

*Notitie*

**Aan**  
Gemeente Haarlemmermeer

**Van**  
ir. C. Bosschaart; ir. A.R. Eisses

**Onderwerp**  
**Berekening grondgeluid Schuilhoeve**

**Projectnummer**  
060.11496

**Technical Sciences**  
Oude Waalsdorperweg 63  
2597 AK Den Haag  
Postbus 96864  
2509 JG Den Haag

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 10 00  
F +31 70 328 09 61

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-0100297948

**Doorkiesnummer**  
+31 88 866 63 86



## 1 Inleiding

De Gemeente Haarlemmermeer wil inzicht krijgen in de te verwachten effecten van het zogenoemde grondgeluid van de luchthaven Schiphol (laagfrequent geluid van vliegtuigen tijdens de start, nog rijdend op de baan) op het toekomstige woon- en leefklimaat voor de nieuw te bouwen woningen in de wijk Schuilhoeve binnen het bestemmingsplan 'Badhoevedorp Schuilhoeve'. Door de locatie van deze wijk ten opzichte van de Kaagbaan en Aalsmeerbaan, is grondgeluid een aandachtspunt. Aan TNO is gevraagd te onderzoeken welke geluidniveaus in de wijk Schuilhoeve kunnen optreden, en welke mate van hinder daarvan verwacht kan worden.

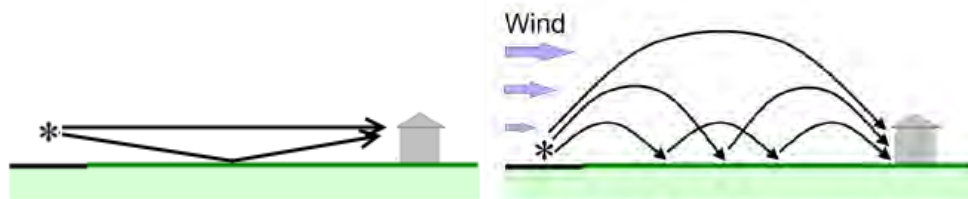
**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
2/13

## 2 Definities en onderzoekskader

Grondgeluid kan vooral onder meewindcondities in een groot gebied tot enkele kilometers afstand van de bron hinder veroorzaken. Onderstaande afbeelding (figuur 1) laat schematisch zien dat onder invloed van wind de geluidoverdrachtspaden worden afgebogen. Door reflecties in de bodem kan het geluid een waarneempunt op grote afstand via veel paden bereiken, wat kan leiden tot meer dan 10 dB hogere geluidniveaus dan in de situatie zonder wind.



Figuur 1 Links: geluidoverdracht in een windstille situatie via twee paden  
Rechts: geluidoverdracht in een situatie met wind van bron naar waarneempunt via een groot aantal paden, als gevolg van afbuiging van de geluidvoortplanting richting de bodem.

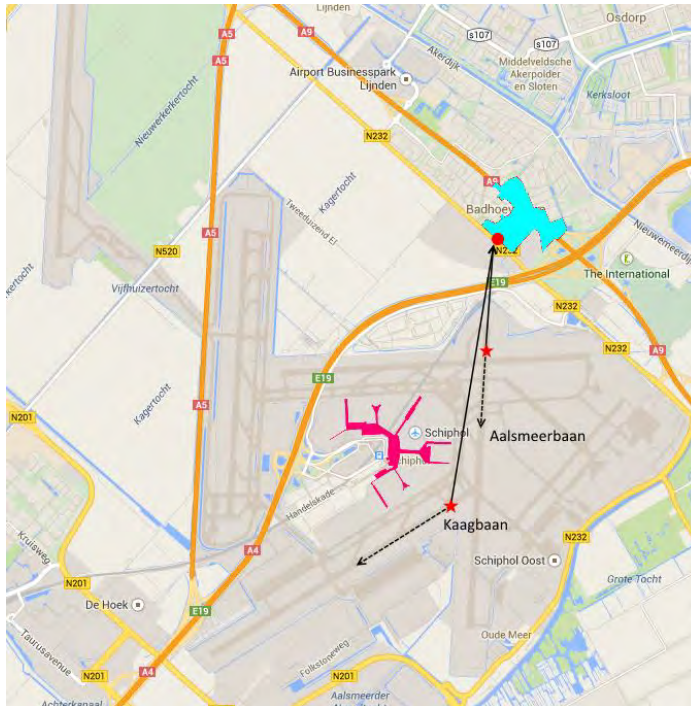
Het bovengenoemde fenomeen is vooral relevant voor geluid met lange golflengtes, dus lage frequenties, en voor geluidbronnen dichtbij de grond. Met grondgeluid wordt daarom het geluid in de laagste octaafbanden van het hoorbare frequentiegebied (31,5 Hz en 63 Hz) bedoeld, dat tijdens de startrol op de grond geproduceerd wordt.

Het uitgevoerde onderzoek richt zich op het grondgeluid veroorzaakt door vliegtuigen die starten op de Kaagbaan en Aalsmeerbaan. Doordat vliegtuigen tegen de wind in starten, verspreidt het geluid zich onder meewind naar de wijk Schuilhoeve. Van starts op deze banen worden daarom de hoogste grondgeluidniveaus verwacht.

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
3/13



**Figuur 2** Plangebied Schuilhoeve ten opzichte van de Kaagbaan en Aalsmeerbaan. De rode cirkel geeft het referentiepunt voor de geluidberekeningen weer. (Bron onderliggende kaart: Google Maps)

Het geluid van vliegtuigen die op de Buitenveldertbaan starten is (hoewel die baan dichtbij de wijk Schuilhoeve ligt) buiten beschouwing gelaten, omdat de niveaus als gevolg van deze starts veel lager zijn dan van de bovengenoemde startbanen. Voor een startrol in oostelijke richting zal de geluidoverdracht naar de wijk Schuilhoeve onder tegenwind plaatsvinden. In die omstandigheden worden in Schuilhoeve lagere geluidniveaus verwacht, enerzijds omdat de wijk in een 'geluidschaduw' ligt en anderzijds omdat een startend vliegtuig in voorwaartse richting veel minder laagfrequent geluid uitstraalt dan in de (schuin) achterwaartse richting vanaf de Kaagbaan en Aalsmeerbaan [1].

Dit onderzoek richt zich op de starts van de zware vliegtuigtypen Boeing 747, 767, 777 en McDonnell-Douglas MD11, waarvan uit onderzoek bij de Polderbaan [2] bekend is dat ze hinder door grondgeluid veroorzaken. De Boeing 757 en Airbus A330 en A340, die ook geassocieerd worden met hinder door grondgeluid, zijn niet apart onderzocht. Uit metingen in Hoofddorp blijkt dat deze toestellen gemiddeld geen significant hogere of lagere niveaus van grondgeluid veroorzaken dan de eerder genoemde typen [3].

De prognose van de grondgeluidniveaus in Schuilhoeve wordt berekend aan de hand van het geluidvermogen van de bron en de geluidoverdracht. Beiden worden in deze notitie besproken.

De prognose wordt vergeleken met de gemeten grondgeluidniveaus in de Hoofddorpse wijk Vrijschot-Noord om enerzijds de uitkomsten van de gehanteerde methode te toetsen en anderzijds de vertaling naar de te verwachten geluidhinder te maken.

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
4/13

### 3 Samenvatting van de resultaten

In de bijlage is een prognose gemaakt van de maximale niveaus van grondgeluid in de toekomstige wijk Schuilhoeve tijdens starts van zware toestellen, aan de hand van de geluidproductie van startende vliegtuigen die TNO langs de Polderbaan heeft gemeten en van een numeriek model van de geluidoverdracht onder invloed van wind en interactie met de bodem. Deze methode is geverifieerd met behulp van gemeten geluidniveaus van startende vliegtuigen gedurende de winter van 2008-2009 in de wijk Vrijschot-Noord in Hoofddorp.

Uit het onderzoek blijkt dat de grondgeluidniveaus die voor de toekomstige wijk Schuilhoeve verwacht worden gemiddeld ongeveer 5 dB lager liggen dan de niveaus in Hoofddorp-Noord, in de situatie voorafgaand aan de realisatie van de maatregelen tegen grondgeluid<sup>1</sup>. In de berekeningen van de geluidoverdracht naar Schuilhoeve is de invloed van het toekomstige talud van Rijksweg A9 meegenomen, dat voor 3 tot 4 dB verzwakking van het grondgeluid zorgt.

In Hoofddorp-Noord wordt in vergelijking met andere, bestaande wijken in Hoofddorp vaker hinder van grondgeluid gemeld. Dit is een indicatie dat de hinder door grondgeluid hier ook relatief groot is ten opzichte van andere wijken. De resultaten van de enquête 'kijk op de wijk' uit 2009 bevestigen dit. Hoewel de grondgeluidniveaus in de toekomstige wijk Schuilhoeve voor de waarneming gemiddeld net wat lager liggen dan in Hoofddorp-Noord, wordt Schuilhoeve door preferent gebruik van de Kaag- en Aalsmeerbaan bij de veel voorkomende zuidwestelijke windrichting vaker aan waarneembaar grondgeluid van startende vliegtuigen blootgesteld. Op basis daarvan is de verwachting dat de hinder niet minder zal zijn dan in Hoofddorp-Noord (vóór de realisatie van maatregelen<sup>1</sup>), maar het is moeilijk om de hinder in een nieuw te bouwen woonwijk te voorspellen op basis van een bestaande situatie. De wijk Vrijschot-Noord bestond al voor de aanleg van de Polderbaan en hier werden de bewoners onverwacht geconfronteerd met laagfrequent geluid, terwijl toekomstige bewoners van Schuilhoeve bij de keuze van hun woonomgeving rekening kunnen houden met het al aanwezige geluid van vliegtuigen.

---

<sup>1</sup> Inmiddels zijn voor Hoofddorp-Noord maatregelen gerealiseerd in de vorm van wigvormige heuvels (ribbels), die het laagfrequente geluid van de vliegtuigen op de Polderbaan verstrooien. Deze maatregelen hebben een reductie van laagfrequent geluid van ongeveer 5 dB opgeleverd [7].

## BIJLAGE

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
5/13

### 1 Bepaling bronniveaus

Van het door startende vliegtuigen geproduceerde geluid is bekend dat het uitgestraalde geluid sterk afhankelijk is de uitstraalhoek. Voor grondgeluid is van belang dat de hoogste niveaus voor lage frequenties worden uitgestraald in de richting 45 graden achterwaarts [1].

Om tot een beoordeling van het grondgeluid in Schuilhoeve te komen, is het daarom belangrijk om de akoestische bronvermogens van startende vliegtuigen zowel als functie van de frequentie als van de uitstraalrichting te kennen. In de wetenschappelijke literatuur en publiekelijk toegankelijke bronnen wordt het laag-frequent uitgestraald geluidvermogen nauwelijks specifiek behandeld. Daarom wordt in deze notitie gebruik gemaakt van bronvermogens die TNO heeft gemeten langs de Polderbaan in december 2007. De bronvermogensniveaus zijn indicatief vanwege de relatief kleine aantallen startende vliegtuigen die gemeten zijn.

Tijdens de hierboven genoemde meting is het geluid van de startrol van grote vliegtuigen (A330, A340, B747-400, B757, B767, B777 en MD11) gemeten met drie microfoons die alle op 180 meter uit het hart van de polderbaan op een hoogte van 4 meter geplaatst waren, op onderlinge afstanden van 500 meter. Van de A330, A340 en B757 zijn te weinig starts gemeten voor een statistisch betrouwbare bepaling van het gemiddelde bronvermogen en de bijbehorende spreiding.

Voor de bepaling van de bronvermogens uit de gemeten geluiddruk is aangenomen dat het maximaal optredende ontvangen ongewogen geluidrukniveau per microfoon optreedt wanneer de microfoon zich schuin achter het vliegtuig bevindt (onder 135 graden ten opzichte van de richting van het vliegtuig [1]). Het maximale bronvermogen is bepaald door te corrigeren voor de corresponderende afstand.

De uit de meting berekende gemiddelde akoestische brongeluidvermogens  $L_{W,C,max,slow}$  en de bijbehorende standaarddeviaties  $\sigma$  zijn in onderstaande tabel voor de twee voor grondgeluid bepalende octaafbanden weergegeven.

Tabel 1 Gemeten bronvermogen per vliegtuigtype met standaarddeviatie in de octaafbanden van 31,5 Hz en 63 Hz.

$L_{W,C,max,slow}$	B747-400	B767	B777	MD11
31,5 Hz	149,7 dB(C)	150,4 dB(C)	149,4 dB(C)	152,8 dB(C)
$\sigma$	2,3 dB	3,2 dB	3,0 dB	1,6 dB
63 Hz	146,3 dB(C)	146,9 dB(C)	146,8 dB(C)	147,4 dB(C)
$\sigma$	3,1 dB	3,3 dB	3,2 dB	1,6 dB
aantal metingen	10	10	6	4

Uit de meetresultaten blijkt dat de gemiddelde bronvermogens van de B747-400, B767 en B777 niet meer dan 1 dB van elkaar verschillen. Het bronvermogen van de MD11 ligt in de octaafband van 31,5 Hz 3 dB hoger dan het gemiddelde van de andere vliegtuigtypen.

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
6/13

## 2 Berekening geluidoverdracht

De overdracht van grondgeluid wordt enerzijds bepaald door de afstand tussen bron en ontvanger, en anderzijds door de interactie van het geluid met de wind en bodem. Het numerieke PE-model (Parabolic Equation) is gebruikt om de geluidoverdracht als functie van bodem en wind te berekenen. In alle berekende geluidoverdrachten is uitgegaan van meewind tussen bron en ontvanger met een windsnelheid van 4,6 m/s op 10 meter hoogte. Dit komt overeen met windkracht van 3 op de schaal van Beaufort.

### *Beoordeling van de geschiktheid van de methode*

Om te beoordelen of de gehanteerde methode en uitgangspunten geschikt zijn om een prognose van grondgeluidniveaus in Schuildehoeve te geven, is een vergelijking gemaakt met de situatie in de Hoofddorpse wijk Vrijschot. Hiervoor zijn de gemeten C-gewogen maximale niveaus ( $L_{C,max}$ ) van de NOMOS-meetpost in deze wijk van de winter van 2008-2009 gebruikt, toen er nog geen maatregelen tegen grondgeluid waren gerealiseerd.

Aangenomen is dat de gemeten niveaus  $L_{C,max}$  volledig bepaald worden door het geluid in de octaafband van 31,5 Hz. De bijdragen van de hogere octaafbanden tot het C-gewogen niveau zijn verwaarloosbaar, omdat de geluidafstraling lager ligt en de geluidoverdracht meer verzwakking levert.

Met uit de meting berekende gemiddelde bronniveaus en bijbehorende standaarddeviaties is prognose gemaakt van de maximale niveaus voor de octaafband van 31,5 Hz op de locatie van de NOMOS-meetpost. Hiervoor is een overdrachtsafstand van 2500 meter gehanteerd. Omdat de werkelijke stromingsweerstand van de bodem gedurende de meetperiode onbekend is, is een stromingsweerstand van de bodem van 400 kPas/m<sup>2</sup> aangehouden, die representatief is voor akkerland in de winter [4].

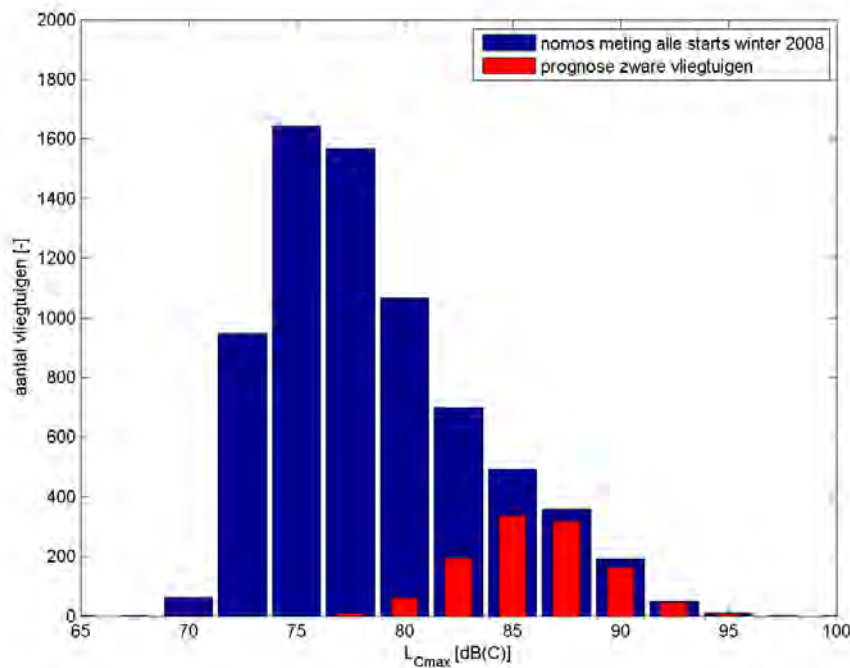
Een histogram van de gemeten niveaus  $L_{C,max}$  is weergegeven in figuur 3. In de winter van 2008 zijn door de NOMOS-meetpost 7088 starts vanaf de Polderbaan geregistreerd. Uit de meetdata van de post blijkt dat ongeveer 19% van die starts door een zwaar vliegtuig gemaakt wordt. Dat betekent dat er in de meetperiode ongeveer 1.346 zware vliegtuigen gestart zijn. Voor deze vliegtuigen is een prognose van de grondgeluidniveaus en de bijbehorende spreiding ter plaatse van de meetpost gemaakt. Deze prognose is tevens weergegeven in figuur 3.

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
7/13

Figuur 3 laat zien dat de combinatie van de uit de meting van TNO bepaalde bronvermogens en de numerieke berekening van de overdracht leidt tot resultaten die goed overeenkomen met de hogere niveaus van het grondgeluid die in Hoofddorp gemeten zijn. Dit bevestigt de geschiktheid van de methode omdat verwacht mag worden dat de hoogste niveaus veroorzaakt werden door de zware vliegtuigen waarvoor de prognose is gemaakt.



Figuur 3 Gemeten en berekende grondgeluidniveaus  $L_{C,max}$  in Hoofddorp ter controle van de geschiktheid van de gebruikte methode

#### *Geluidoverdracht voor starts van de Kaagbaan*

De Kaagbaan wordt gebruikt voor starts in zuidwestelijke richting. Voor vliegtuigen die in deze richting starten ligt de wijk Schuilhoeve ongeveer in de voor grondgeluid ongunstige richting van 45 graden schuin achterwaarts (135 graden ten opzichte van de bewegingsrichting van het vliegtuig). De uit de meting van TNO bepaalde bronniveaus voor 45 graden achterwaarts zijn dus representatief voor de grondgeluidniveaus in Schuilhoeve ten gevolge van starts op de Kaagbaan.

Op de eerste 300 meter van de Kaagbaan is er geen afscherming door de terminal in de richting van de wijk Schuilhoeve. Er is steeds gerekend naar een referentiepunt op de rand van de wijk en de verkeersweg N232. Het punt ligt op deze lijn in het midden van de nieuw te bouwen wijk, en is tevens aangegeven in figuur 2 en figuur 4. Wel is er sprake van enige afscherming door de nieuw aan te leggen A9, zie figuur 5 en figuur 6.

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
8/13

De geluidoverdracht vindt over vrijwel de gehele afstand van 2.950 meter over grasbodemplaat. De hardere bodem op de kruisende taxistroken en A4 en de geplande A9 is daarom niet apart gemodelleerd. Omdat de werkelijke stromingsweerstand van de grasbodem onbekend is, is een representatieve stromingsweerstand van 200 en 400 kPas/m<sup>2</sup> gebruikt [4] voor een respectievelijk zachte en harde grasbodem. Een zachte grasbodem is representatief voor de zomerperiode, en een harde bodem is representatief voor de winter.



**Figuur 4** Geluidoverdracht tussen de Kaagbaan en het referentiepunt in de toekomstige wijk Schuilhoeve.

Het talud van de toekomstige rijksweg A9 ligt op een afstand van 2.650 m van het opstelpunt en 300 meter van het referentiepunt. Het 9 meter hoge talud is in het PE-model gemodelleerd als een verticaal obstakel met een equivalente schermhoogte [6], die dezelfde afscherming levert als het talud.

Er is gerekend met een ontvanger op 5 meter hoogte. Een overzicht van de gebruikte parameters in de berekening is weergegeven in tabel 2.

**Tabel 2** Overzicht van de bron – overdracht – ontvangerconfiguratie per startbaan

	<i>Kaagbaan</i>	<i>Aalsmeerbaan</i>
Bronhoogte	3,6 m	3,6 m
Taludhoogte boven maaiveld	9 m	9 m
Ontvangerhoogte	5 m	5 m
Afstand opstelpunt baan tot A9	2.650 m	750 m
Afstand A9 tot Schuilhoeve	300 m	300 m
Stromingsweerstand bodem winter	400 kPas/m <sup>2</sup>	400 kPas/m <sup>2</sup>
Stromingsweerstand bodem zomer	200 kPas/m <sup>2</sup>	200 kPas/m <sup>2</sup>

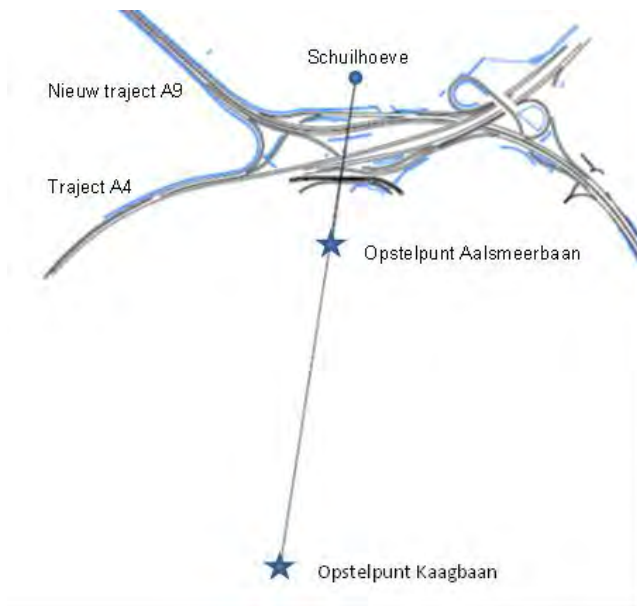


Omdat de niveaus  $L_{C,max}$  op het referentiepunt gebruikt worden voor de beoordeling van de grondgeluidniveaus in de wijk Schuilhoeve, is alleen de eerste 300 meter van de Kaagbaan relevant voor de geluidoverdracht. Vliegtuigen verder op de baan worden afgeschermd door de pier- en terminalgebouwen van Schiphol, en hebben een grotere afstand tot de wijk.

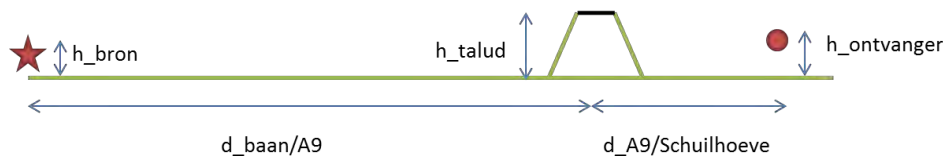
**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
9/13



Figuur 5 Overzicht van de geluidoverdrachtspaden voor de Kaag- en Aalsmeerbaan t.o.v. de nieuw aan te leggen A9. (Bron: ontwerpmodel Combinatie BadhoeverBogen)



Figuur 6 Schematische weergave van de positie van het talud voor de nieuw aan te leggen A9 t.o.v. van de startbanen en de wijk Schuilhoeve (niet op schaal)

#### Geluidoverdracht voor starts van de Aalsmeerbaan

De Aalsmeerbaan wordt voor starts in de zuidelijke richting gebruikt. Voor vliegtuigen die in deze richting starten ligt de wijk Schuilhoeve ongeveer 175 graden ten opzichte van de richting van het vliegtuig. Aangenomen is dat het afgestraalde geluid in de achterwaartse richting ongeveer 10 dB zwakker is dan het maximaal afgestraalde geluid schuin achterwaarts, onder 135 graden met de richting van het vliegtuig [1].

Het op de opstelplaats en tijdens het eerste deel van de startrol op de Aalsmeerbaan geproduceerde geluid is vanwege de afstand tot Schuilhoeve bepalend voor de grondgeluidniveaus in de wijk. De in de berekening gebruikte parameters zijn weergegeven in tabel 2.

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
10/13



Figuur 7 Geluidoverdracht tussen de Aalsmeerbaan en het referentiepunt in de toekomstige wijk Schuilhoeve.

### 3 Prognose van grondgeluid in Schuilhoeve

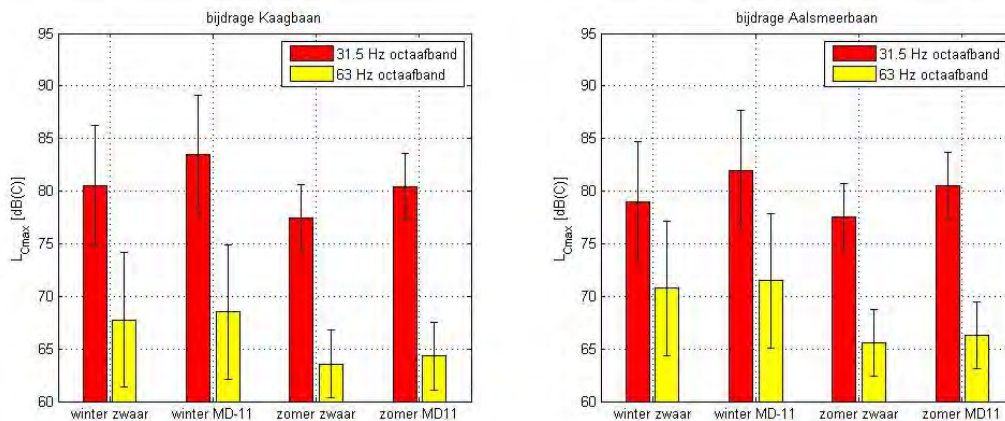
De volgens de hierboven beschreven methode berekende grondgeluidniveaus in Schuilhoeve zijn in figuur 8 weergegeven. Omdat de bronvermogens van de B747-400, B767 en B777 sterk op elkaar lijken, is voor de prognose in figuur 8 voor starts van respectievelijk de Kaagbaan en de Aalsmeerbaan het gemiddelde bronvermogen en standaardafwijking van deze vliegtuigtypen gebruikt. Op grond van figuur 8 mag worden verwacht dat de niveaus van het grondgeluid onder meewindcondities voor zware vliegtuigen in Schuilhoeve gemiddeld ongeveer 5 dB zwakker zullen zijn dan in de Hoofddorpse wijk Vrijschot-Noord, in de situatie voorafgaand aan de realisatie van maatregelen tegen grondgeluid.

De grondgeluidniveaus in de octaafband van 31,5 Hz zijn voor starts van beide banen bepalend voor het C-gewogen grondgeluid in Schuilhoeve. Wel zijn voor starts van de Aalsmeerbaan door de kortere afstand de niveaus in de octaafband van 63 Hz band luider dan voor starts van de Kaagbaan.

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
11/13



**Figuur 8** Prognose grondgeluidniveaus  $L_{C,max}$  in Schuilhoeve voor alle zware vliegtuigen samen ('zwaar') en MD11 toestellen apart startend op de Kaagbaan (links) en Aalsmeerbaan (rechts).

Het grondgeluid van de MD11-toestellen ligt voor starts van beide banen 2 tot 3 dB hoger dan gemiddeld van andere zware vliegtuigen. Dit type toestel is sinds enige jaren in aantallen starts al aan het afnemen en zal binnen enkele jaren geen deel meer uitmaken van het luchtverkeer van Schiphol.

#### 4 Relatie tot geluidhinder

Er is geen algemeen geaccepteerd kader beschikbaar om de hinderlijkheid van grondgeluid te beoordelen, maar de Gemeente Haarlemmermeer heeft in 2009 wel een grondgeluid- en geluidhinderonderzoek in de eigen gemeente uitgevoerd [2, 5]. In [2] is een kaart opgenomen met de gemiddeld hoogste niveaus van grondgeluid in dB(C), die in Hoofddorp optraden door starts op de Polderbaan tijdens de winter van 2008/2009 (toen er nog geen maatregelen tegen grondgeluid waren gerealiseerd). Deze kaart is weergegeven in figuur 9.



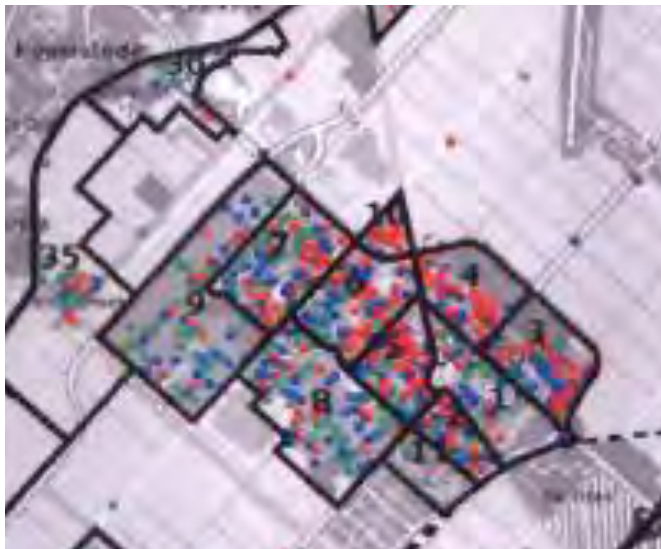
**Figuur 9** Grondgeluidkaart van Hoofddorp, rood > 90 dB(C), oranje 85-90 dB(C) en roze is < 80 dB(C)

In [5] is een kaart van grondgeluidhinder n.a.v. de enquête 'Kijk op de Wijk 3' uit 2009 gepresenteerd. Deze kaart, overgenomen in figuur 10, laat zien in welke gebieden in Hoofddorp vaak, soms en (bijna) nooit hinder van grondgeluid werd gerapporteerd. Aangenomen wordt dat de ondervonden grondgeluidhinder voor de wijken in Hoofddorp samenhangt met grondgeluid afkomstig van de Polderbaan.

**Datum**  
29 juni 2016

**Onze referentie**  
DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**  
12/13



Figuur 10 Detail van de kaart met hindermeldingen over grondgeluid in Hoofddorp, rood = vaak, blauw = soms, groen = (bijna) nooit

Uit de combinatie van de kaarten in figuren 9 en 10 kan gesteld worden dat er in alle wijken met grondgeluidniveaus van meer dan 85 dB(C) vaak hinder van grondgeluid ondervonden wordt. In wijken waar de niveaus lager dan 80 dB(C) zijn wordt in de enquête wisselend geluidhinder gemeld.

De prognose van het grondgeluid in Schuilhoeve in figuur 8 geeft aan dat door de spreiding in de bronniveaus van startende vliegtuigen grondgeluidniveaus van 75 tot 85 dB(C) verwacht mogen worden. Naar verwachting zal ongeveer de helft van de starts zorgen voor de met hinder geassocieerde geluidblootstelling van 80 tot 85 dB(C).

Als de overige omstandigheden vergelijkbaar zijn met de omstandigheden in de Hoofddorpse wijken die aan niveaus van meer dan 80 dB(C) worden blootgesteld, kan aangenomen worden dat in Schuilhoeve door de luidste helft van de starts op de Kaag- en Aalsmeerbaan regelmatig hinder van grondgeluid ondervonden zal worden. Die luidste helft is in aantal echter groot in vergelijking met de aantallen starts op de Polderbaan, waarvan de wijken in Hoofddorp-Noord hinder ondervinden. Dat komt doordat de combinatie van Kaagbaan en Aalsmeerbaan voor starts veel wordt gebruikt, onder de meest voorkomende windrichting uit het zuidwesten, en de Polderbaan bij die windrichting als landingsbaan in gebruik is. Wind uit noordelijke richtingen, waarbij gestart wordt vanaf de Polderbaan, komt minder vaak voor.

**Referenties**

- [1] Umwelt Bundesamt texte 80/2013, *Basis of calculation of engine test runs*
- [2] TNO-notitie MON-MEM-033-DTS-2009-03313, *Resultaten onderzoek grondgeluid in Hoofddorp*, ir. A. Eisses (i.o.v. Gemeente Haarlemmermeer), 22 oktober 2009
- [3] TNO/NLR-notitie MON-MEM-2010-02665, *Resultaten referentiemetingen voor de beoordeling van de effectiviteit van maatregelen tegen grondgeluid*, ir. A.R. Eisses, ir. C. Bosschaart, ing. H.W. Veerbeek (NLR) (i.o.v. Schiphol), 8 november 2010
- [4] K.Attenborough e.a., *Predicting outdoor sound*, Taylor & Francis, Milton Park UK, 2007. ISBN: 0-203-08873-5
- [5] Nota van B&W Haarlemmermeer 2009.0018046, *Grondgeluid: Resultaten onderzoeken*, drs. H. Koot
- [6] Congress proceedings Internoise 2010, *A barrier for low frequency noise from starting aircraft: comparison between numerical and scale model results*, C. Bosschaart, A. Eisses, F. van der Eerden
- [7] TNO-notitie DHW-TS-2014-0100008558, *Meting geluidreductie door ribbels bij Polderbaan, winter 2013/2014*, Casper Bosschaart, Arno Eisses (i.o.v. Schiphol), 24 juni 2014

**Datum**

29 juni 2016

**Onze referentie**

DHW-TS-2016-0100297948

**Blad**

13/13