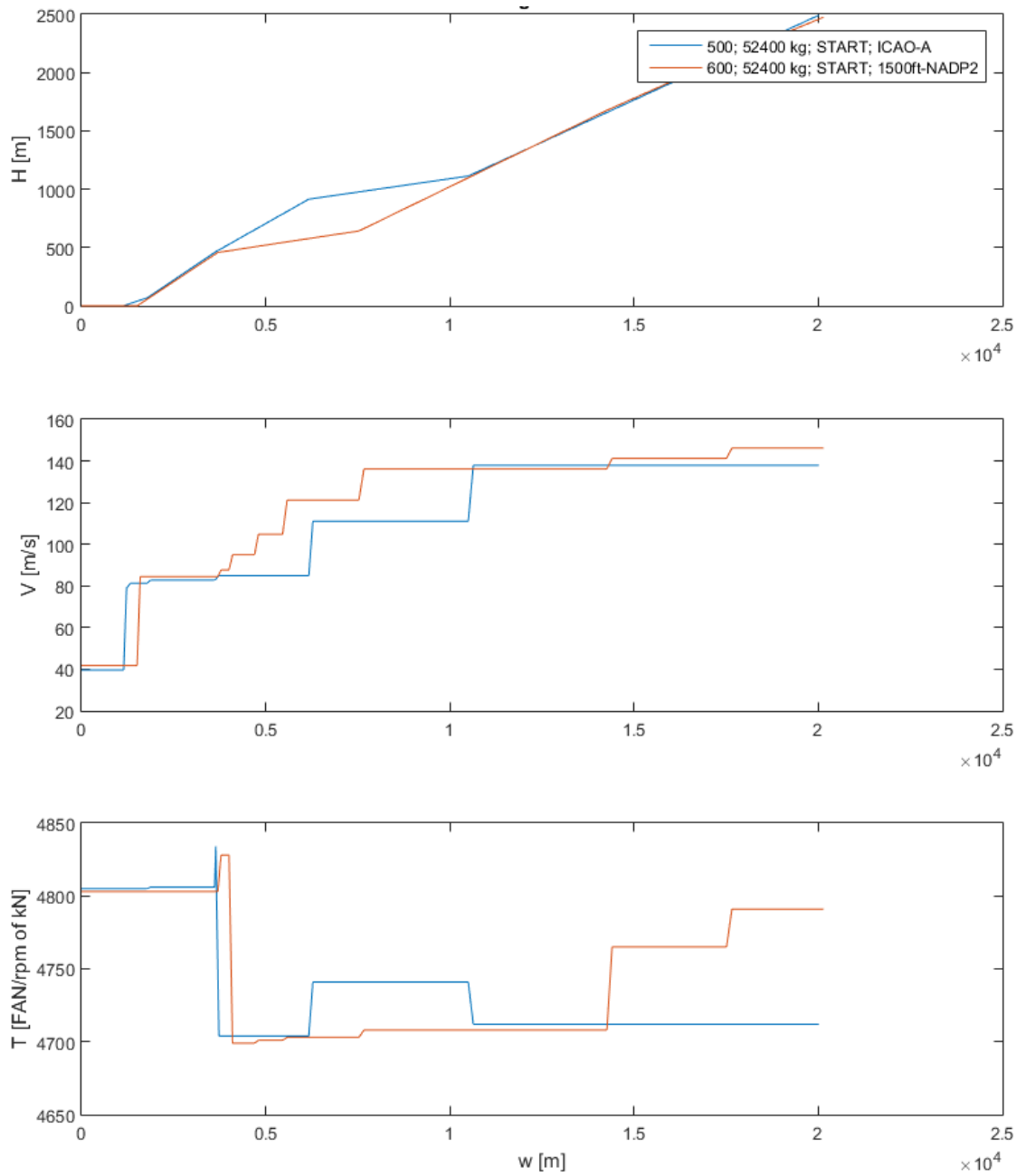
*Figuur 3 – De vlieghoogte voor NADP1 (rood) en NADP2 (blauw) op 7.500 m vanaf start en de hoeken ten opzichte een woning die, loodrecht gemeten vanaf het grondpad, op een afstand van 2.000 m ligt. Deze situatie geldt voor de B737 met startgewicht van 52,4 ton. Ze is bepaald met de prestatietabel uit [3]{[NAAR TEKST](#)}*



*Figuur 4 – Effect van stuwkracht op de geluidproductie voor 2 typen toestellen. Gegeven is het geluidniveau op 61 m afstand. Bron NPD tabel 12.3 [3]{[NAAR TEKST](#)}*

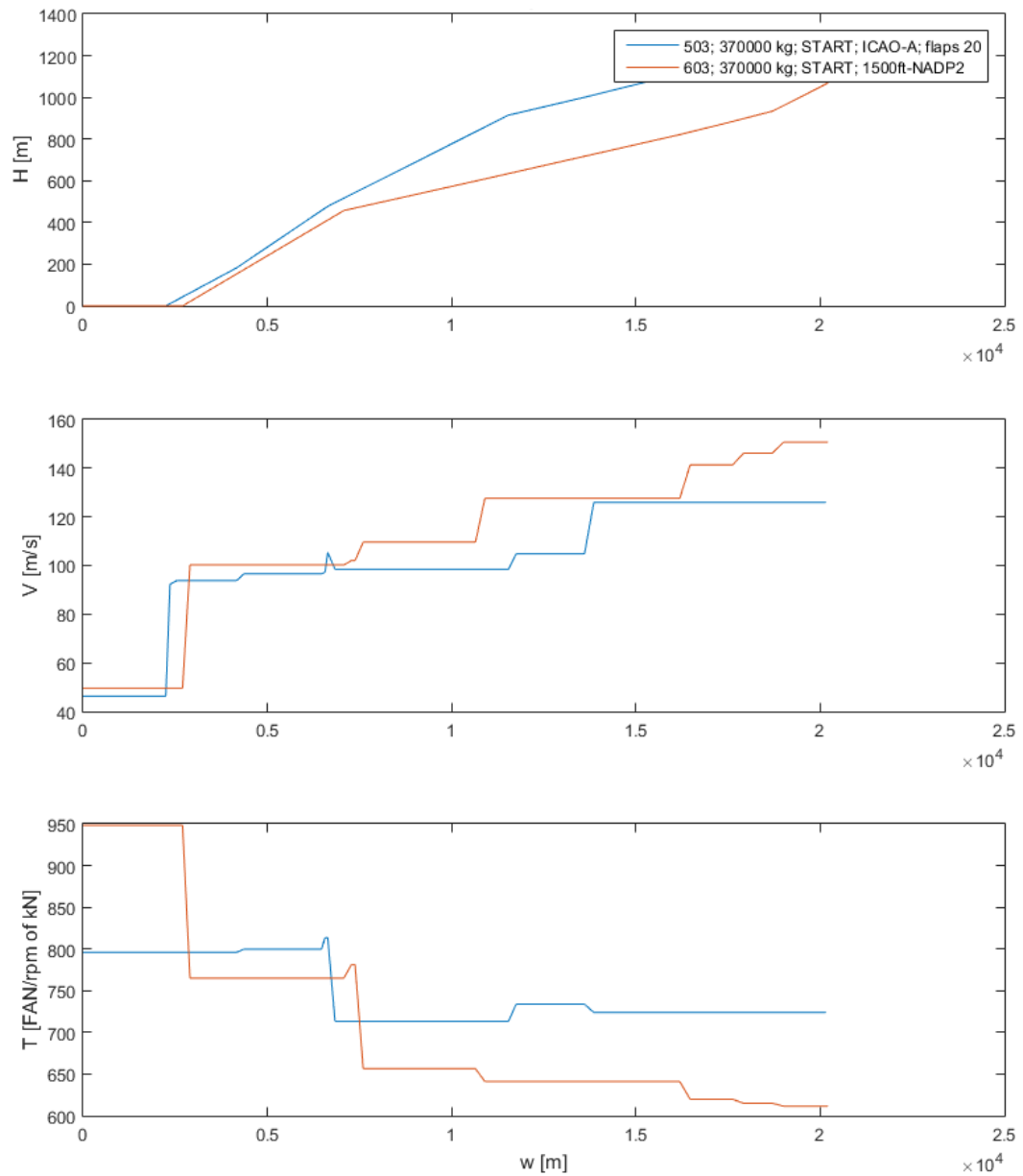


Figuur 5 – Hoogte-, snelheid- en stuwkrachtprofielen als functie van de afstand in meter [m] vanaf de start, voor de B737 met een startgewicht van 58,7 ton (ICAO-A = NADP1) [\[NAAR TEKST\]](#)

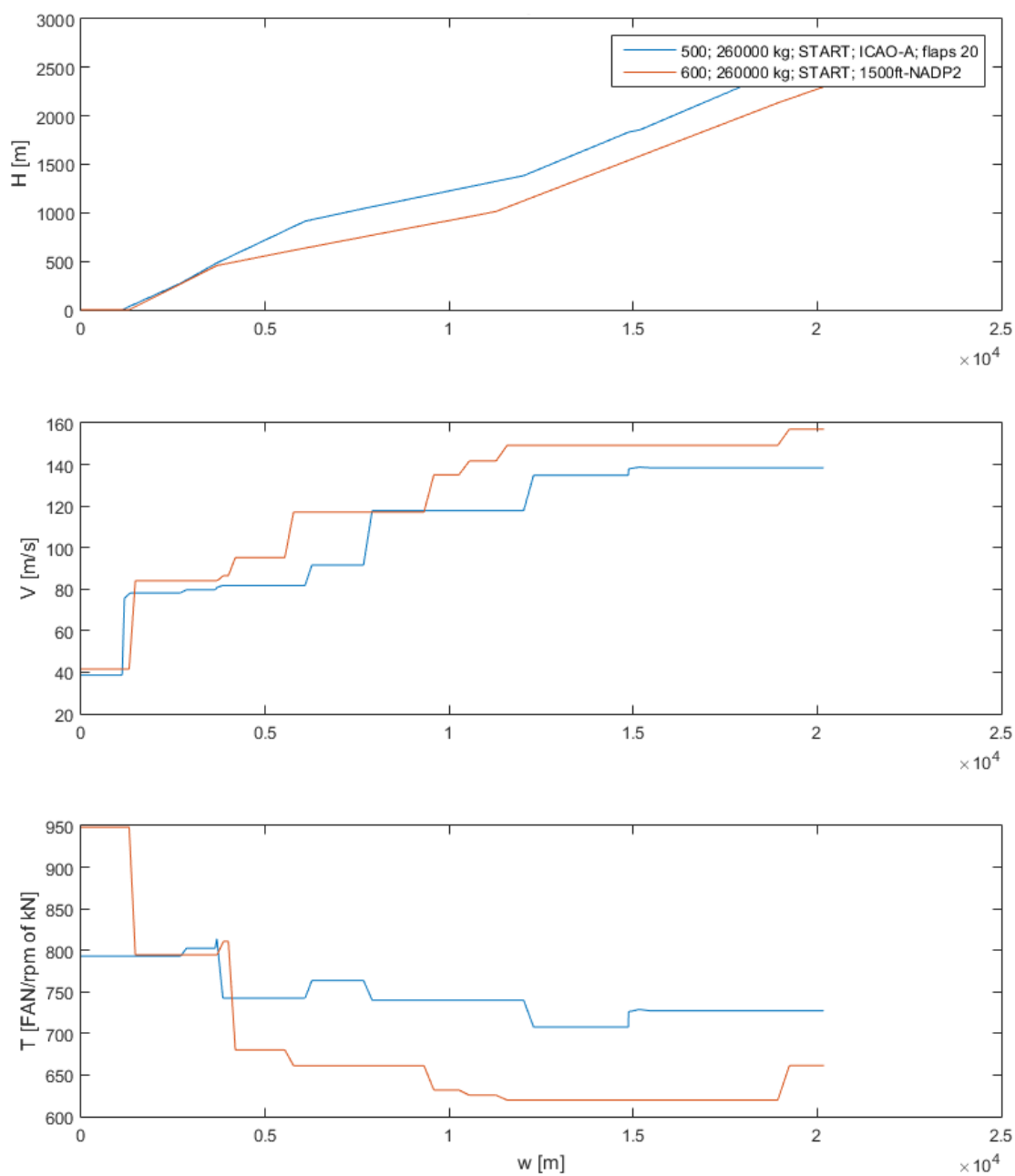


Figuur 6 – Hoogte-, snelheid- en stuwkrachtprofielen als functie van de afstand in meter [m] vanaf de start, voor de B737 met een startgewicht van 52,4 ton (ICAO-A = NADP1) [{NAAR TEKST}](#)

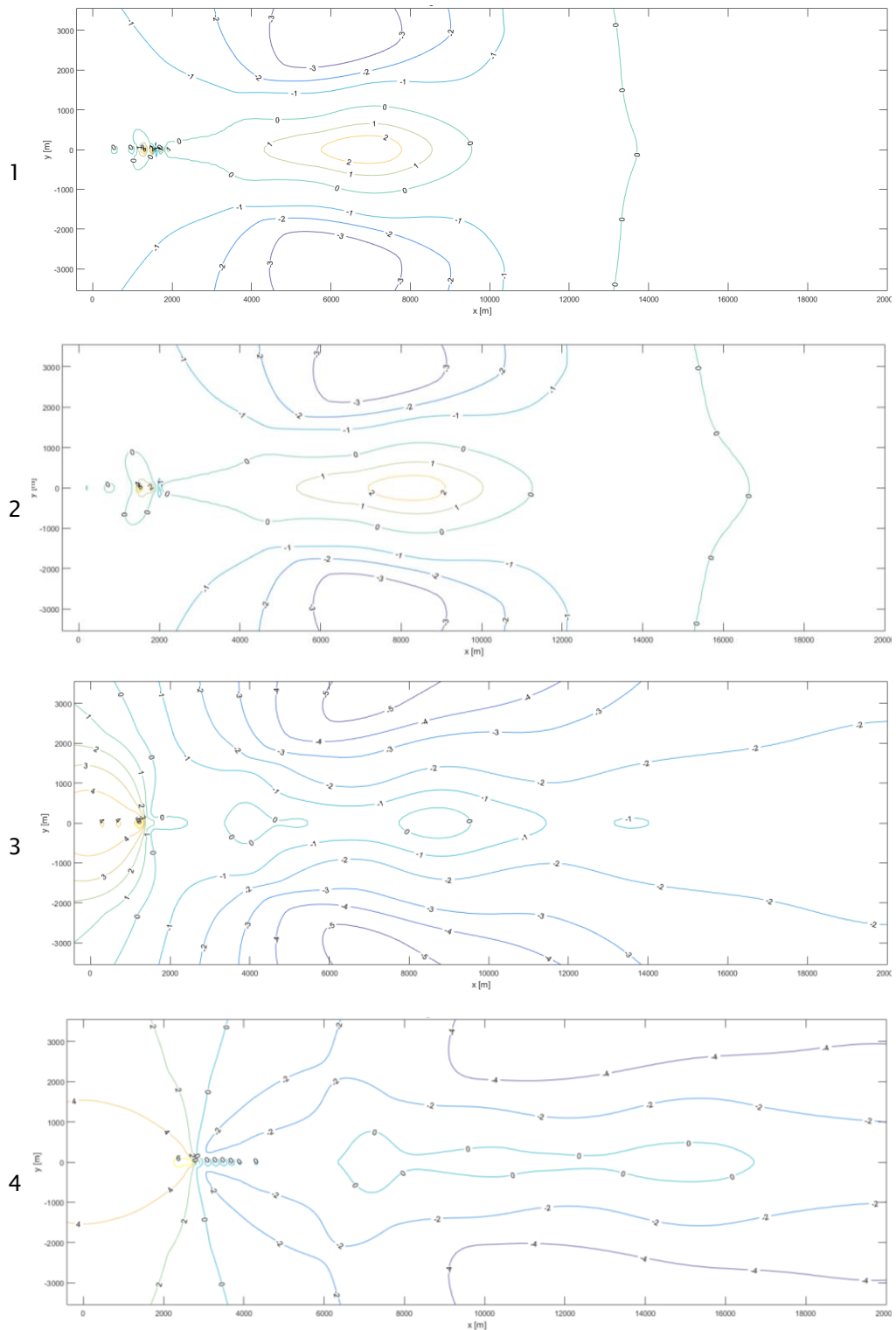




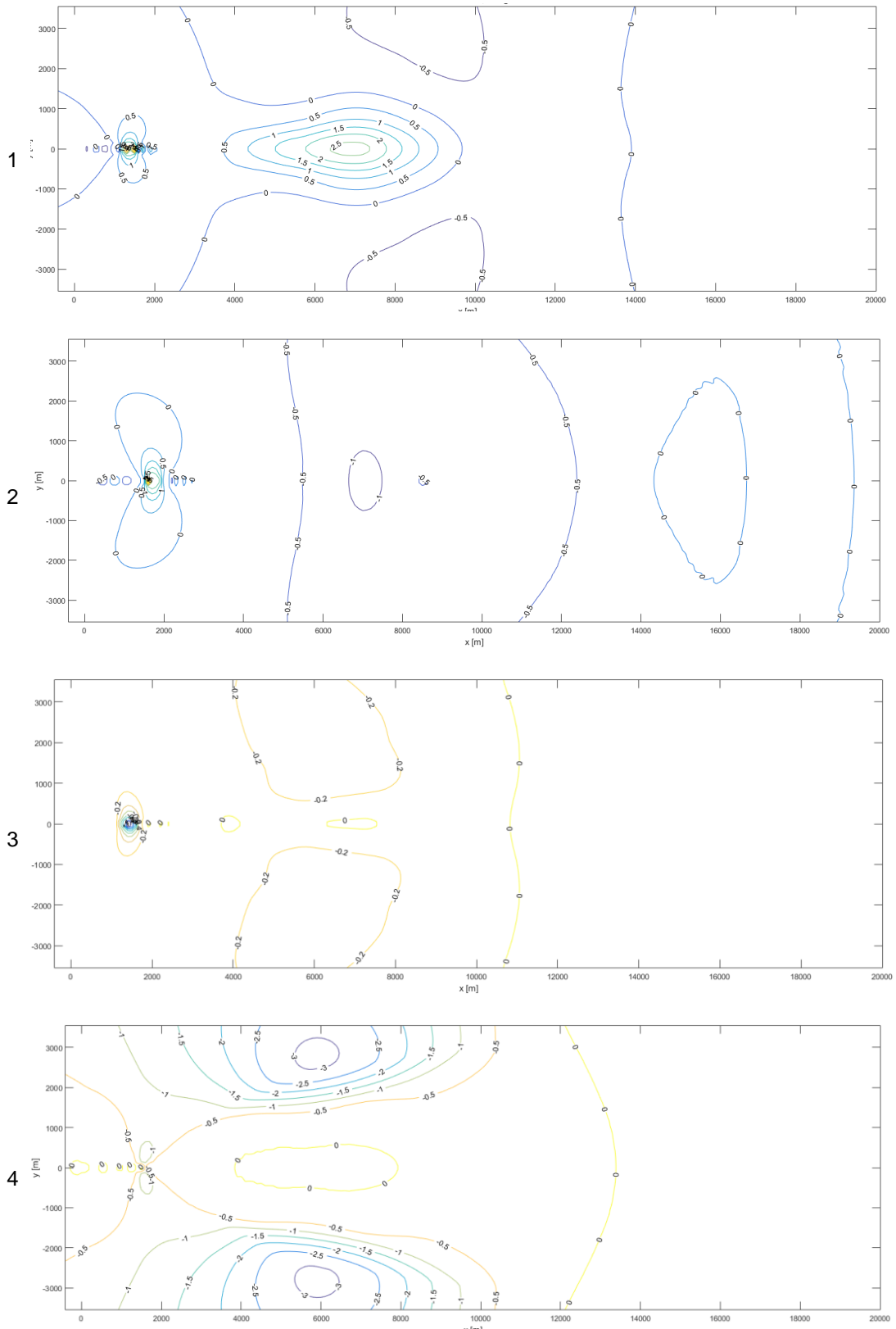
Figuur 7 - Hoogte-, snelheid- en stuwkrachtprofielen als functie van de afstand in meter [m] vanaf de start voor de B747 met een hoog startgewicht van 370 ton (ICAO-A = NADP1) {[NAAR TEKST](#)}



Figuur 8 – Hoogte-, snelheid- en stuwkrachtprofielen als functie van de afstand in meter [m] vanaf de start, voor de B747 met een laag startgewicht van 260 ton (ICAO-A = NADP1) {[NAAR TEKST](#)}

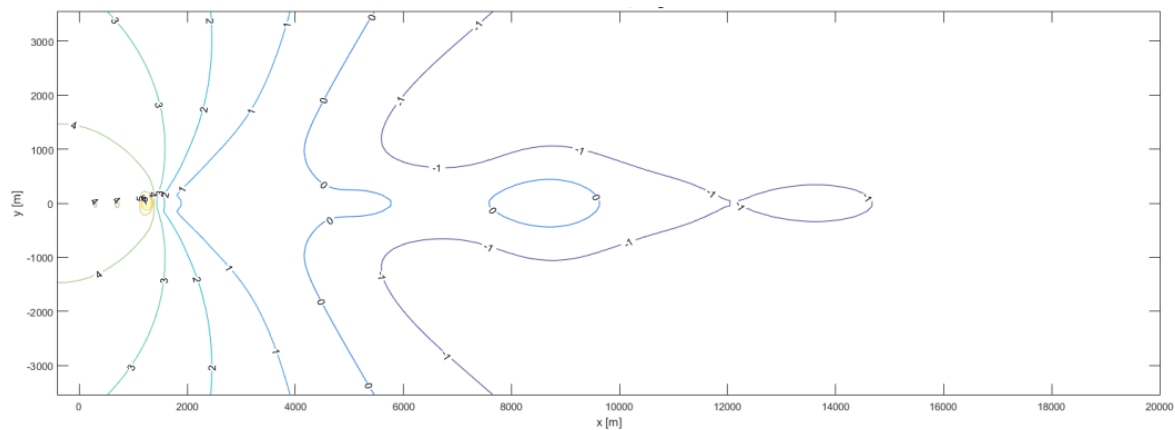


Figuur 9 – Met het NL-voorschrift [3] berekend verschil tussen de (equivalente) geluidniveaus op de grond van een start volgens NADP1 en die van een start volgens NADP2. Een negatieve waarde geeft aan dat het niveau bij NADP2 lager is. Van boven naar onder: 1: B737 met laag startgewicht, 2: als 1 maar met hoog startgewicht, 3: B747 met laag startgewicht, 4: als 3 maar met hoog startgewicht {[NAAR TEKST](#)}

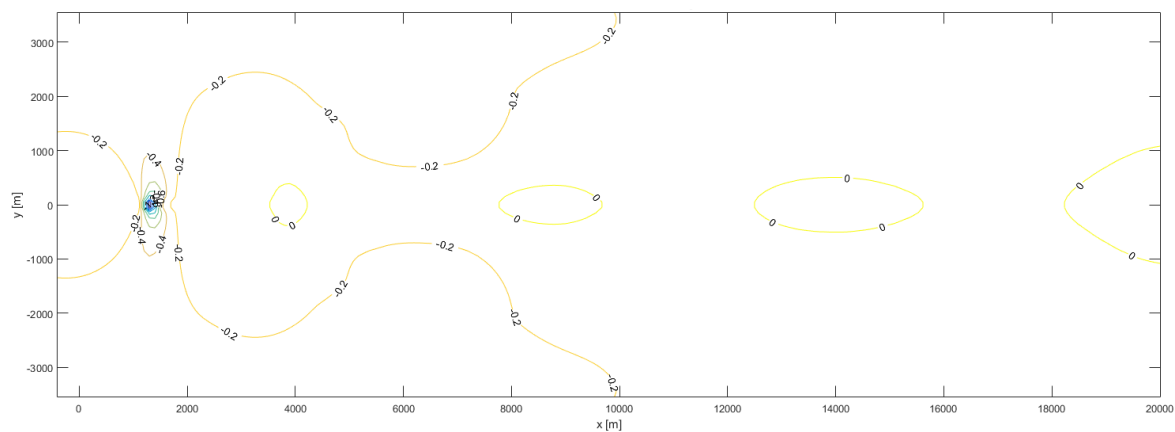


*Figuur 10 - Bijdrage-analyse NADP2 vs. NADP1 voor de B737 met laag startgewicht. Bijdragen van snelheid, hoogte en stuwkracht (1), alleen snelheid (2), afscherming (3) en laterale bodemdemping (4) aan het totale berekende geluideffect zoals afgebeeld in Figuur 9-1 [\[NAAR TEKST\]](#)*

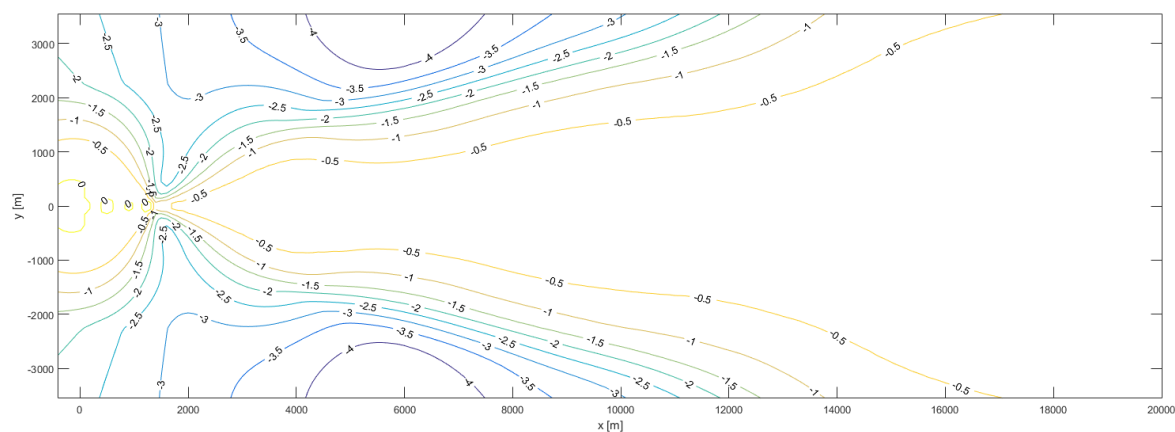
1



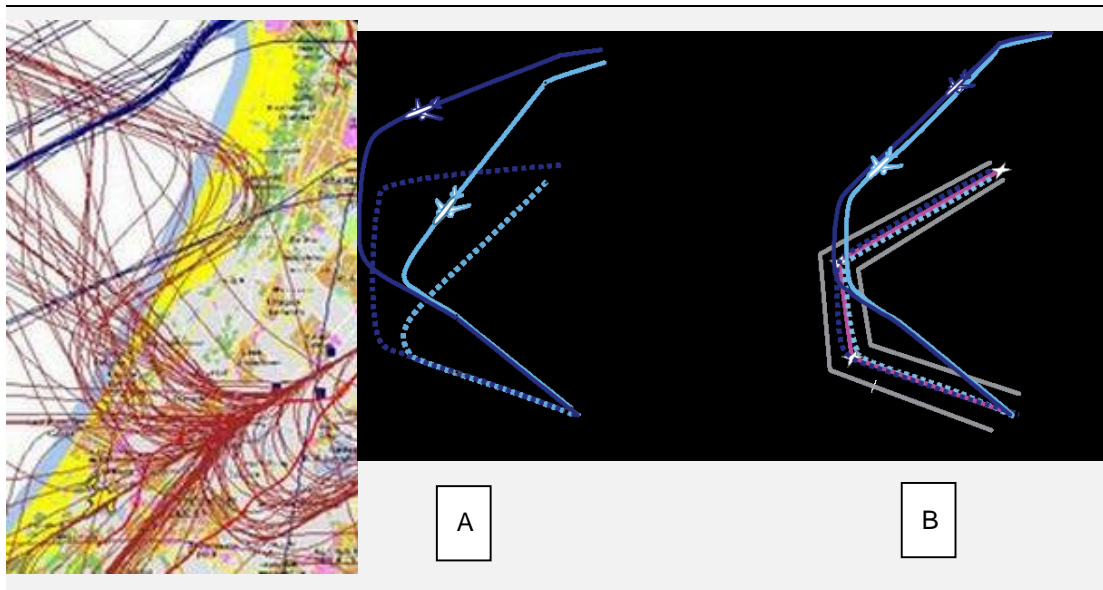
2



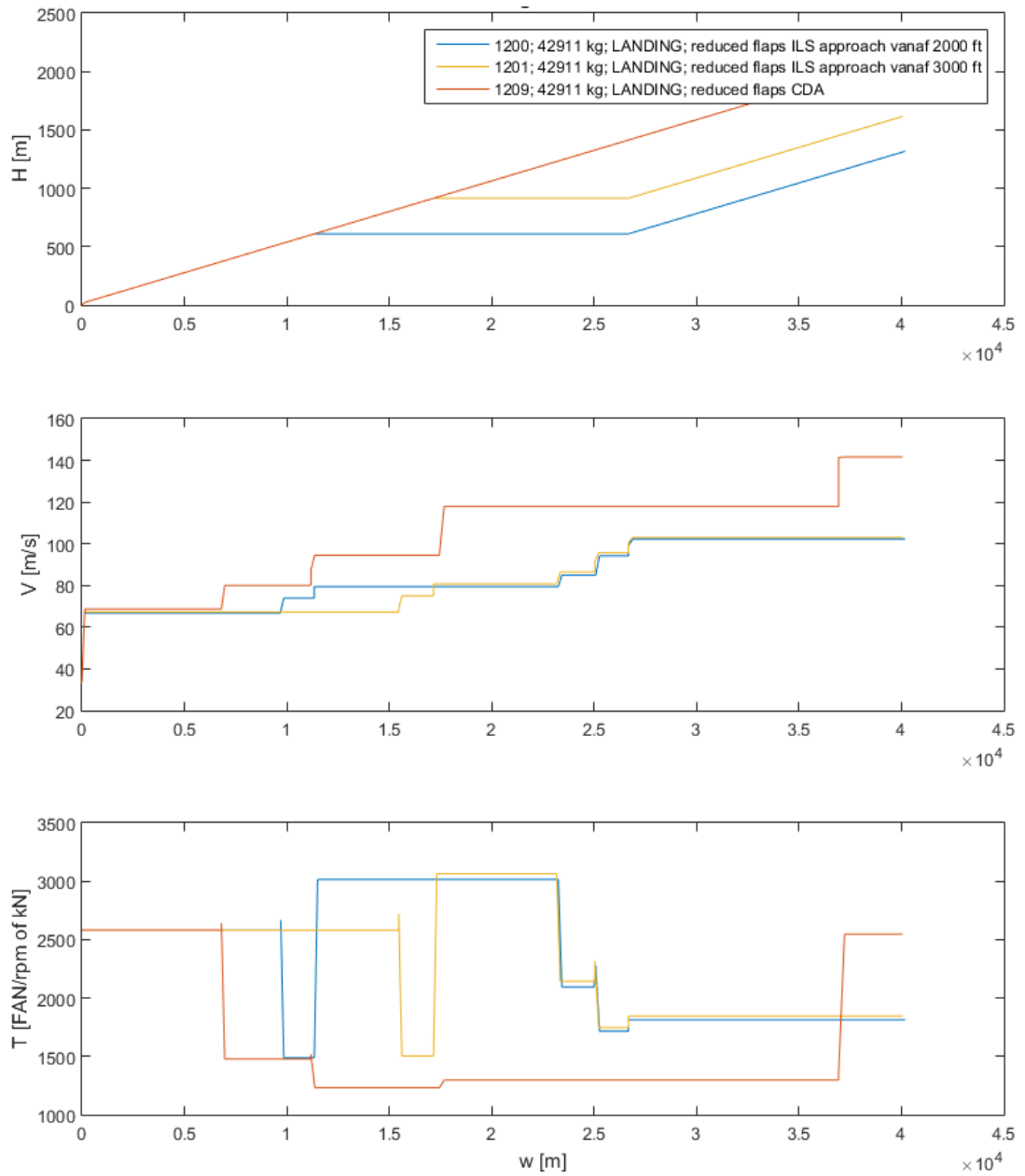
3



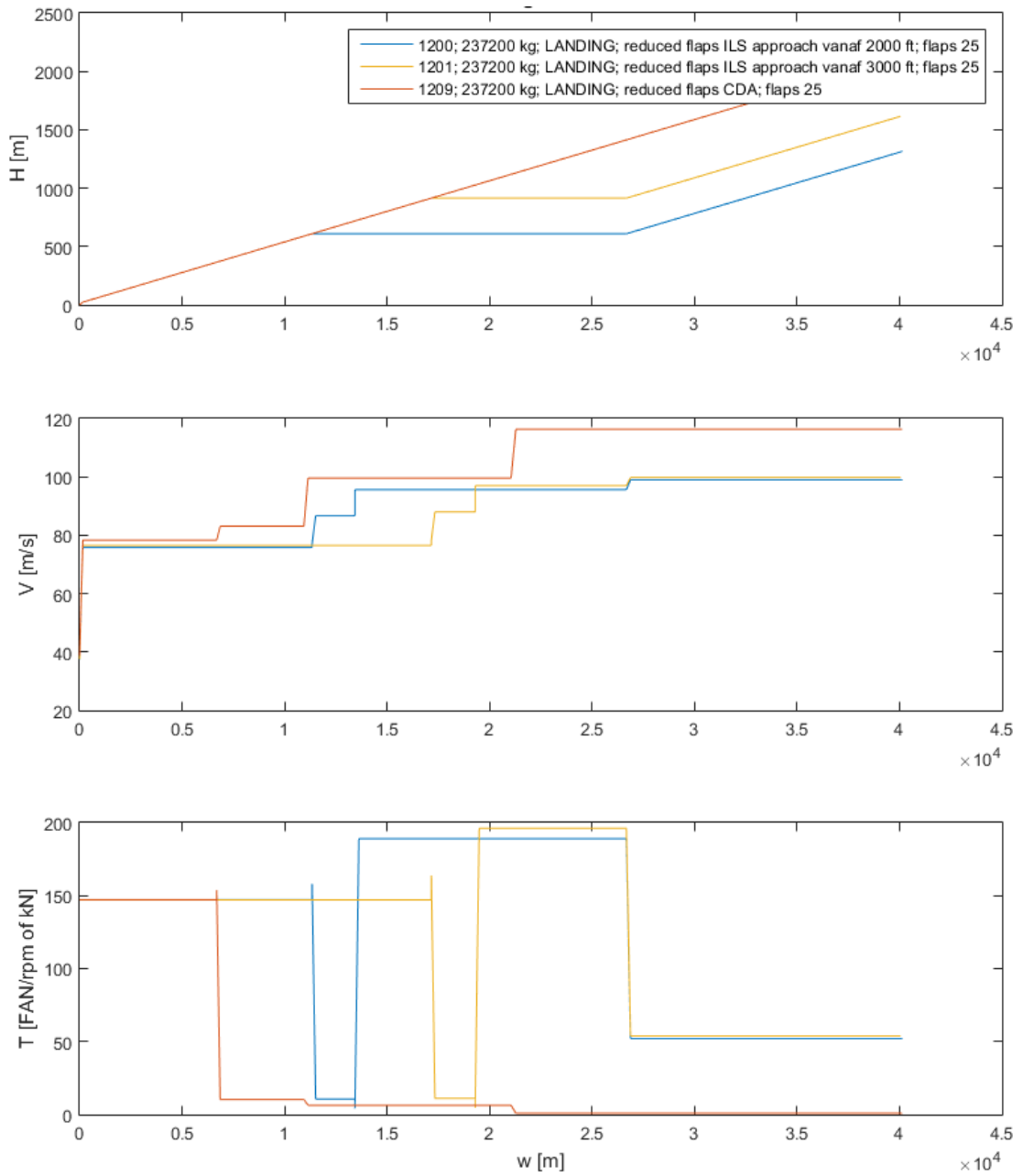
*Figuur 11 – Bijdrage-analyse NADP2 vs. NADP1 voor de B747 met laag startgewicht. Bijdragen van snelheid, hoogte en stuwkracht (1), afscherming (2) en laterale bodemdemping (3) aan het totale geluideffect zoals afgebeeld in Figuur 9-3 [{NAAR TEKST}](#)*



*Figuur 12 – Links: spreiding van naderingsroutes op de Kaagbaan gestuurd met vectoring. Rechts: Projectie op de grond van vliegpaden overdag met vectoring (A) en 's nachts in combinatie met een vaste route (B) [NAAR TEKST](#)*

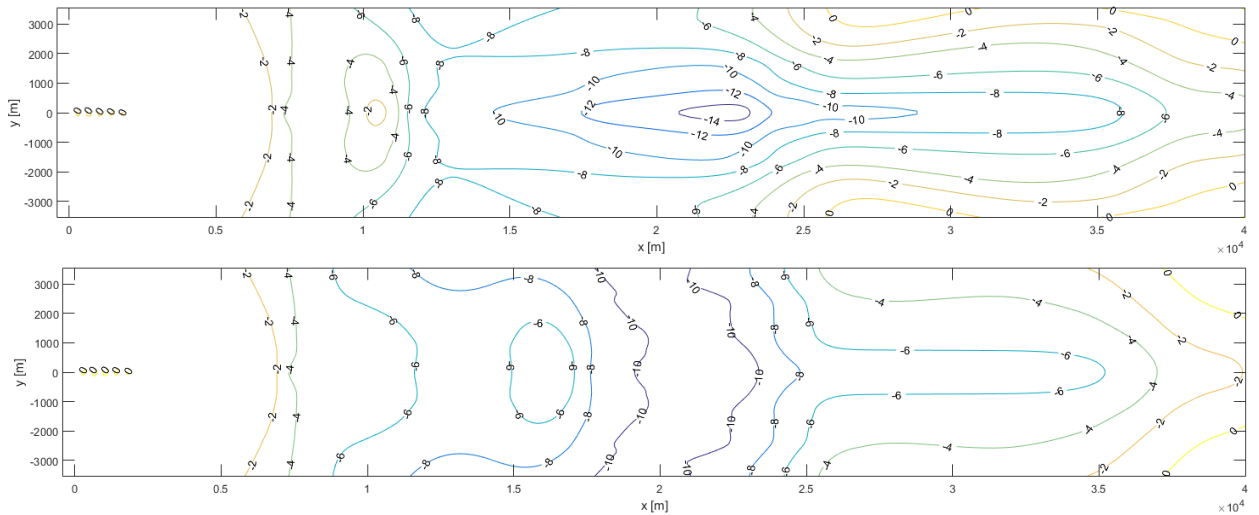


Figuur 13 – Standaard hoogte-, snelheids- en stuwkrachtprofielen behorende bij de 2.000 ft, 3.000 ft en CDA landingsprocedure voor de B737 [{NAAR TEKST}](#)

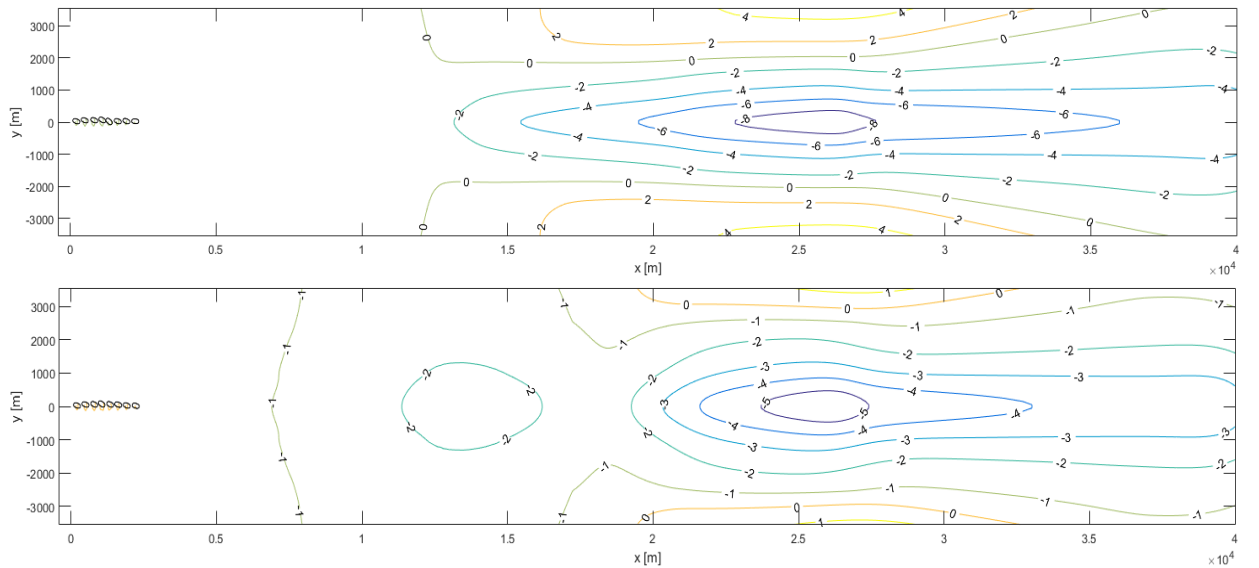


Figuur 14 – Standaard hoogte-, snelheids- en stuwkrachtprofielen behorende bij de 2.000 ft, 3.000 ft en CDA landingsprocedures voor de B747 {NAAR TEKST}

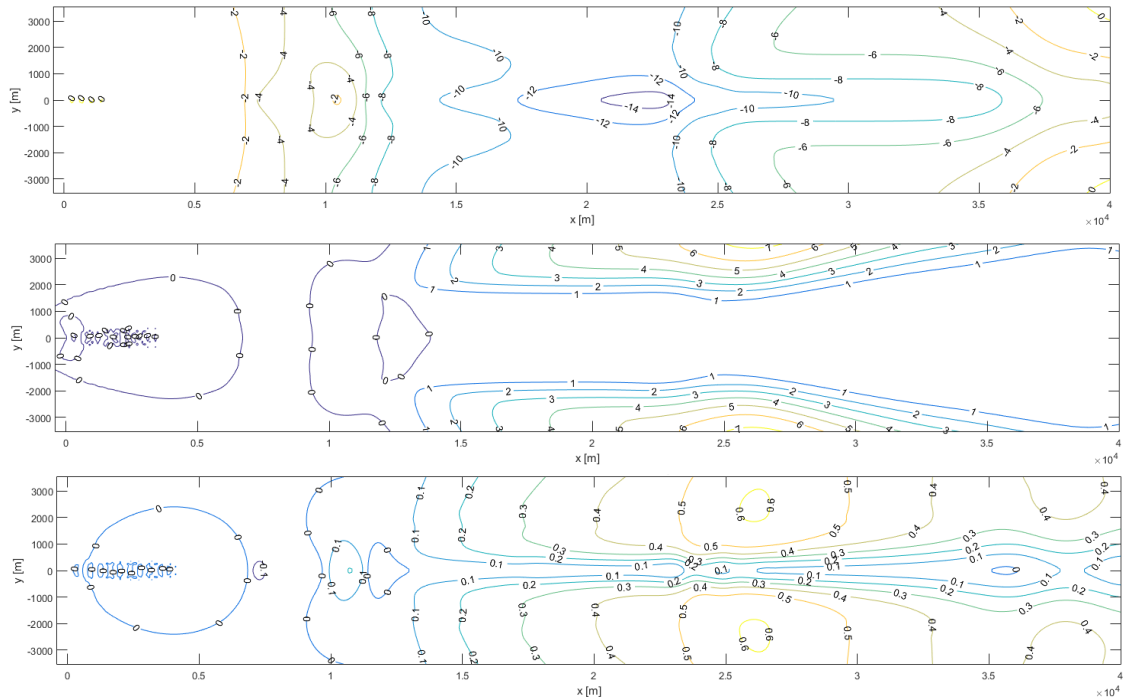




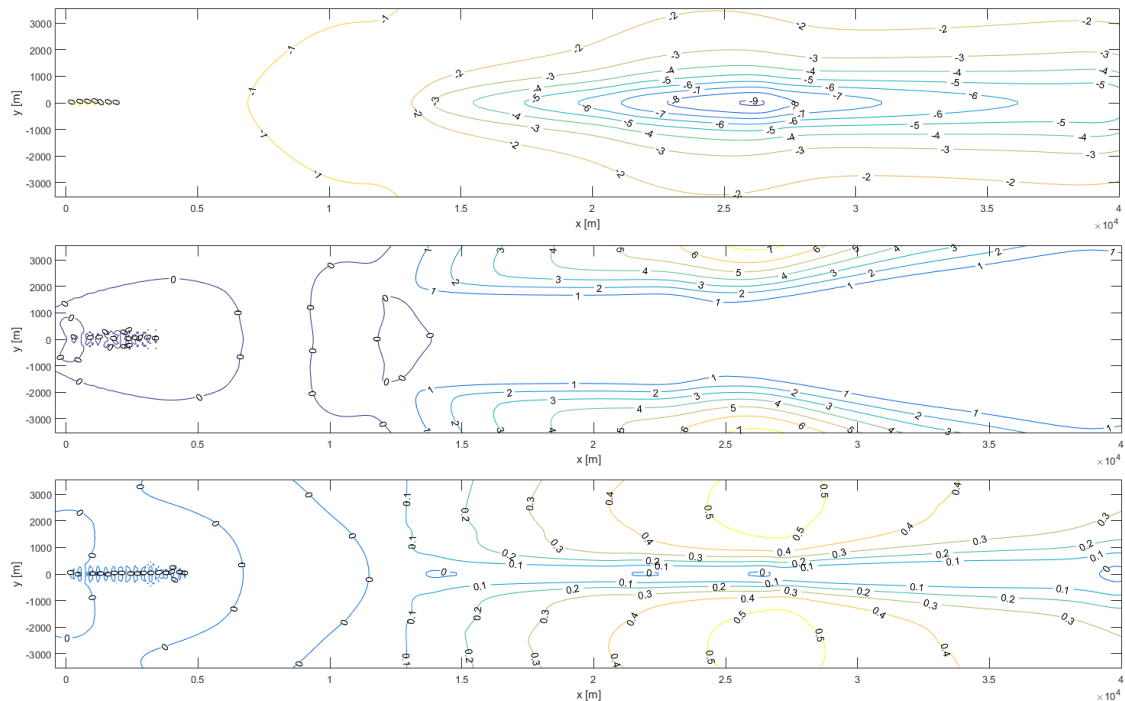
*Figuur 15 – Met het NL-voorschrift [3] berekend verschil tussen de geluidbelasting op de grond van een 2.000 ft-nadering en die van CDA (boven) en tussen een 3.000 ft-nadering en CDA (onder) voor de B737 met een landingsgewicht van 43 ton {[NAAR TEKST](#)}*



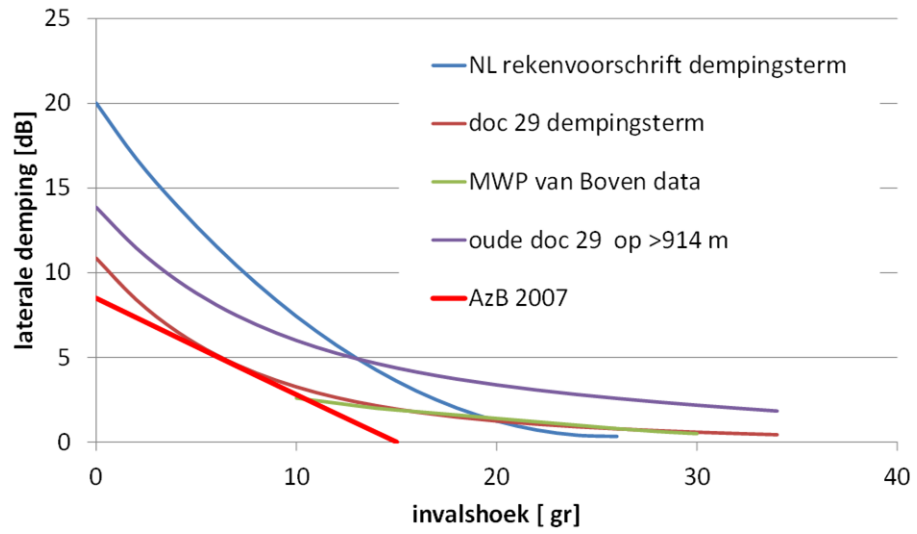
*Figuur 16 – Met het NL-voorschrift [3] berekend verschil tussen de geluidbelasting op de grond van een 2.000 ft-nadering en CDA (boven) en een 3.000 ft-nadering en CDA (onder) voor de B747 met een landingsgewicht van 237 ton {[NAAR TEKST](#)}*



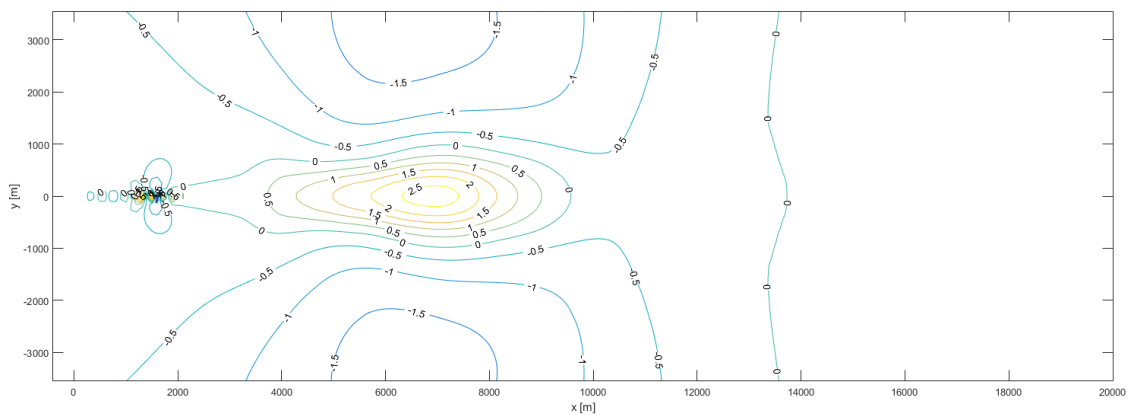
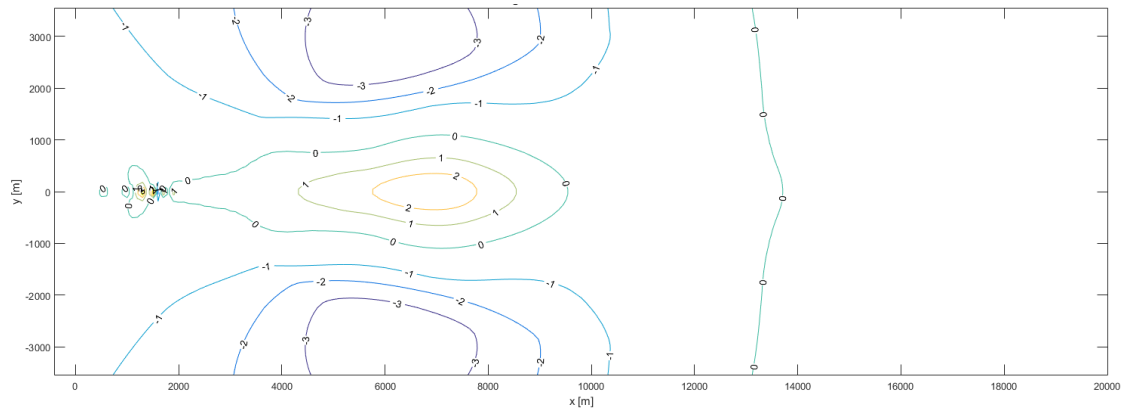
**Figuur 17** – Bijdrage-analyse voor CDA vs. nadering op een vaste hoogte van 2.000 ft bij de B737. Bijdragen van stuwkracht, hoogte en snelheid (boven), laterale demping (mid-den) en de afschermende werking van de romp (onder) aan het totale berekende geluid-effect van CDA op de grond zoals afgebeeld bovenaan in [Figuur 15](#) {[NAAR TEKST](#)}



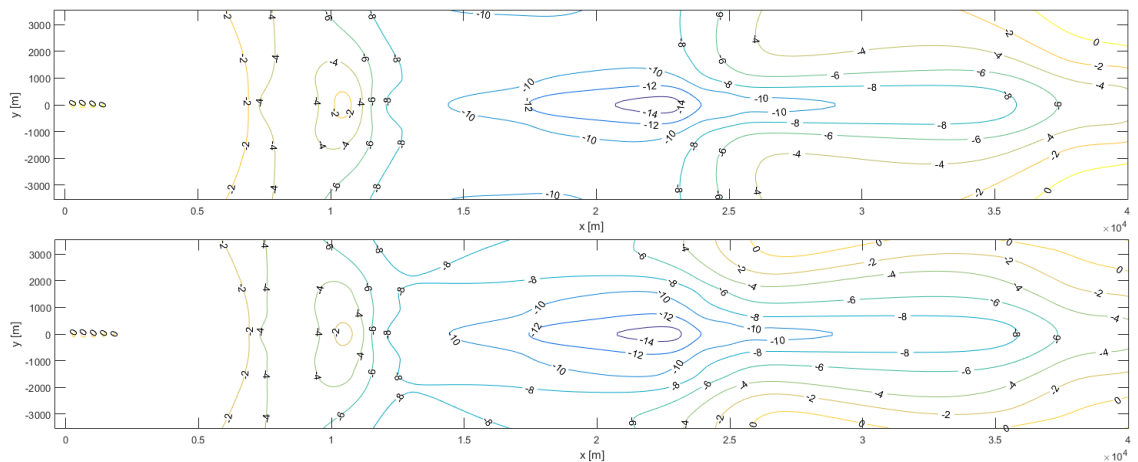
**Figuur 18** – Bijdrage-analyse voor CDA vs. nadering op een vaste hoogte van 2.000 ft bij de B747. Bijdragen van stuwkracht, hoogte en snelheid (boven), laterale demping (mid-den) en de afschermende werking van de romp (onder) aan het totale berekende geluid-effect van CDA op de grond zoals afgebeeld bovenaan in [Figuur 16](#) {[NAAR TEKST](#)}



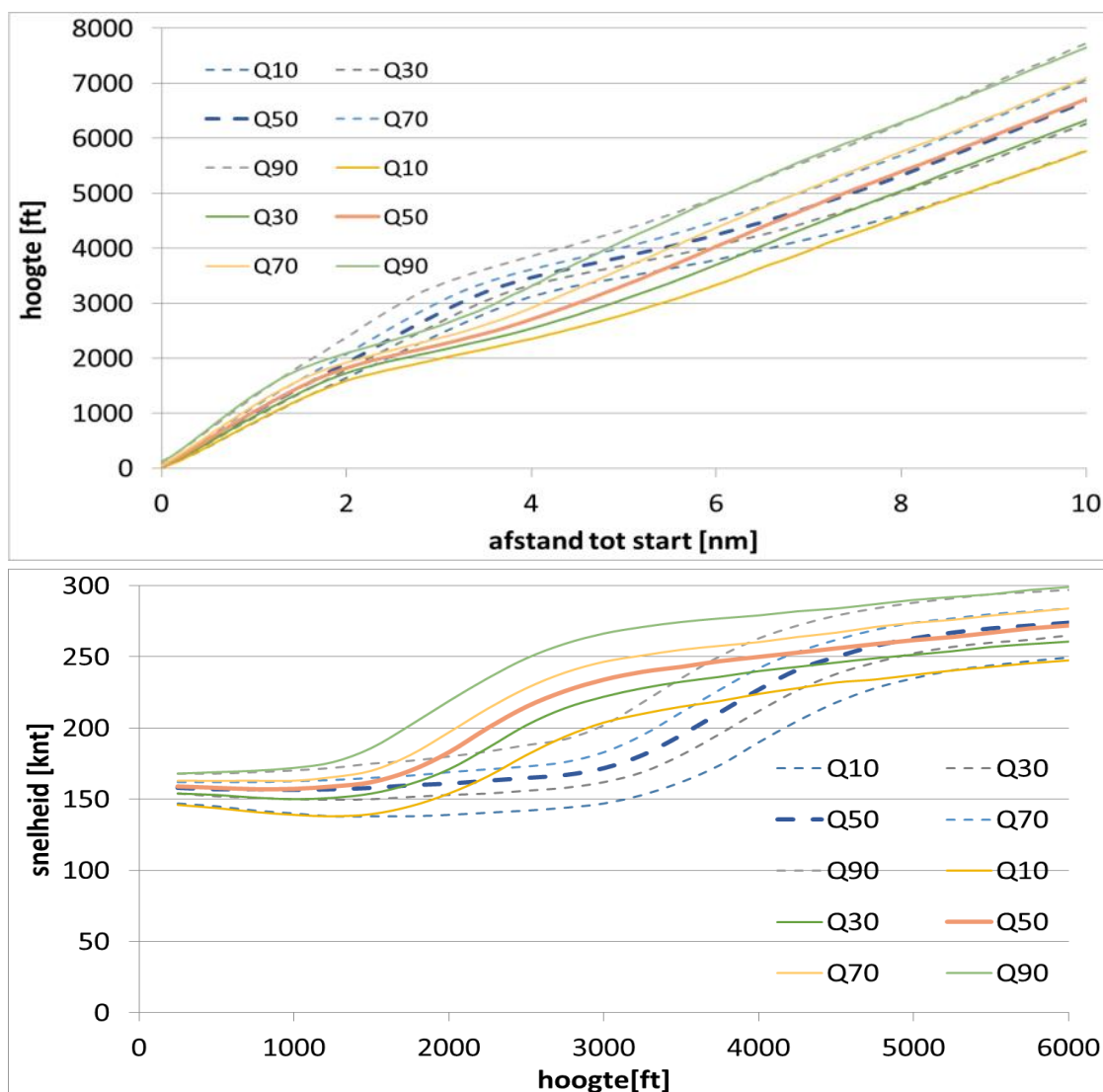
*Figuur 19 – Laterale demping als functie van invalshoek op een afstand van 2000 m van het grondpad conform NL rekenvoorschrift (blauw), Doc29 (rood), resultaten van validatiemeting met een Airbus A300 (groen) [6], 2nd edition Doc29 (paars) [5] en de in Duitsland gebruikte AzB [7] [NAAR TEKST](#)*



*Figuur 20 – Berekening van het verschil tussen NADP1 en NADP2 voor de B737 met laag start gewicht waarbij de dempingsterm uit het NL-voorschrift [3] is gebruikt (boven), en dezelfde berekening waarbij de lagere dempingsterm uit Doc 29 [5] is gebruikt (onder) [{NAAR TEKST}](#)*



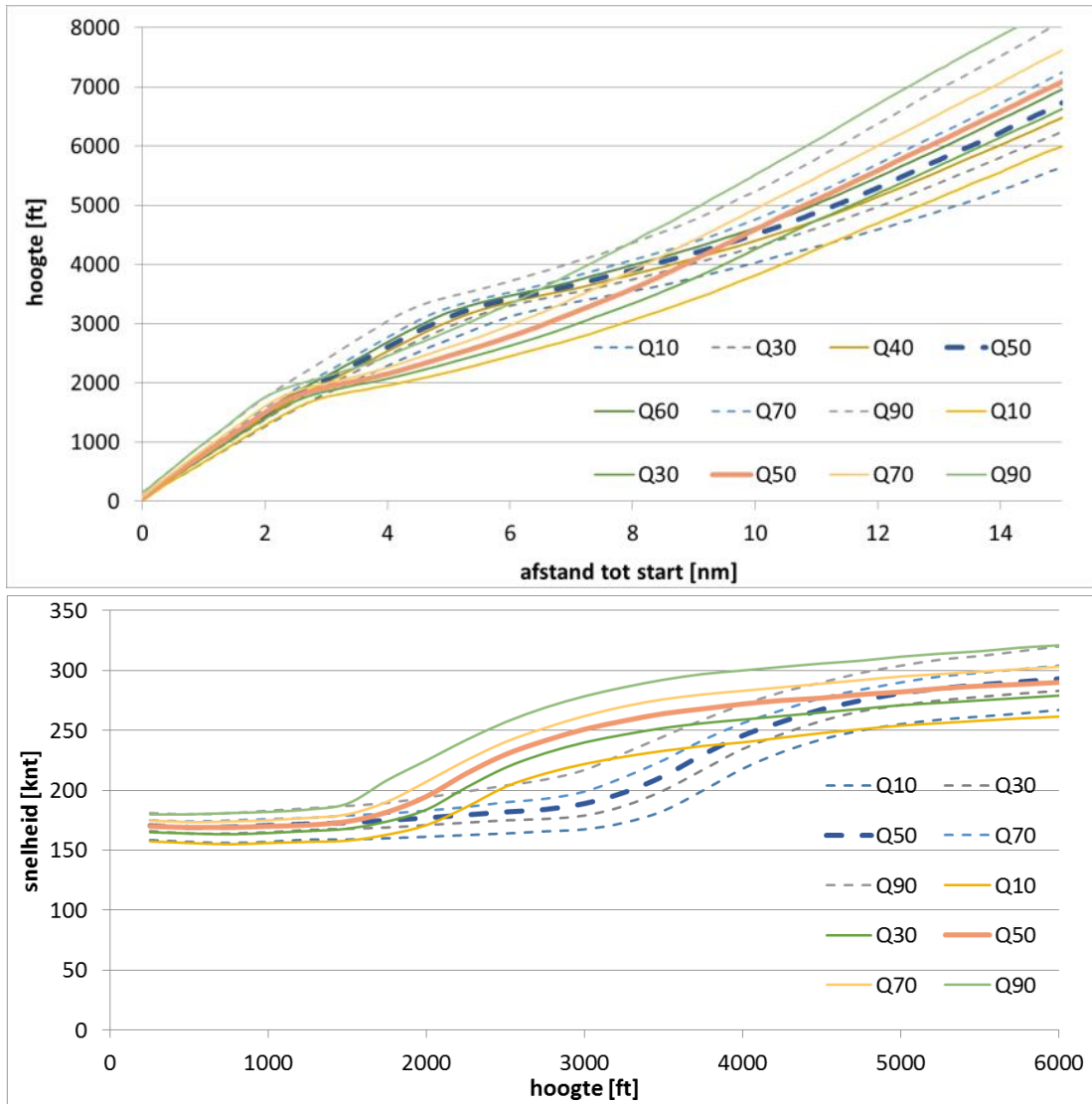
*Figuur 21 – Berekening van het verschil tussen een vaste nadering op 2.000 ft en CDA voor de B737 gebaseerd op de lagere dempingsterm uit Doc 29 [5] (boven) en gebaseerd op de dempingsterm uit het NL-voorschrift [3] (onder) [{NAAR TEKST}](#)*



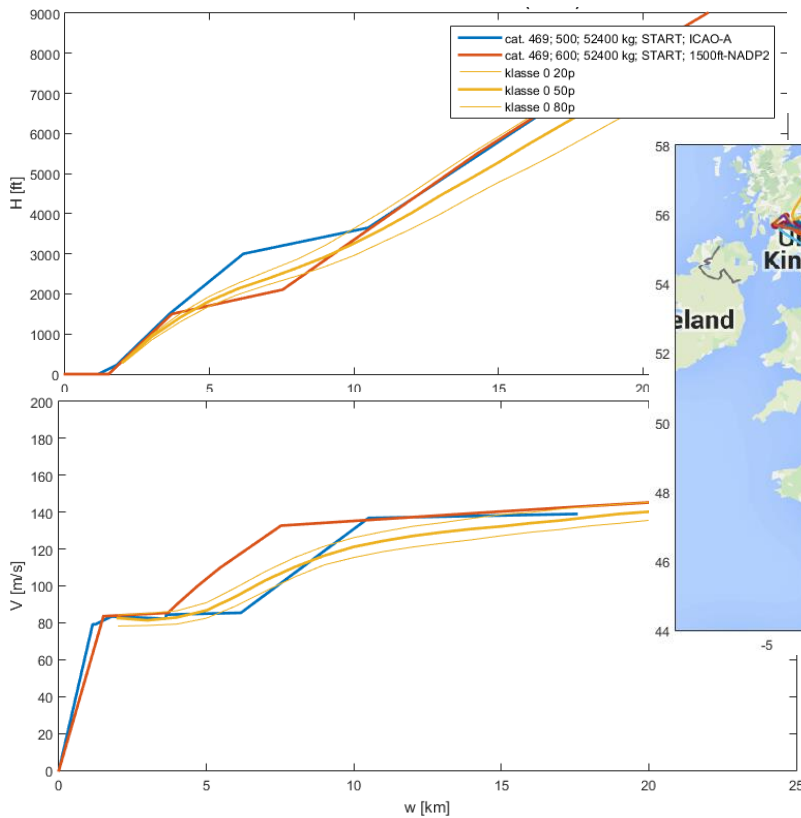
Figuur 22 – Verdeling van de hoogte- (boven) en snelheidsprofielen (onder) voor starts conform NADP1 (onderbroken lijnen) en NADP2 (doorgetrokken lijn) van KLM-vluchten met B737-800-toestellen naar Zuid- of Oost-Europa ('afstandsklasse 2'). De afstand is uitgedrukt in nautische mijlen (1 NM = 1,85 km).  $Q_n$  = percentielwaarden<sup>36</sup>

{NAAR TEKST}

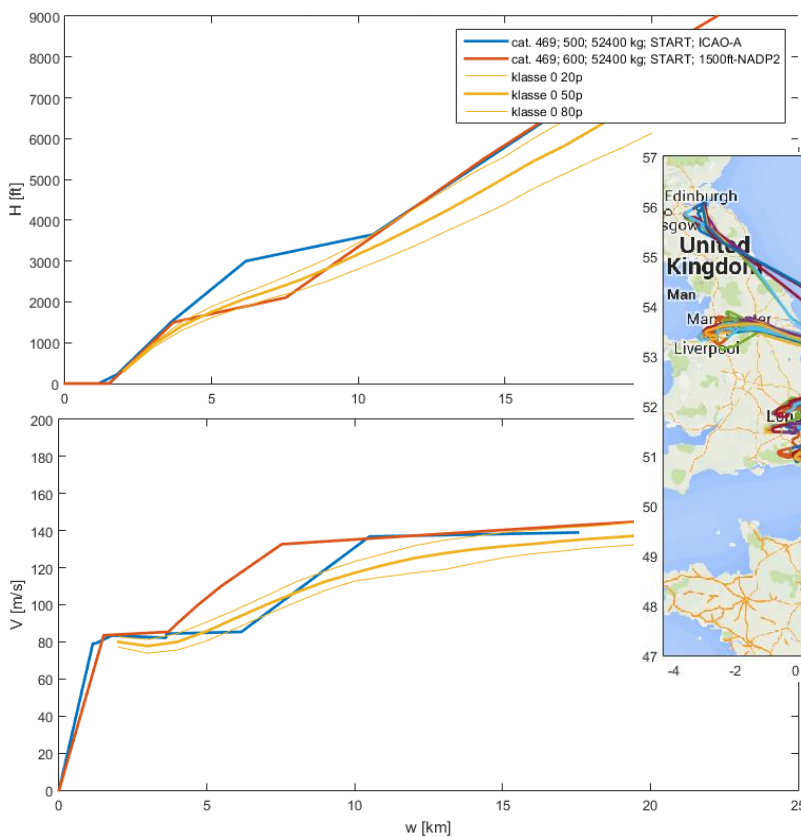
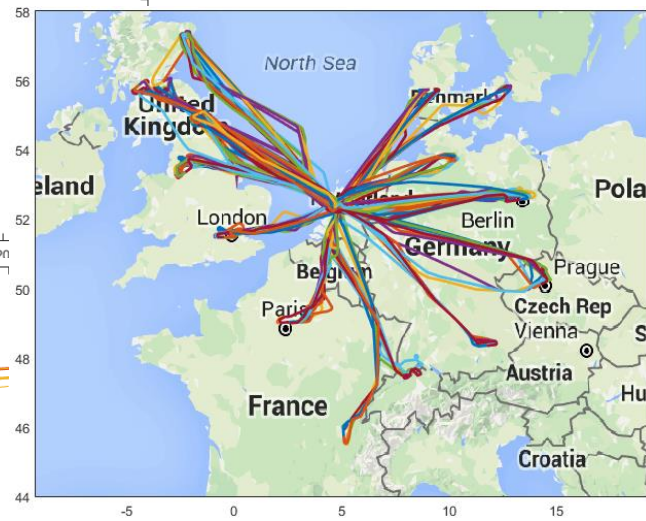
<sup>36</sup> Q90 betekent dat bij 90% van de starts lager resp. trager gevlogen wordt en bij Q10 is dat voor 10% van de starts het geval.



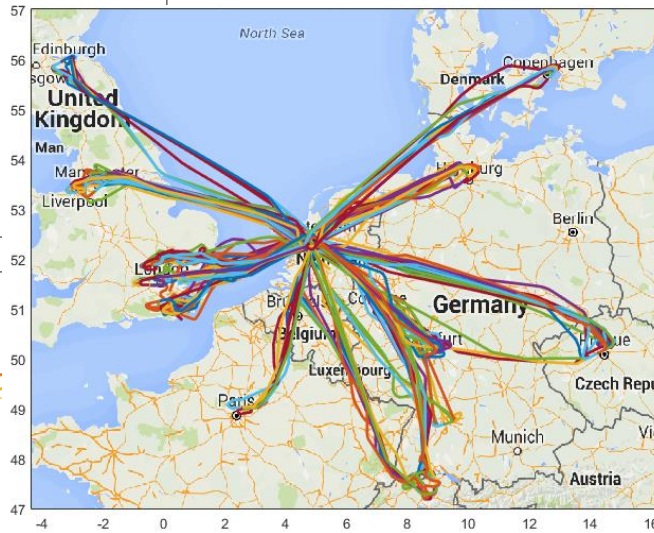
Figuur 23 – Verdeling van de hoogte- (boven) en snelheidsprofielen (onder) voor starts conform NADP1 (onderbroken lijnen) en NADP2 (doorgetrokken lijn) van KLM-vluchten uit afstandsklasse 2, met B747-toestellen. [NM] = nautische mijl;  $Q_n$  = percentiel-waarden {NAAR TEKST}



**Starts met KLM 737-toestellen (N=416)**

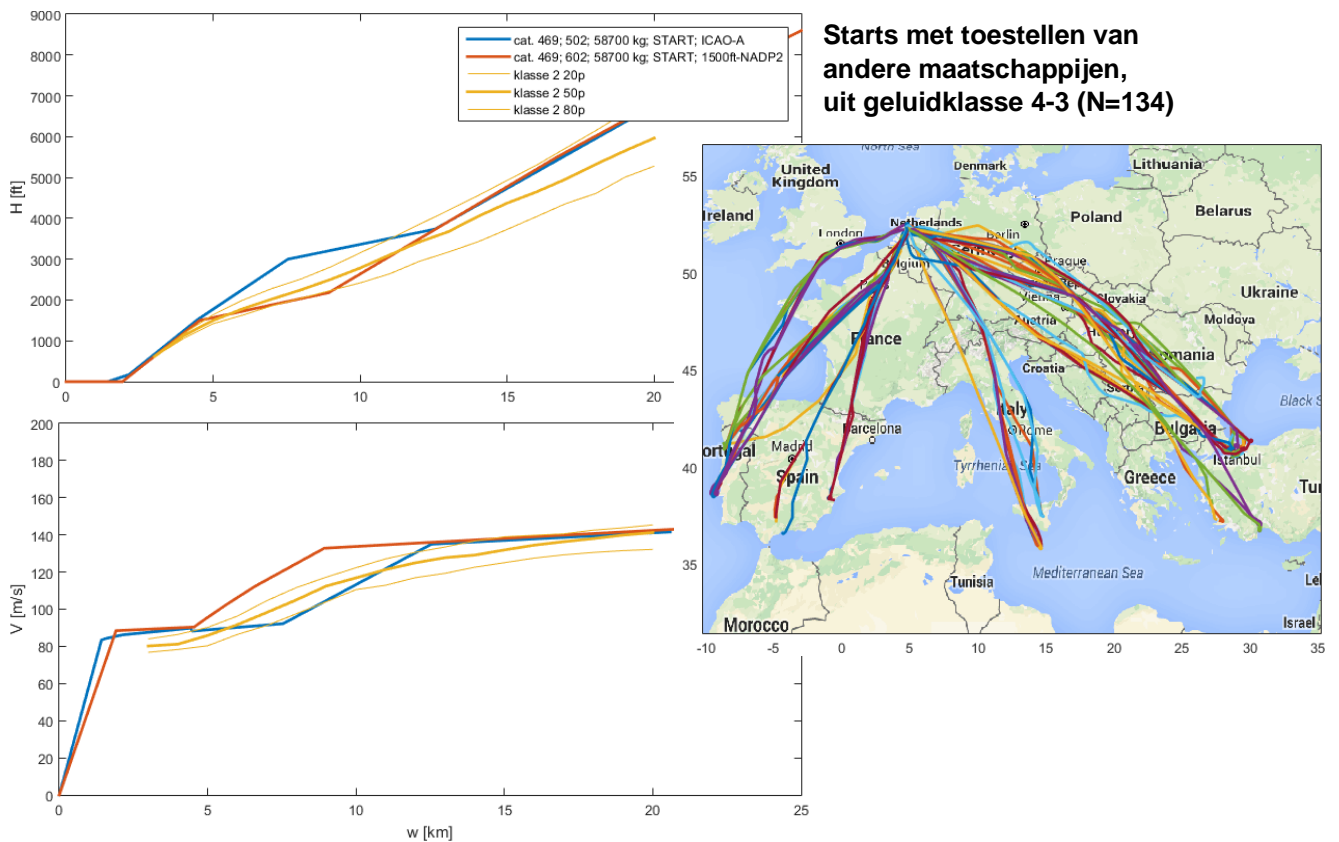
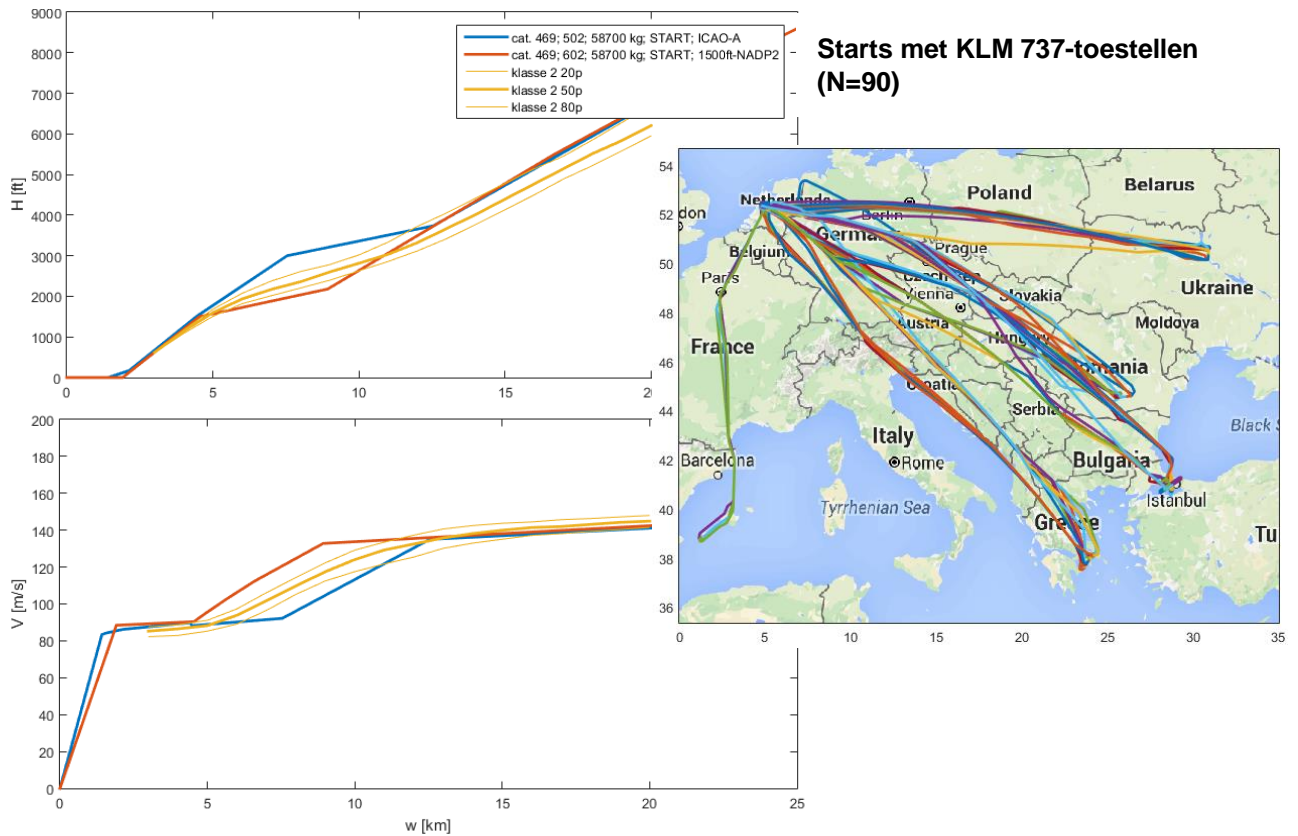


**Starts met toestellen van andere maatschappijen, uit geluidklasse 4-3 (N=448)**



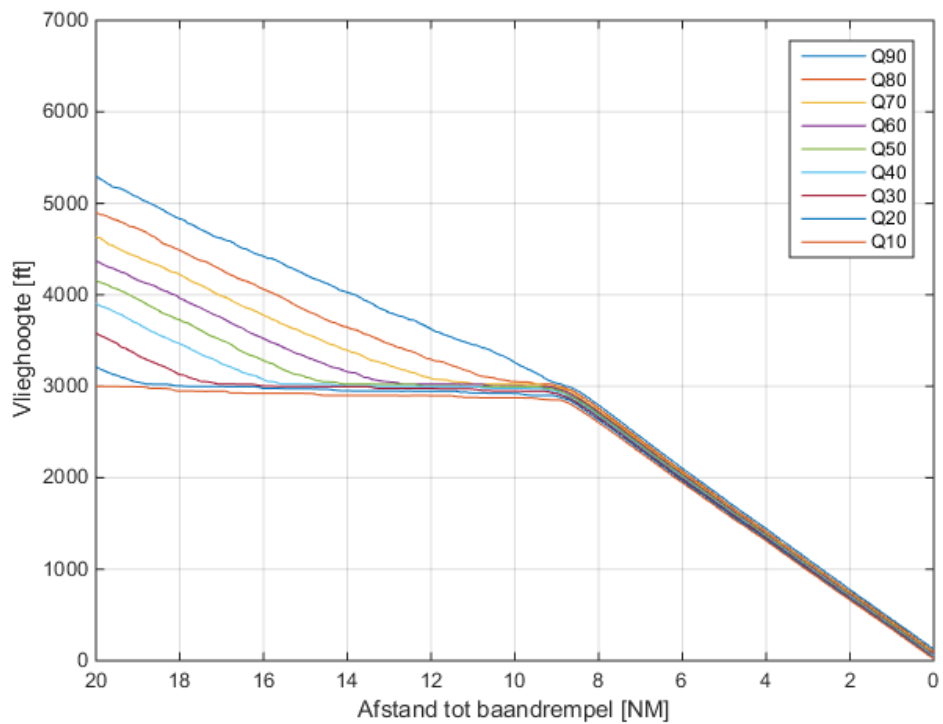
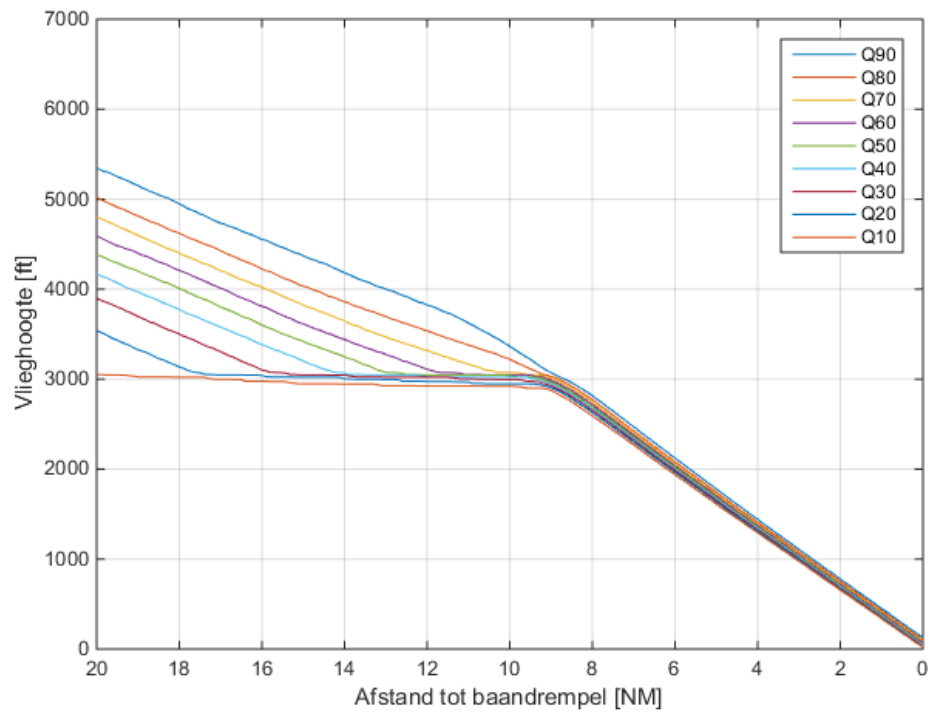
*Figuur 24 - Hoogte- en snelheidsprofielen voor starts uitgevoerd door KLM-toestellen (boven) en toestellen van andere maatschappijen dan KLM (onder) naar de aangegeven bestemmingen, vergeleken met de modelprofielen voor NADP1 (blauw) en NADP2 (rood). 20/50/80p zijn percentielwaarden {NAAR TEKST}*



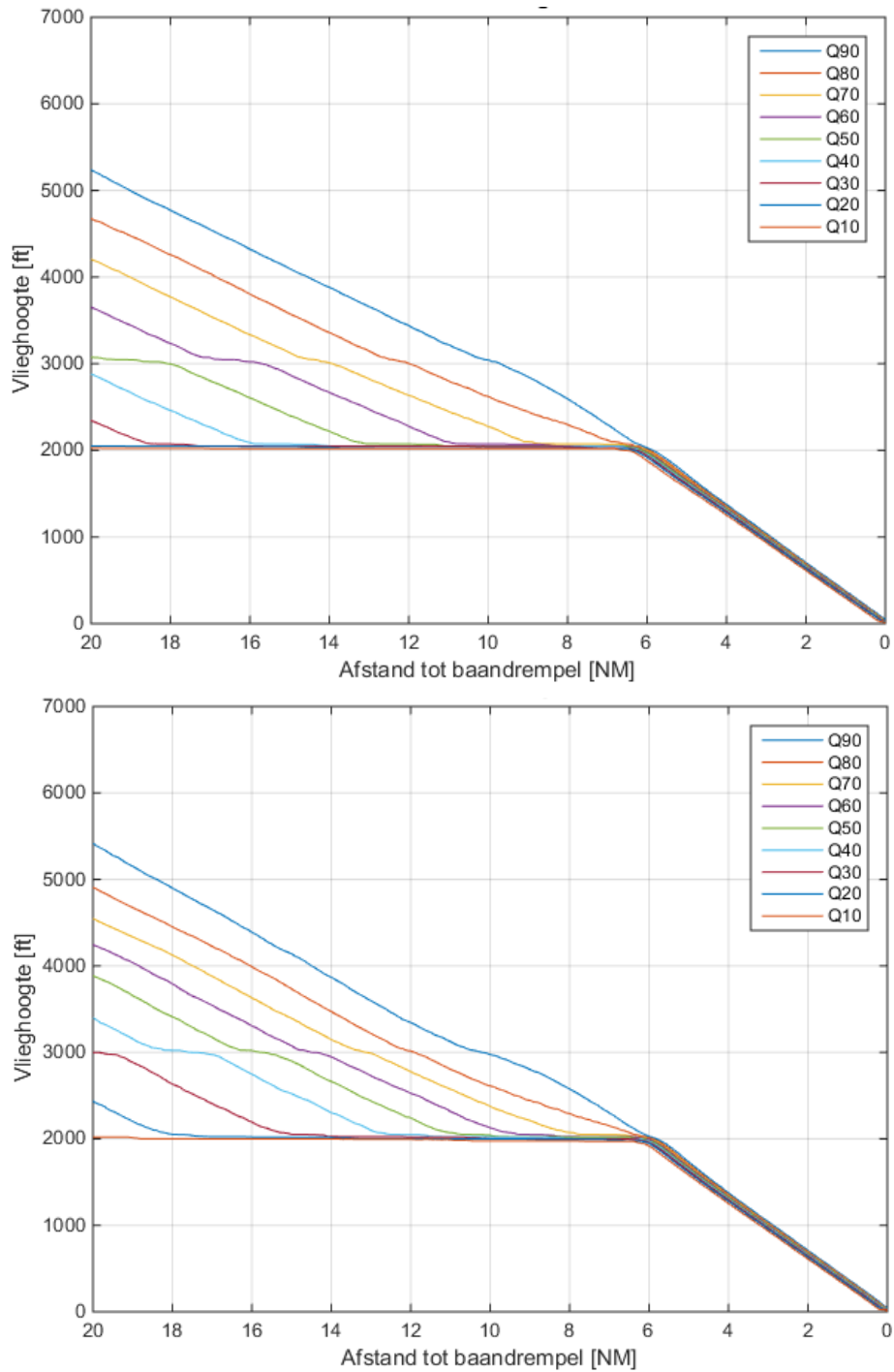


Figuur 25 - Hoogte- en snelheidsprofielen voor starts uitgevoerd door KLM-toestellen (boven) en toestellen van andere maatschappijen dan KLM (onder) naar de aangegeven bestemmingen vergeleken met de modelprofielen voor NADP1 (blauw) en NADP2 (rood). 20/50/80p zijn percentielwaarden {NAAR TEKST}

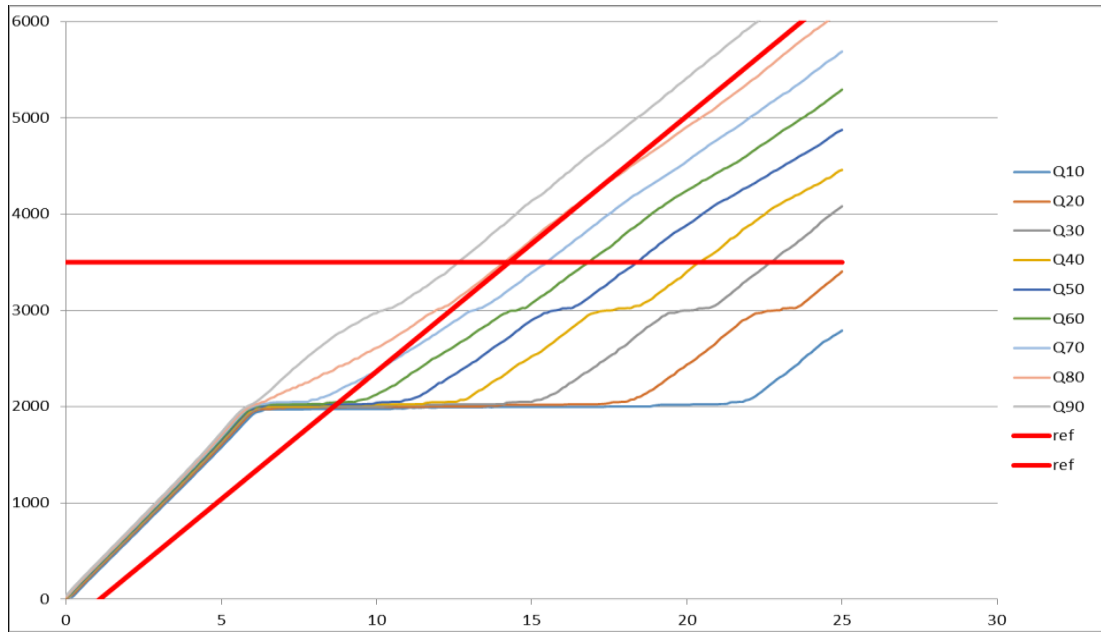




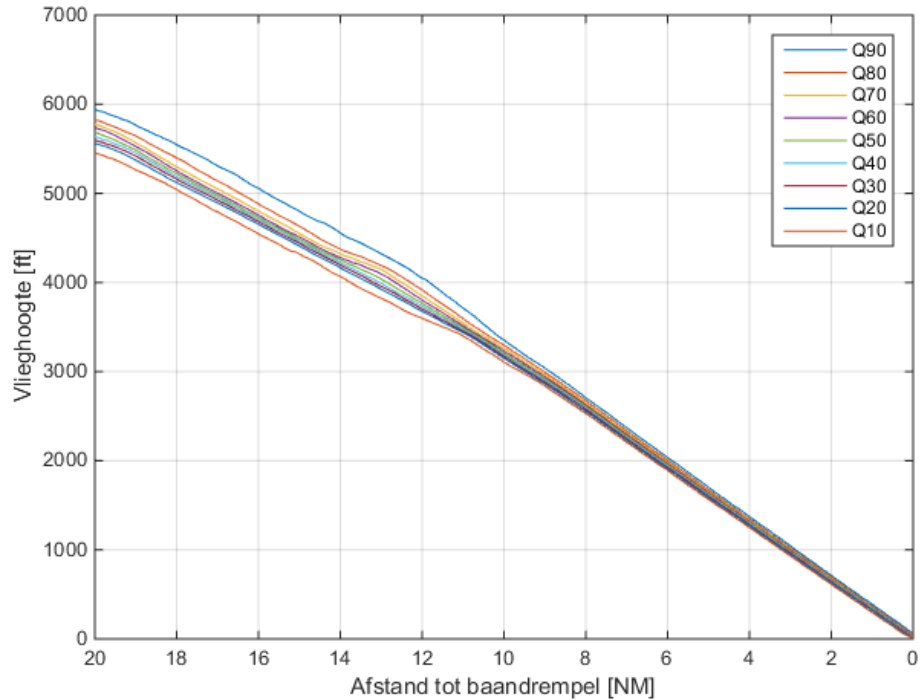
Figuur 26 – Verdeling van de hoogteprofielen voor vluchten overdag met B737 (boven) en B747-toestellen (onder) richting de Zwanenburgbaan, waarvoor een vaste naderingshoogte van 3.000 ft geldt. [NM] = nautische mijl;  $Q_n$  = percentiel-waarden  
[{NAAR TEKST}](#)



*Figuur 27 – Verdeling van de hoogteprofielen voor vluchten overdag met B737 (boven) en B747-toestellen (onder) richting de Polderbaan, waarvoor een vaste naderingshoogte van 2.000 ft geldt. [NM] = nautische mijl; Qn = percentiel-waarden {NAAR TEKST}*



Figuur 28 - Toets van de hoogteprofielen voor vluchten overdag met 747-toestellen richting de Polderbaan aan het criterium uit de RMI. Naderingen die links onder het snijpunt van beide 'ref-lijnen' liggen voldoen aan het criterium. [Qn = percentiel-waarden](#) [{NAAR TEKST}](#)



Figuur 29 - Verdeling van de hoogteprofielen voor vluchten 's nachts met B737-toestellen richting de Polderbaan. [NM] = nautische mijl;  $Q_n$  = percentiel-waarden [{NAAR TEKST}](#)

**Bezoekadres**

A. v. Schendelstraat 800  
3511 ML Utrecht

**Postadres**

Postbus 2345  
3500 GH Utrecht

t 030-2347666

e [mer@eia.nl](mailto:mer@eia.nl)

w [commissiemer.nl](http://commissiemer.nl)

