

# Gebulder op de grond

**De Polderbaan heeft sinds de ingebruikname in 2003 voor de nodige klachten gezorgd vanuit Hoofddorp. Uit diverse onderzoeken is gebleken dat de hinder laagfrequent van karakter is en een gevolg van vliegtuigen in de startfase. De hinder wordt ook door de diverse partijen onderkend, waaronder Schiphol en de ministeries van VROM en V&W. Het laagfrequente karakter van de klachten is voor het ministerie van VROM mede aanleiding geweest een nieuw onderzoek te starten naar een mogelijke beoordelingssystematiek vanwege laagfrequent geluid. In het kader hiervan zijn onder andere uitgebreide geluidsmetingen verricht rondom Schiphol. In dit artikel worden resultaten van deze metingen gepresenteerd.**

Door Edwin Buikema en Martijn Vercammen

## Over de auteur:

Ir. H. Buikema is projectleider bij Peutz bv; ir. M.L.S. Vercammen is directeur bij Peutz bv

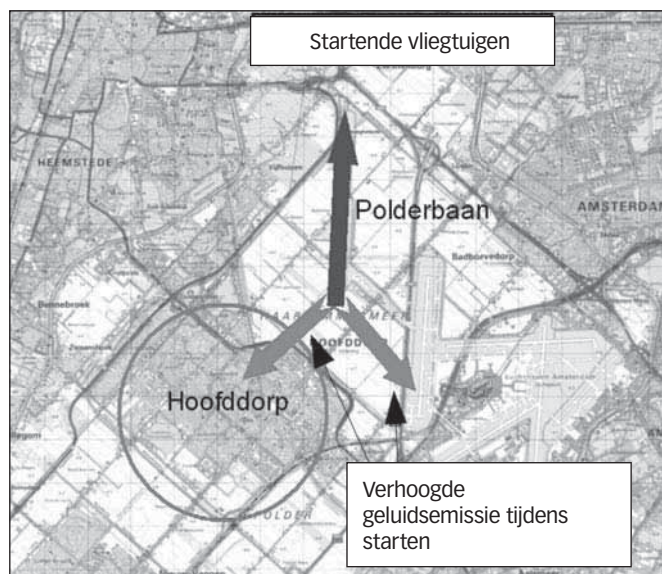
## INLEIDING

In 2003 is de 5e baan van Schiphol, de Polderbaan, in gebruik genomen. Dit heeft geleid tot vele klachten bij bewoners in Hoofddorp. Op voorhand was dit niet voorzien, want de Polderbaan wordt namelijk alleen als startbaan gebruikt in noordelijke richting en als landingsbaan in zuidelijke richting. Dit leidt ertoe dat vliegtuigen, die gebruik maken van de Polderbaan, niet over Hoofddorp vliegen. De overlast van de bewoners in Hoofddorp heeft dan ook geen betrekking op overvliegende vliegtuigen. Gebleken is dat startende vliegtuigen de oorzaak zijn van een 'bulderend lawaai' in Hoofddorp. Bij Schiphol wordt in dit kader gesproken van 'grondgeluid' omdat het (voornamelijk) optreedt als het vliegtuig in zijn startaanloop nog aan de grond is. Ook kunnen verhoogde geluidsniveaus voorkomen bij landende vliegtuigen ('reverse thrust'). De bewoners van Hoofddorp hebben zich verenigd in bewonersverenigingen en hebben er bij Schiphol op aangedrongen maatregelen te nemen tegen dit zogenoemde 'grondgeluid'. Uiteindelijk heeft dit ertoe geleid dat diverse partijen, onder andere de ministeries van V&W en VROM, Schiphol Group, LVNL en KLM, de overlast onderkennen vanwege grondgeluid door de luchtvaart. Eén en ander is bekrachtigd in een convenant van de Tafel van Alders, waarin wordt aangegeven dat Schiphol maatregelen zal treffen om het grondgeluid in Hoofddorp met tenminste 10 dB te zullen reduceren. Er zijn in het verleden al diverse onderzoeken geweest ten aanzien van het grondgeluid in Hoofddorp. Zo hebben onder andere TNO, het NLR en het Amerikaanse bureau Wyle hier onderzoek naar gedaan. Een samenvatting van eerder uitgevoerd onderzoek wordt onder andere gegeven in [1]. Grondgeluid is in dit onderzoek gedefinieerd als het laagfrequente geluid van vliegtuig operaties, wat niet wordt meegenomen in de traditionele geluidsmoedellen of meetsystemen. Eén van de conclusies is dat de meest dominante frequenties in de buurt van 31,5 Hz liggen. Gesteld wordt dat, onder de meest ongunstige omstandigheden, een

reductie van 5 tot 10 dB dient te worden gerealiseerd. De conclusies van de eerder uitgevoerde onderzoeken naar het grondgeluid, dat wil zeggen dat de hinder wordt veroorzaakt door laagfrequent geluid, is mede aanleiding geweest om een 'grondig' onderzoek te doen naar het fenomeen grondgeluid. Dit in het kader van een breder onderzoek in opdracht van VROM naar de wenselijkheid en mogelijkheid voor een mogelijke beoordelingssystematiek voor laagfrequent geluid. In dit artikel zullen resultaten worden gepresenteerd van het onderzoek naar het grondgeluid rondom Schiphol.

## ONDERZOEK GRONDGELUID

Het onderzoek naar het grondgeluid is uitgevoerd in 2009. Het doel van het onderzoek was om meer inzicht te krijgen in de aard en omvang van het grondgeluid rondom Schiphol. Want wat is nu eigenlijk grondgeluid en over welke niveaus en frequenties praten we dan? Het onderzoek heeft zich met name geconcentreerd op Hoofddorp, aangezien daar de meeste klachten zijn geregistreerd van-



FIGUUR 1: AANDUIDING EFFECT GRONDGELUID VANWEGE POLDERBAAN

wege het grondgeluid. Hoofddorp is gelegen ten zuidwesten van de Polderbaan. De Polderbaan is zodanig in gebruik dat er alleen vanaf de zuidelijke baankop wordt gestart in noordelijke richting. Vliegtuigen starten (en landen) in principe tegen de wind in. Landen en starten met een beperkte mate van zijwind is ook mogelijk. De Polderbaan is hierdoor gedurende circa 25% van het jaar als startbaan in gebruik (globaal van noordwesten- tot noordoostenwind).

De geluidsemisatie van de vliegtuigmotor, voor het normale vliegverkeer meestal een turbofan, is richtingsafhankelijk. Gedurende de start van een vliegtuig worden de hoogste geluidsniveaus gegenereerd onder een hoek van ongeveer 135 graden vanaf de inlaat van de turbofan. Bij startende vliegtuigen vanaf de Polderbaan kunnen dan de hoogste geluidsniveaus worden verwacht schuin achter het begin van de startbaan, bij de 5e baan dus in Hoofddorp (zie figuur 1).

Door bewoners is aangegeven dat de hinder met name optreedt bij noordoosten wind, dus onder 'meewind'condities. Ook is door bewoners aangegeven dat de hinder gedurende gemiddeld zo'n 20 tot 100 dagen per jaar plaatsheeft.

Het onderzoek naar het grondgeluid is er met name op gericht de aard en de omvang van de problematiek in kaart te brengen. Enkele specifieke vragen hierbij zijn: 1) welke niveaus treden er nu op en zijn er maatgevende (lage) frequenties? 2) is de hinder alleen afkomstig van grote vliegtuigen of spelen kleinere vliegtuigen ook een rol? Met een kleiner (of middelgroot) vliegtuig wordt hier bedoeld: een vliegtuig voorzien van turboprops of kleinere turbofans (bijvoorbeeld een Fokker 70/100, Boeing 737 en Airbus 319). Met een groter vliegtuig wordt bedoeld een vliegtuig voorzien van drie of vier grotere turbofans (Boeing 747, Airbus 330 en MD 11).

3) wat is de omvang van het probleem?

Om een antwoord te krijgen op bovenstaande vragen zijn er geluidsmetingen op verschillende locaties in Hoofddorp verricht, zowel buiten als binnen woningen. Ook is aan bewoners in verschillende wijken gedurende meetsessies gevraagd de hinder per startend vliegtuig aan te geven. Tevens hebben bewoners middels een vragenlijst de specifieke klachten en hinder vanwege het grondgeluid aangegeven. In het kader van het onderzoek zijn, mede om de omvang van de problematiek in kaart te brengen, onder andere ook metingen verricht aan grondgeluid in Badhoevedorp.

## RESULTATEN ONDERZOEK GRONDGELUID



FIGUUR 2: MEETLOCATIES HOOFDDORP

### *Geluidsniveaus en spectrum*

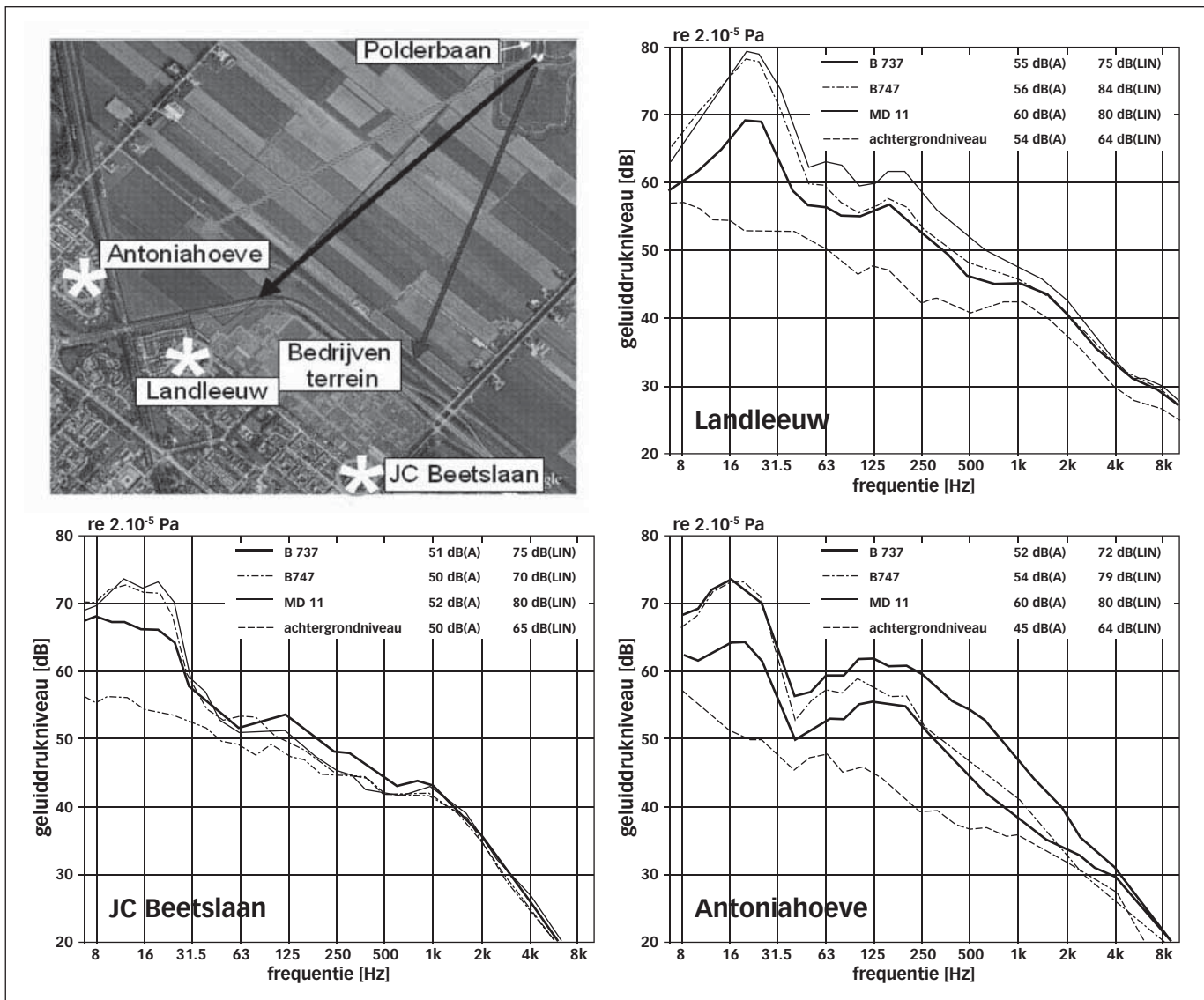
De geluidsmetingen zijn uitgevoerd op verschillende locaties rondom Schiphol op meerdere dagen in februari, maart, juni, juli en september van 2009. De meeste geluidsmetingen hebben plaatsgevonden op buitenlocaties in Hoofddorp. Gedurende een meetdag zijn er gemiddeld tussen de 100 en 150 vliegtuigen gestart vanaf de Polderbaan. Niet alle meetresultaten zijn bruikbaar vanwege stoornis van de omgeving (bijvoorbeeld van-

wege een passage van een auto of vrachtwagen). Per meetdag zijn gemiddeld op twee tot drie locaties in Hoofddorp gelijktijdig geluidsmetingen verricht. Een overzicht van de meetlocaties in Hoofddorp is weergegeven in figuur 2. Ter plaatse van de Polderbaan zijn de vliegtuigen geregistreerd zodat er een relatie kan worden gelegd tussen de gemeten geluidsniveaus in Hoofddorp en het type vliegtuig wat start vanaf de Polderbaan. Het doel van deze metingen is het bepalen van de optredende buitengeluidsniveaus en het (laagfrequente) karakter vanwege het grondgeluid ter plaatse van de eerstelijns bebouwing. Gedurende een hoge startbezetting op de Polderbaan kan er om de 90 seconden een vliegtuig vertrekken. Hierdoor worden er relatief 'luide momenten', gedurende de start van een vliegtuig, afgewisseld met relatief 'stille momenten' (het vliegtuig is reeds vertrokken). De start van een vliegtuig vanaf de Polderbaan is aan de rand van Hoofddorp over een periode van circa 30 seconden meetbaar in relatie tot het achtergrondgeluidsniveau. In figuur 3 worden enkele geluidsspectra weergegeven van drie verschillende type vliegtuigen (B737, B747 en MD 11) zoals gemeten op verschillende posities aan de rand van Hoofddorp. De B737 is een middelgroot vliegtuig voorzien van 2 kleinere turbofans. De B747 is een groter vliegtuig voorzien van vier grotere turbofans onder de vleugels van het vliegtuig. De MD 11 is eveneens een groot vliegtuig, voorzien van drie turbofans waarvan twee onder de vleugels en één in de staart van het vliegtuig. De waarden in figuur 3 betreffen equivalente geluidsniveaus zoals gemeten over 30 seconden. De waarden zijn (lineair) gemiddeld over meerdere vliegtuigen, er zijn dus uitschieters naar boven (en beneden) mogelijk. De gepresenteerde spectra zijn allen gemeten op eenzelfde meetdag in september onder meewind condities. Onder andere meteorologische condities (vorst, temperatuurinversies) kunnen er verschillen ontstaan.

De posities (Landleeuw, Antoniahoeve en JC Beetslaan) zijn allen gelegen onder een andere oriëntatie ten opzichte van de Polderbaan. Tevens is er ter plaatse van de posities Landleeuw en Antoniahoeve weinig tot geen bebouwing gesitueerd tussen de meetpositie en de Polderbaan, terwijl er tussen positie JC Beetslaan en de Polderbaan een bedrijventerrein is gelegen.

Uit figuur 3 kan worden opgemaakt dat ter plaatse van positie Landleeuw de hoogste laagfrequente geluidsniveaus worden gemeten (concentratie bij 25 Hz). Voor de grotere vliegtuigen, zoals de B747 en MD11, bedragen op deze positie de gemiddeld gemeten geluidsniveaus bij 25 Hz circa 84 à 85 dB (ongewogen equivalent geluidsniveau over circa 30 seconden). Voor kleinere vliegtuigen (zoals de B737) is het gemiddelde lineaire geluidsniveau bij 25 Hz circa 9 à 10 dB lager. De stille momenten tussen twee starts zijn hier buiten beschouwing gelaten. De gemeten niveaus en spectra blijken per locatie te kunnen verschillen. Opvallend is bijvoorbeeld dat ter plaatse van de posities Antoniahoeve en JC Beetslaan de geluidsniveaus lager worden en meer lijken op te schuiven naar lagere frequenties. Het ongewogen geluidsniveau voor een MD11 bedraagt op deze posities circa 80 dB (5 dB lager dan op positie Landleeuw). Tevens ontstaan bij positie Antoniahoeve verhoogde geluidsniveaus bij 125 Hz en 250 Hz, terwijl deze voor de locatie JC Beetslaan achterwege blijven. Vanwege deze concentratie bij 125/250 Hz is het A-gewogen geluidsniveau voor een MD 11 op positie Antoniahoeve vergelijkbaar met positie Landleeuw. Gesteld kan worden dat er aan de rand van Hoofddorp op verschillende posities ook verschillen in niveaus én karakter (concentraties bij andere frequenties) worden gemeten. Er is dus niet één maatgevend spectrum aan te geven voor iedere positie aan de rand van Hoofddorp.

Aangezien de beoordeling van laagfrequent geluid veelal binnen



FIGUUR 3: MEETRESULTATEN GRONDGELUID OP VERSCHILLENDE POSITIES - TIJDSGEMIDDELDE WAARDEN OVER 30 SECONDEN - TERTSWAARDEN

woningen plaatsvindt [2,3,4,5], zijn er ook metingen verricht binnen een viertal woningen in Hoofddorp tijdens het starten op de Polderbaan. Per woning zijn metingen verricht in twee verblijfsruimten, veelal de woonkamer en één slaapkamer. Er is in elke ruimte gelijktijdig in twee hoeken gemeten (een onder-en bovenhoek, diagonaal tegenover elkaar gesitueerd). Van elk startend vliegtuig is een analyse gemaakt van deze gebeurtenis, waarbij de analysetijd gemiddeld circa 30 seconden bedraagt. Er is ook hier dus (nog) geen rekening gehouden met de stille momenten tussen twee startende vliegtuigen.

In figuur 4 worden enkele resultaten van binnenmetingen gepresenteerd. In de figuur is tevens het buitengeluidsniveau aangegeven, zoals gemeten naast de gevel van de woning (dus exclusief gevelreflectie).

Het betreffen hier binnenspectra zoals gemeten gedurende de start van een A321 en een B777 vanaf de Polderbaan. Uit figuur 4 kan worden opgemaakt dat in verschillende woningen ook verschillen in spectra ontstaan. Ondanks dat het buitenspectrum geen specifieke pieken bevat, ontstaan binnen de woning wél pieken. Zo ontstaan bijvoorbeeld in de woning Louisaehoeve pieken bij 25 Hz en 100 Hz en in de woning Louisaehoeve pieken bij 25 Hz en 40/50 Hz. Voor de woning Antoniahoeve is de piek bij 100 Hz maatgevend voor het A-gewogen binnengeluidsniveau en bij de woning Louisaehoeve is de piek bij 50 Hz (mede) bepa-

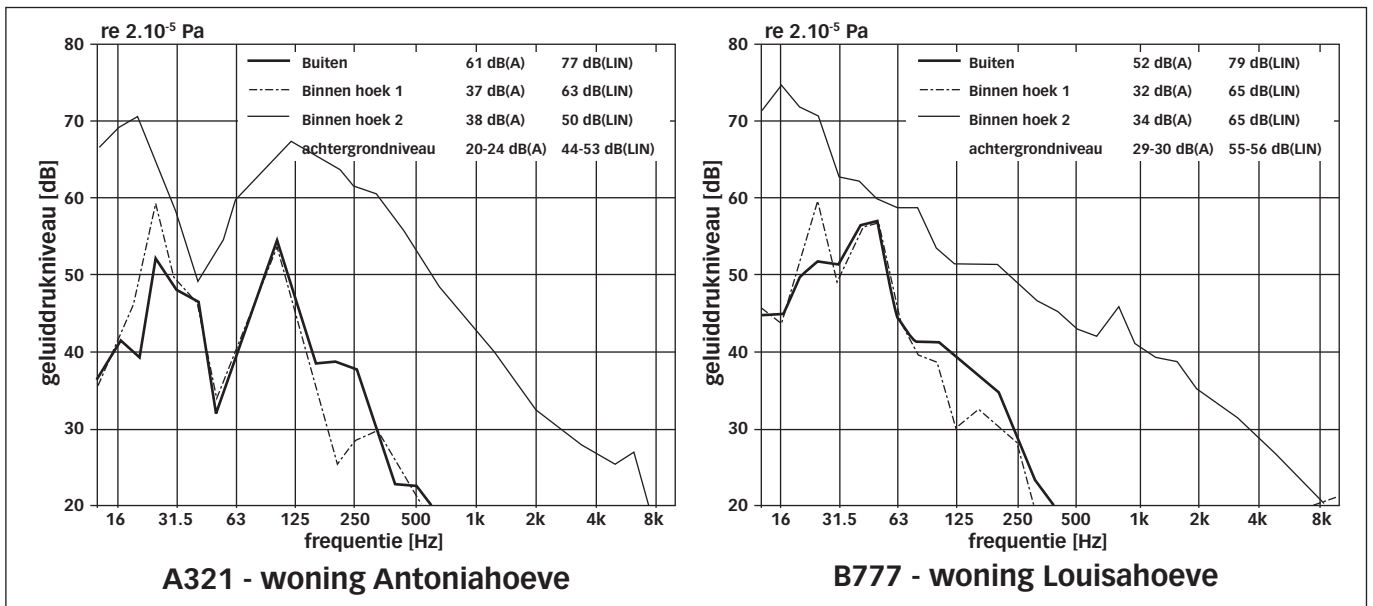
lend voor het A-gewogen binnengeluidsniveau. Op basis van alleen het buitenspectrum kunnen deze pieken niet worden voorspeld.

De pieken in het binnenspectrum kunnen enerzijds worden verklaard door de grote golflengte bij lage frequenties, waardoor er een "staande" golf kan ontstaan in een ruimte. Anderzijds kunnen resonanties van panelen / delen van de gevel een rol spelen in het laagfrequente gebied. Bij deze resonanties is de geluidsisolatie zeer gering. De optredende binnengeluidsniveaus zijn dus zowel afhankelijk van het aangeboden geluidsspectrum op de gevel

alswel de gevelwering en de afmetingen van de ruimte achter de gevel. Hierdoor is er niet één bepaalde frequentie aan te wijzen die als maatgevend zou kunnen worden beschouwd voor de hinderbeleving.

#### Hinder per vliegtuigtype

Om meer specifiek inzicht te verkrijgen in de geluidhinder per vliegtuigtype is een aanvullend onderzoek verricht waarbij door een zestal bewoners de hinder per startend vliegtuig is aangegeven ("helemaal niet hinderlijk" tot "heel erg hinderlijk"). De woningen van deze bewoners zijn allen gelegen aan de noordzijde van Hoofddorp. Wel is er onderscheid te maken tussen woningen die min of meer zicht hebben op de Polderbaan versus woningen waarbij er tenminste twee rijen/blokken met woningen of andere gebouwen zijn gelegen tussen de betreffende woning en de



FIGUUR 4: MEETRESULTATEN GRONDGELUID BINNEN TWEE WONINGEN - TIJDSGEMIDDELEDE WAARDEN OVER 30 SECONDEN - TERTSWAARDEN

Polderbaan. Door bewoners van de eerstelijns bebouwing wordt 90% tot 100% van de “grote” vliegtuigen waargenomen en 50% tot 70% van de “kleine” vliegtuigen. “Waargenomen” betekent hier dat de vliegtuigen binnen in de woning worden gehoord, hetgeen nog niet wil zeggen dat er sprake is van hinder. Ter plaatse van de tweedelijns bebouwing wordt 0% tot 15% van de kleine en grote vliegtuigen waargenomen.

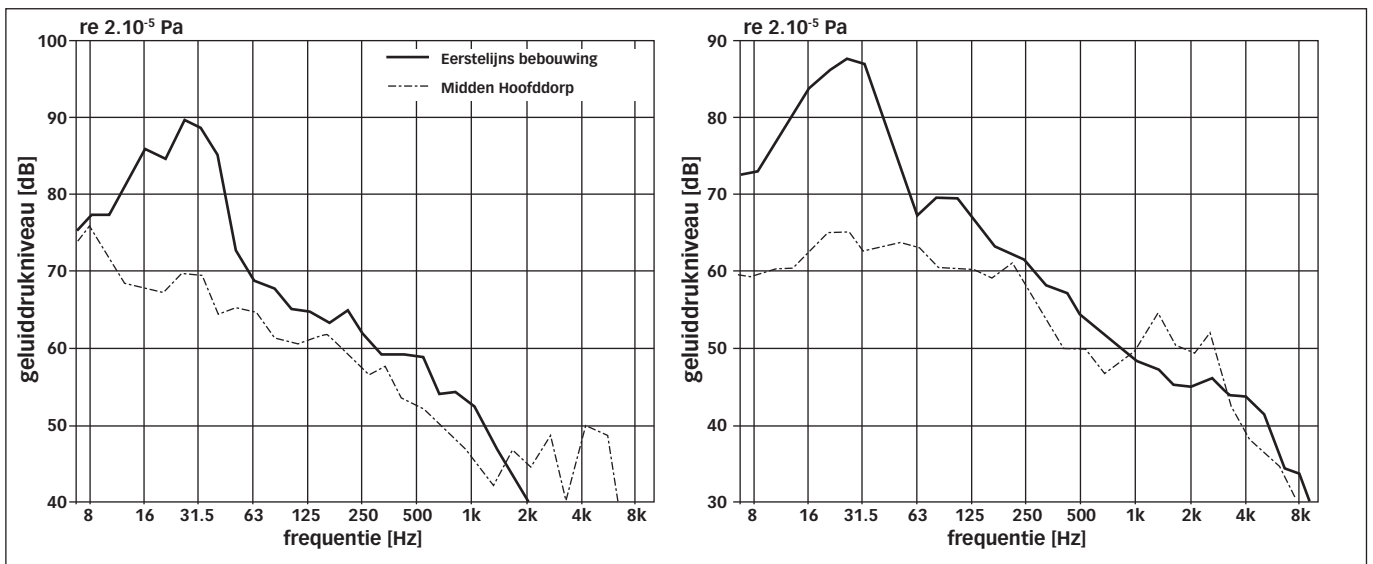
Indien voor iedere bewoner de momenten met de hoogste hinderscores in beschouwing worden genomen (“hinderlijk” tot “heel erg hinderlijk”), dan blijkt dat deze gemiddeld voor 43% worden veroorzaakt door kleine vliegtuigen en 57% door grote vliegtuigen. De meeste hindermomenten worden dus veroorzaakt door de grote vliegtuigen. Dat toch nog 43% van deze momenten worden veroorzaakt door kleine vliegtuigen is mede vanwege het feit dat er in verhouding veel meer kleine vliegtuigen vertrekken dan grote vliegtuigen. Gesteld kan dus worden dat grotere vliegtuigen gemiddeld hogere hinderscores genereren dan de kleinere vliegtuigen, maar dat er onder de kleine vliegtuigen uitschieters zijn die evenveel hinder kunnen scoren.

Aanvullend zijn de ingevulde hinderscores vergeleken met de uitgevoerde binnengeluidsmetingen. Hierbij zijn vergelijkingen uitgevoerd met de equivalente A-gewogen en C-gewogen geluids-

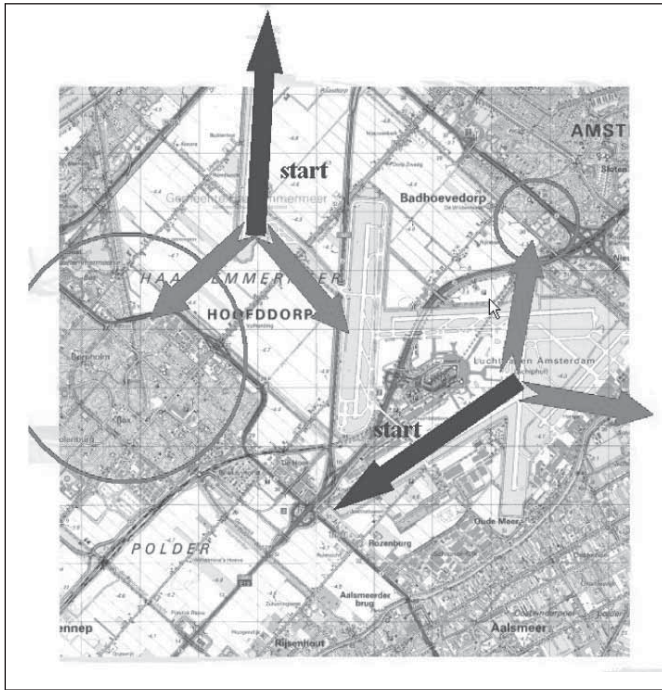
niveaus. De C-gewogen geluidsniveaus zijn mede beschouwd omdat in diverse literatuur [6,7] de C-weging voor laagfrequent geluid wordt voorgesteld. Overigens wordt opgemerkt dat de geluidsmetingen en het hinderonderzoek niet gelijktijdig hebben plaatsgevonden, waardoor de uitkomst als indicatief dient te worden beschouwd.

De binnenmetingen zijn uitgevoerd in 4 woningen, voor elke woning in 2 ruimten. Indien deze geluidsniveaus per ruimte worden gerangschikt op basis van het A-gewogen equivalente geluidsniveau, dan blijkt dat de hoogste A-gewogen waarden voor 42% worden veroorzaakt door kleinere vliegtuigen en voor 58% door de grotere vliegtuigen (3 hoogst gemeten geluidsniveaus per ruimte). Indien deze worden gerangschikt op basis van hoogste C-gewogen geluidsniveaus, dan blijkt dat de hoogste C-gewogen waarden voor 12% worden veroorzaakt door kleine vliegtuigen en voor 88% door de grotere vliegtuigen. De rangschikking op basis van de A-gewogen geluidsniveaus blijkt dus beter overeen te komen met de door de bewoners gerapporteerde hinder. De A-gewogen binnengeluidsniveaus worden, afhankelijk van de ruimte, veelal bepaald door de octaafbanden van 63, 125 en 250 Hz.

*Omvang van de problematiek*



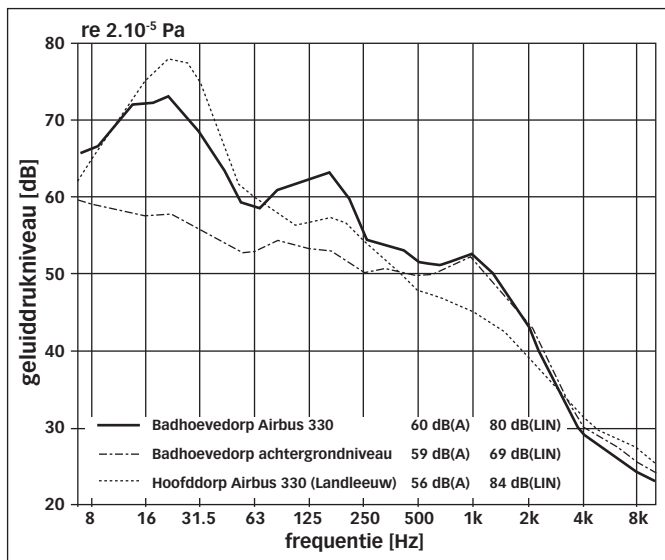
FIGUUR 5: VERGELIJK GELUIDSNIVEAUS EERSTELIJNS BEBOUWING VERSUS GELUIDSNIVEAUS IN HET MIDDEN VAN HOOFDDORP - MAXIMALE GELUIDSNIVEAUS - TERTSWAARDEN



FIGUUR 6: EFFECT GRONDGELUID POLDERBAAN EN KAAGBAAN

Om de omvang van de problematiek in kaart te brengen is onderzocht hoe de geluidsniveaus aan de rand van Hoofddorp zich verhouden met geluidsniveaus achter de eerstelijns bebouwing. In figuur 2 zijn de posities aangeduid waar de metingen zijn verricht. Uit een vergelijk tussen meetresultaten van enerzijds posities aan de rand van Hoofddorp-Noord en anderzijds posities meer in het midden van Hoofddorp blijkt dat de geluidsniveaus tamelijk snel kunnen afvallen. In figuur 5 worden enkele voorbeelden van geluidsmetingen gepresenteerd. Het betreffen hier maximale geluidsniveaus, daar op posities in het midden van Hoofddorp de geluidsniveaus (veel) korter meetbaar zijn in relatie tot het achtergrondgeluidsniveau dan aan de rand van Hoofddorp.

Gesteld kan worden dat het laagfrequente karakter van het grondgeluid op posities in het midden van Hoofddorp nagenoeg geheel is afgevlakt. Gemeten reducties tot 15 dB bij lage frequenties zijn hier geen uitzondering. Tevens zijn de kleinere type vliegtuigen hier nagenoeg niet meetbaar / waarneembaar. Dit



FIGUUR 7: MEETRESULTATEN GRONDGELUID BADHOEVEDORP - TIJDSGEMIDDELDE WAARDEN OVER 30 SECONDEN - TERTSWAARDEN

beeld bleek ook uit het uitgevoerde hinderonderzoek, waarbij door bewoners van de eerstelijns bebouwing in verhouding meer vliegtuigen werden waargenomen in vergelijking met bewoners van de tweedelijns bebouwing (zie 3.2).

Verder zijn de meetresultaten van de geluidsniveaus in Hoofddorp-Noord vergeleken met metingen elders rondom Schiphol. Deze vergelijkende metingen geven inzicht in de vraag in welke mate de problematiek in Hoofddorp-Noord (zeer) specifiek is voor wat betreft de geluidsoverdracht en de optredende geluidsniveaus.

Zoals vermeld treden de hoogste geluidsimmissieniveaus vanwege het grondgeluid op schuin achter het startende vliegtuig. Uit figuur 6 is op te maken dat een vergelijkbare situatie zich bijvoorbeeld voordoet in Badhoevedorp-Zuid ten gevolge van startende vliegtuigen vanaf de Kaagbaan. Aan de rand van Badhoevedorp-zuid zijn dan ook metingen verricht ten gevolge van startende vliegtuigen vanaf de Kaagbaan.

De (gemiddelde) meetresultaten van een startende A330 zijn gepresenteerd in figuur 7. Ter vergelijk zijn ook de meetresultaten weergegeven van een startende A330 zoals gemeten in Hoofddorp (positie Landleeuw). Uit de figuur kan worden opgemerkt dat er in Badhoevedorp bij frequenties rond de 25 Hz lagere waarden worden gemeten doch bij frequenties rond de 125 Hz kunnen de waarden hoger zijn. Dit zelfde effect was ook te zien op andere meetlocaties in Hoofddorp (Antoniahoeve), zowel qua spectrum alsook qua geluidsniveau. Gesteld kan worden dat ook in Badhoevedorp verhoogde geluidsniveaus kunnen worden gemeten ten gevolge van startende vliegtuigen.

#### CONCLUSIE

In het kader van het onderzoek naar een mogelijke beoordelings-systematiek voor laagfrequent geluid zijn er uitgebreide metingen verricht om de aard en omvang van het (laagfrequente) grondgeluid rondom Schiphol in kaart te brengen. Gebleken is dat het buitenspectrum en het geluidsniveau afhankelijk zijn van de oriëntatie ten opzichte van de Polderbaan. Tevens is er niet één bepalende frequentie aan te wijzen die als maatgevend kan worden beschouwd. Eén van de conclusies van eerder onderzoek zoals gepresenteerd in [1], namelijk dat de meest dominante frequenties in de buurt van 31,5 Hz liggen, kan dan ook niet worden onderschreven.

Grotere vliegtuigen veroorzaken de meeste hindermomenten, maar er zijn onder de kleine vliegtuigen uitschieters die evenveel hinder kunnen veroorzaken. De hindermomenten lijken goed te kunnen worden voorspeld door A-gewogen waarden.

Betreffende de omvang van de problematiek is gebleken dat de hoogste geluidsniveaus en de meeste hindermomenten met name optreden aan de rand van Hoofddorp. Verder kan worden gesteld dat het grondgeluid niet alleen waarneembaar is in Hoofddorp ten gevolge van de Polderbaan. Zo zijn startende vliegtuigen vanaf de Kaagbaan ook waar te nemen in Badhoevedorp-Zuid.

Bovenstaande resultaten van het onderzoek naar het grondgeluid zullen uiteindelijk worden meegewogen in het kader naar een mogelijk beoordelingsystematiek voor laagfrequent geluid.

#### REFERENTIES

- 1 Groundnoise Polderbaan – Overview of Results – 2006
- 2 Laagfrequent geluid; grenswaarden, overdracht en meten -Adviesbureau Peutz & Associés bv in opdracht van VROM, rapport R 548-13, d.d. 8 juni 1990
- 3 NSG-richtlijn Laagfrequent Geluid -Nederlandse Stichting Geluidhinder, april 1999
- 4 Danish guidelines on environmental low frequency noise, infrasound and vibration - Jnl Low Freq Noise Vibration & Active Control 20, (2001)
- 5 DIN 45680 -Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft - maart 1997
- 6 Guidelines for community noise - World Health Organization - 1999
- 7 G. Hessler -Proposed Criteria for Low Frequency Industrial Noise Residential Communities, Jnl Low Freq Noise Vibration 24, nr 2 - 2005