

Notitie

www.tno.nl

erwin.jansen@tno.nl

+31651274278

Aan Gemeente Amsterdam
Ruimte en Duurzaamheid
t.a.v. de heer Klaas-Jan Dolman

Datum
3 november 2023

Van Erwin Jansen, Arno Eisses
Onderwerp Metingen grondgeluid bestemmingsplan
Overschiestraat 182 en 188

1. Inleiding

Schinkelkwartier, gelegen in het zuidwesten van Amsterdam tussen de Zuidas en Schiphol, is aangewezen als ontwikkelgebied, met ruimte voor verdere verdichting en het toevoegen van woningen. Eén van de aspecten die in het kader van de ontwikkeling als woongebied nader worden bekeken is de invloed van het geluid van startende vliegtuigen (grondgeluid)¹ op de geluidhinder van bewoners. TNO heeft op verzoek van de gemeente Amsterdam in het kader van het Omgevingseffectrapport (OER) Schinkelkwartier reeds een verkennend onderzoek uitgevoerd naar grondgeluid in het plangebied op basis van berekeningen².

Binnen Schinkelkwartier is de Overschiestraat één van de eerste locaties waar woningen in de plaats komen van bedrijven. In het kader van de beoogde ontwikkeling van woningbouw ter plaatse van Overschiestraat 182 en 188 wordt voor die locatie een bestemmingsplan opgesteld. Het verkennende onderzoek geeft aan dat grondgeluid op die locatie hoorbaar en hinderlijk kan zijn. Hierbij is de invloed van de bebouwing in de directe omgeving, die voor afscherming en verstrooiing van grondgeluid kan zorgen, niet gedetailleerd meegenomen. Daarom werd aanbevolen om op de betreffende locatie het grondgeluid te meten tijdens startende vliegtuigen op de Kaagbaan en de Aalsmeerbaan. Op verzoek van de gemeente Amsterdam heeft de afdeling Acoustics & Sonar van TNO deze metingen uitgevoerd.

2. Metingen

De grondgeluidmetingen zijn uitgevoerd op 24 oktober 2023 naast een verzamelkantoorpand aan de Overschiestraat 182 in Schinkelkwartier. De afstand tot het begin van de Aalsmeerbaan is ca. 4,5 km en de Kaagbaan ca. 6 km. Zie Figuur 1. De metingen zijn uitgevoerd tussen 9:00 en 14:00. Naast het gebouw zijn twee microfoons geplaatst op 1,5 en 7,5 meter hoogte. Gedurende de tweede helft van de meetperiode stond er tevens een microfoon boven op het dak van de zesde etage van het gebouw met een waarnemingshoogte van ongeveer 20 m. Figuur 2 toont foto's van de microfoonopstelling.

Tijdens de metingen kwam de wind met kracht 4 tot 5 Bft uit het zuiden (180 tot 200 graden). De temperatuur bedroeg 12°C. De Aalsmeerbaan en de Kaagbaan waren afwisselend of tegelijkertijd als startbaan in gebruik.

¹ Met grondgeluid wordt het geluid bedoeld van vliegtuigen op de grond, die aan het vliegverkeer deelnemen (dus proefdraaien valt hier niet onder). Hinder door grondgeluid ontstaat vooral als gevolg van de emissie van laag-frequent geluid schuin achter het vliegtuig, wanneer veel motorvermogen nodig is voor het accelereren op de startbaan. Zie ook bijlage 1.

² Zie TNO-notitie 2023 M11894 d.d. 9 oktober 2023.



Figuur 1: Overzichtskaart van Schiphol en de richting van de geluidsoverdracht van de Aalsmeerbaan en de Kaagbaan richting Schinkelkwartier. De meetlocatie is aangegeven met de gele stip.

Het geluid op de meetmicrofoons werd gelijktijdig continu opgenomen met een meerkanaals data-acquisitie systeem met een samplefrequentie van 32 kHz en een opnameduur van 60 s per bestand. De klok van de laptop was voorafgaand met de metingen gesynchroniseerd met GPS-tijd, zodat een koppeling kan worden gemaakt met het moment van vertrek van een vliegtuig. Er is gebruik gemaakt van de website Flightradar24.com om de metingen te koppelen met het vliegtuigtype en de startbaan.

3. Analyse

Het grondgeluid is geanalyseerd voor de grotere typen vliegtuigen, B777, B747 en A333 omdat deze maatgevend zijn voor het grondgeluid. Voor de metingen met een goede signaal-ruisverhouding is het moment van starten van het vliegtuig bepaald door de plotselinge toename van het grondgeluid boven het achtergrondgeluid. Voor kleinere vliegtuigtypen ligt het grondgeluid veel dichterbij het heersende achtergrondgeluid. Het achtergrondgeluid is voor iedere analyse afgeleid uit middeling over het tijd-sigitaal voorafgaand aan de start. Zie Tabel 1 voor de geselecteerde vliegtuigen.

Voor iedere geselecteerde start van een vliegtuig zijn gedurende een periode van 3 minuten rondom het tijdstip van vertrek per tertsband de geluidsniveaus bepaald over tijdstappen van 1 s. Vervolgens zijn deze banden gesommeerd over de voor grondgeluid relevante bandbreedte tussen 25 en 100 Hz. Figuur 3 toont een voorbeeld.



Figuur 2: Foto's van de microfoons op 1,5 en 7,5 m hoogte naast het kantoorpand (links) en de microfoon boven op het dak (rechts).

Vervolgens is de geluidspiek bepaald na het moment van starten. Het grondgeluid is gemiddeld over het tijdsinterval waarin het geluid niet meer dan 10 dB onder de piek ligt. De middelingstijd kan verschillen per vliegtuig.

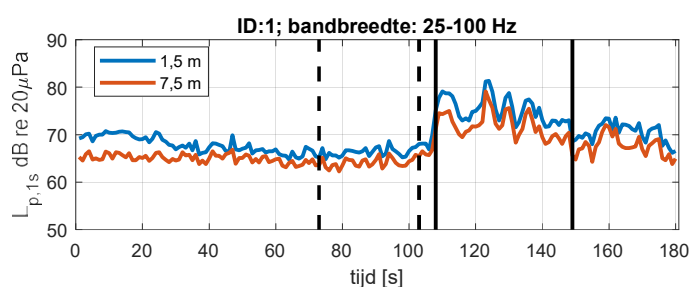
4. Resultaten

De gemiddelde equivalente geluidsdruk niveaus, in tertsbanden over de volledige bandbreedte (zonder frequentieweging), zijn per vliegtuigtype en startbaan weergegeven in Figuur 4. Tevens is het achtergrondgeluid per meethoogte weergegeven. Te zien is dat vanaf 200 Hz het geluidniveau volledig wordt gedomineerd door het achtergrondgeluid, met een grote invloed van het wegverkeer. In het frequentiegebied tussen 12,5 Hz en 160 Hz liggen de gemeten geluidsniveaus tijdens het opstijgen van de geselecteerde vliegtuigen voldoende boven het achtergrondgeluid.

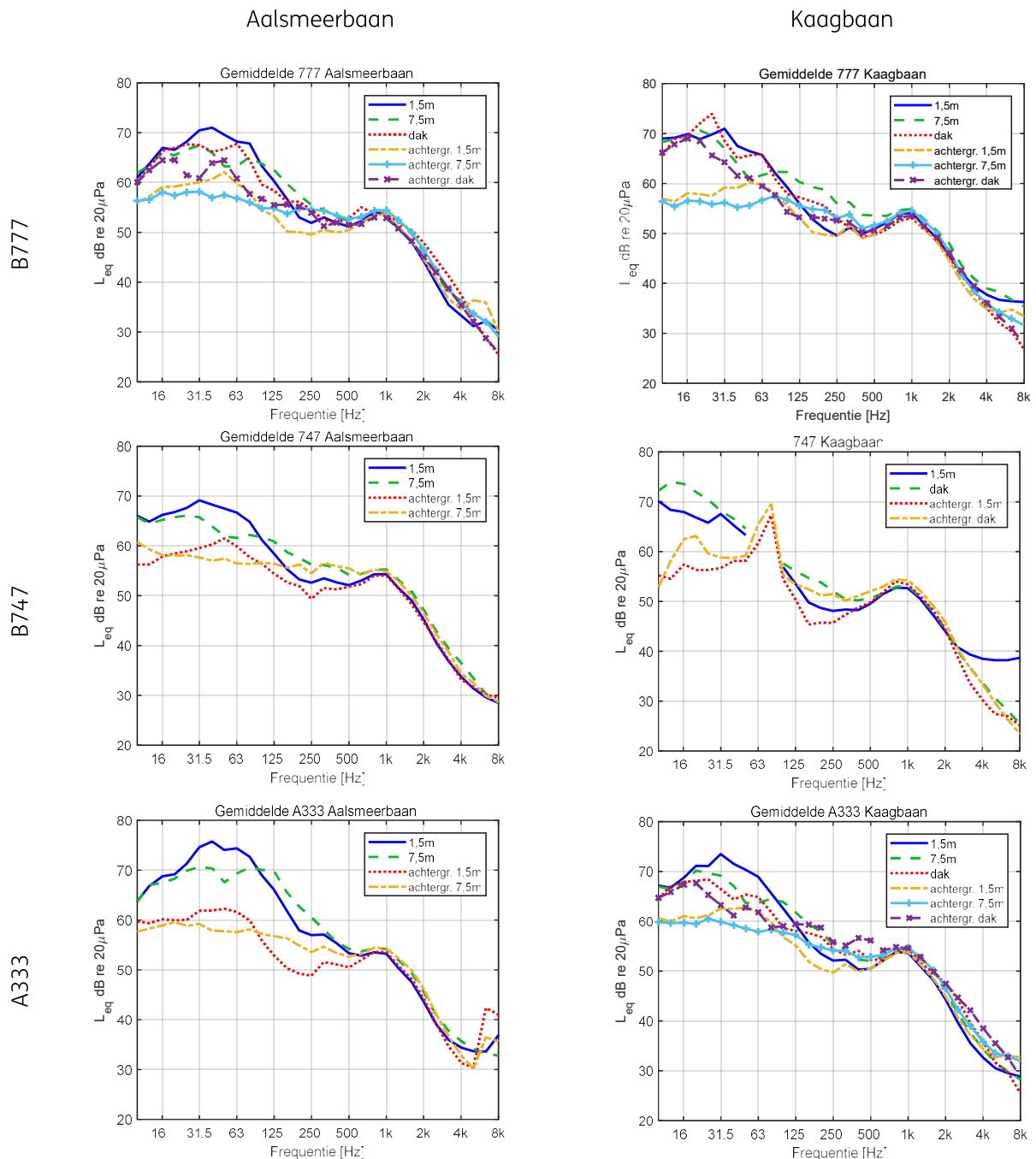
Een uitzondering is het vertrek van een B747 vanaf de Kaagbaan. Hier werd de meting verstoord door een laagfrequente stoorbron op het parkeerterrein van het kantoorpand. Daarom kon het grondgeluid van deze B747 niet worden geanalyseerd in de tertsbanden met middenfrequenties van 50 t/m 100 Hz, maar wel in de belangrijke tertsbanden van 20 t/m 40 Hz.

Tabel 1: Overzicht van geanalyseerde vliegtuigtypes met de gebruikte startbaan.

Vliegtuigtype	Startbaan	Tijd
BOEING 777-300ER	Aalsmeerbaan	08:57
	Aalsmeerbaan	11:07
	Aalsmeerbaan	11:59
BOEING 777-200 / 777-200ER	Aalsmeerbaan	09:23
	Aalsmeerbaan	10:15
	Kaagbaan	10:26
	Aalsmeerbaan	10:39
	Kaagbaan	11:03
	Aalsmeerbaan	11:28
	Aalsmeerbaan	11:59
	Kaagbaan	12:27
	Kaagbaan	12:34
BOEING 747-400	Aalsmeerbaan	09:37
	Kaagbaan	13:58
BOEING 747-800 Airbus A333	Aalsmeerbaan	10:45
	Kaagbaan	10:28
	Aalsmeerbaan	10:32
	Kaagbaan	10:39
	Kaagbaan	10:49
	Kaagbaan	10:57
	Kaagbaan	11:04
	Aalsmeerbaan	11:09
	Aalsmeerbaan	11:23
	Kaagbaan	13:02

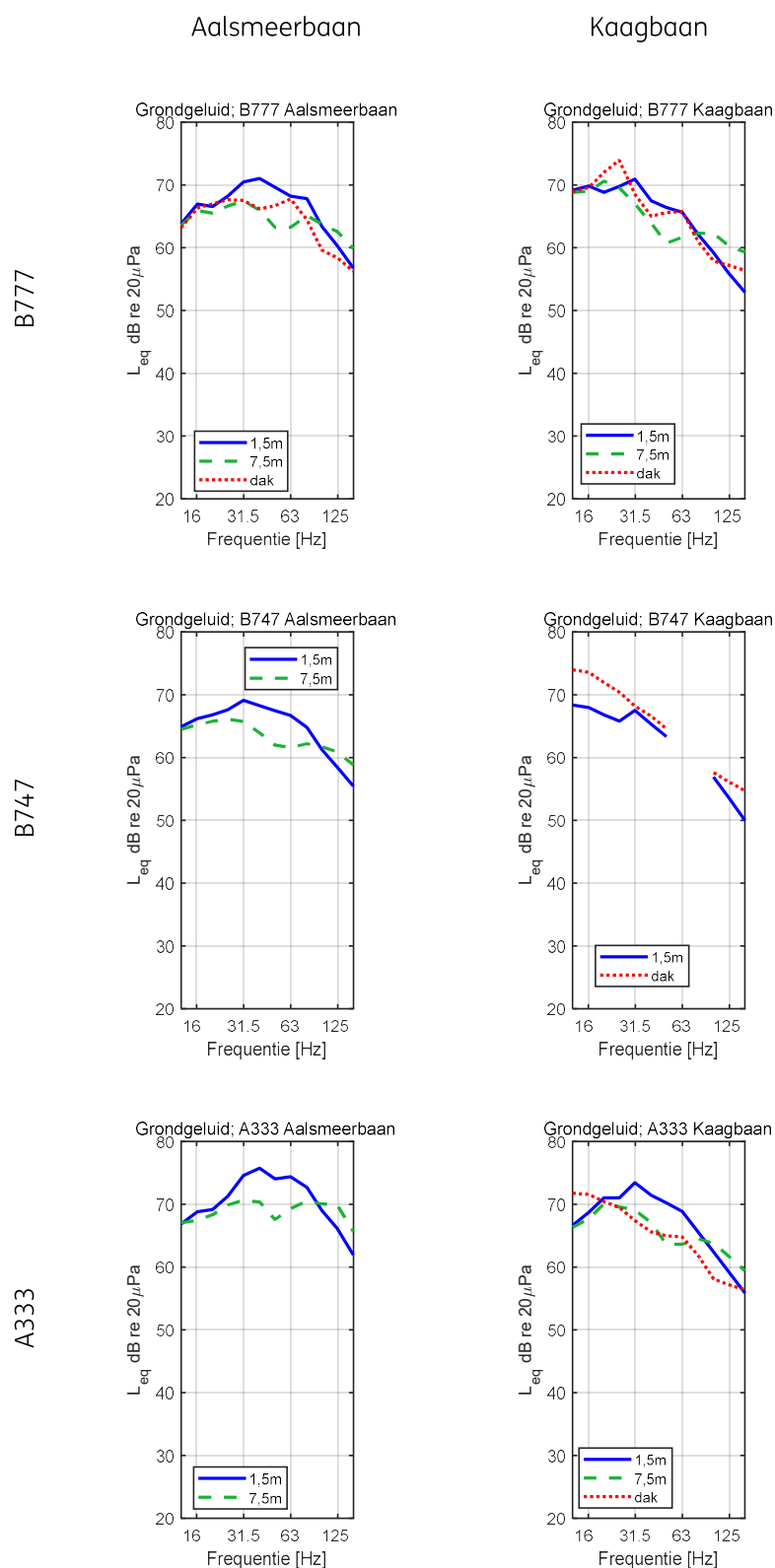


Figuur 3: Verloop van het geluid in de bandbreedte van 25-100 Hz met een middelingstijd van 1 s als functie van de tijd, bij de start van een B777 vanaf de Aalsmeerbaan. Zwarte doorgetrokken verticale lijnen geven het middelingsinterval voor het grondgeluid aan, de gestippelde voor het achtergrondgeluid.



Figuur 4: Gemiddelde equivalente geluidrukniveaus in 1/3 octaafbanden per vliegtuigtype en startbaan. Per microfoon is ook het achtergrondgeluid weergegeven.

Het voor het achtergrondgeluid gecorrigeerde grondgeluid tussen 12,5 en 160 Hz wordt getoond in Figuur 5. Te zien is dat de tertsbanden met middenfrequenties van 31,5 Hz en 40 Hz meestal het hoogste niveau hebben in het tertsbandspectrum (zonder frequentieweging) van het over de tijd gemiddelde niveau van de start van een vliegtuig (zoals hierboven aangegeven). Gemiddeld per vliegtuigtype levert de A330-300 de hoogste niveaus van het grondgeluid, met afhankelijk van de meethoogte een piek tussen 71 en 76 dB in de tertsband van 31,5 Hz. Het hoogste niveau is gemeten op 1,5 meter hoogte; op 7,5 m hoogte en op het dak zijn de niveaus veelal tot 5 dB lager.



Figuur 5: Gemiddelde grondgeluidniveaus (gecorrigeerd voor het achtergrondgeluid) in 1/3 octaafbanden per vliegtuigtype en startbaan gemeten op verschillende microfoonposities. Alleen de voor grondgeluid relevante bandbreedte is getoond.

Bij de meetresultaten gelden de volgende kanttekeningen:

- Figuur 4 geeft de gemiddelde niveaus per vliegtuigtype. De niveaus van starts van vliegtuigen van hetzelfde type variëren. Het hoogste gemeten tertsbandniveau bedraagt 79 dB op 1,5 m hoogte, tijdens de start van een A330-300.
- Toestellen van het type B747 worden nog maar weinig ingezet en zullen waarschijnlijk in 2026 zijn uitgefaseerd.
- Het is bekend dat grondgeluid in de winter door de geluidoverdracht over een hardere bodem minder verzwakt worden dan in de zomer. De metingen zijn een 'momentopname' van één dag, buiten de winterperiode, zodat de niveaus in de winter hoger kunnen liggen.

5. Beoordeling

Voor grondgeluid zijn geen wettelijke normen of breed geaccepteerde beoordelingsmethoden om de aanvaardbaarheid van een bepaald geluidniveau vast te stellen. In het verkennende onderzoek is het berekende niveau van het grondgeluid gerelateerd aan het referentieniveau van grondgeluid van de Polderbaan in Vrijschot-Noord (Hoofddorp), in de situatie voordat daar maatregelen zijn getroffen om het grondgeluid te beperken. In die situatie traden tertsbandniveaus op van 90 dB in de tertsbanden met middenfrequenties van 25 t/m 40 Hz. Om het grondgeluid tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen, is toen gesteld dat een vermindering van 10 dB nodig was, waarmee de tertsbandniveaus niet hoger zijn dan 80 dB. Zie bijlage 1.

Onderstaande tabel vergelijkt de uitkomsten van de metingen met de berekeningen. Voor het oostelijk deel van de 'Sloterstrip', waar de meetlocatie Overschiestraat ligt, ligt het *berekende* niveau van het grondgeluid van de Aalsmeerbaan 7 dB lager dan het referentieniveau, waarmee de bovengenoemde doelstelling voor Vrijschot-Noord niet wordt gehaald. De gemeten gemiddelde tertsbandniveaus van het luidste vliegtuig (A330-300) op de Aalsmeerbaan liggen 7 dB lager dan de prognose op basis van berekeningen en daarmee 14 dB lager dan het referentieniveau en 4 dB lager dan de doelstelling voor Vrijschot-Noord.

Tabel 2: Vergelijking tussen uitkomsten van de metingen met berekeningen voor Overschiestraat 1882 en 188.

baan	niveau grondgeluid t.o.v. referentie (Vrijschot-Noord zonder maatregelen)	
	berekend (winter)	gemeten (herfst 2023)
Aalsmeerbaan	-7 dB	-14 dB
Kaagbaan	-17 dB	-17 dB

In vergelijking met de resultaten van berekeningen uit het verkennende liggen de meetresultaten van de starts op de Aalsmeerbaan ongeveer 7 dB lager.

Een deel van het verschil kan verklaard worden doordat de berekeningen niet in de winterperiode zijn uitgevoerd, terwijl de resultaten van de berekeningen betrekking hebben op de winterperiode, wanneer het grondgeluid het sterkst waarneembaar is. Door een minder geluidabsorberende bodem gedurende de winter is er een met de afstand toenemend verschil tussen de sterkte van het grondgeluid in de winter en de zomer. Toch is het onwaarschijnlijk dat het meetresultaat 7 dB hoger ligt als de metingen in de winter uitgevoerd zouden zijn, omdat er in de weken voorafgaand aan de metingen veel neerslag is geweest, waardoor de geluidabsorptie van de (natte) bodem al lager is dan tijdens droge zomerse omstandigheden.

Een ander deel van de verklaring is dat het overdrachtspad van het geluid van de Aalsmeerbaan naar de meetlocatie de taluds van op- en afritten van knooppunt Badhoevedorp en bebouwing aan de noordzijde van rijksweg A4 doorkruist, wat een verstrooiend effect heeft op het geluid, waardoor het grondgeluid in werkelijkheid minder is dan berekend. In het overdrachtspad van de Kaagbaan naar Overschiestraat zijn minder obstakels aanwezig. Dit kan verklaren dat voor het grondgeluid vanaf de Kaagbaan de metingen en berekeningen goed overeenstemmen.

6. Conclusie

Ter plaatse van de locatie Overschiestraat 182 en 188 is het gemeten grondgeluid ten gevolge van respectievelijk de Aalsmeerbaan en de Kaagbaan 14 dB en 17 dB lager dan het niveau in Vrijschot-Noord in 2005, in de situatie voordat er maatregelen werden getroffen. Met correctie voor het seizoen (van herfst naar winter) is de verwachting dat het verschil met Vrijschot-Noord nog tenminste 10 dB zal bedragen. Daarmee is het gemeten niveau van het grondgeluid op de meetlocatie niet hoger dan het niveau dat voor Vrijschot-Noord (na realisatie van maatregelen) ten doel is gesteld.

Bij de vergelijking met Vrijschot-Noord moet de kanttekening worden geplaatst dat er tussen de twee situaties belangrijke verschillen zijn, die invloed hebben op de mate van hinder. Ten eerste is van belang dat voor de bewoners in Vrijschot-Noord een nieuwe situatie ontstond toen de Polderbaan in gebruik werd genomen en de bewoners niet waren voorbereid op hinder door grondgeluid. Voor nieuwe bewoners in Schinkelkwartier is aannemelijk dat de mogelijkheid om grondgeluid mee te wegen bij de keuze van hun woonlocatie een gunstige invloed heeft op de hinder die zal worden ervaren. Daarnaast zijn de bewoners van Vrijschot-Noord al jaren betrokken in een proces om te komen tot maatregelen om de overlast te verminderen. Dit maakt het niet goed mogelijk om een relatie te leggen tussen de hoogte van het geluidniveau en de ervaren hinder, die ook op andere plaatsen kan worden toegepast waar toekomstige bewoners met grondgeluid te maken krijgen.

BIJLAGE 1: Grondgeluid

Het geluid van vliegtuigen op de grond voorafgaand aan de start of na de landing wordt grondgeluid genoemd. Hinder door grondgeluid ontstaat vooral als gevolg van de emissie van laagfrequent geluid schuin achter het vliegtuig bij het accelereren op de startbaan. De bronnen van grondgeluid zijn de vliegtuigmotoren, die op vol vermogen draaien direct voorafgaand aan en tijdens de startrol op de baan. Uit eerder onderzoek is gebleken dat laagfrequent geluid tussen 20 en 100 Hz (de octaafbanden van 31,5 Hz en 63 Hz, tertsbanden van 25 t/m 80 Hz) voor de hinder door grondgeluid van belang is. Onderzoek naar grondgeluid richt zich daarom op dat frequentiegebied.

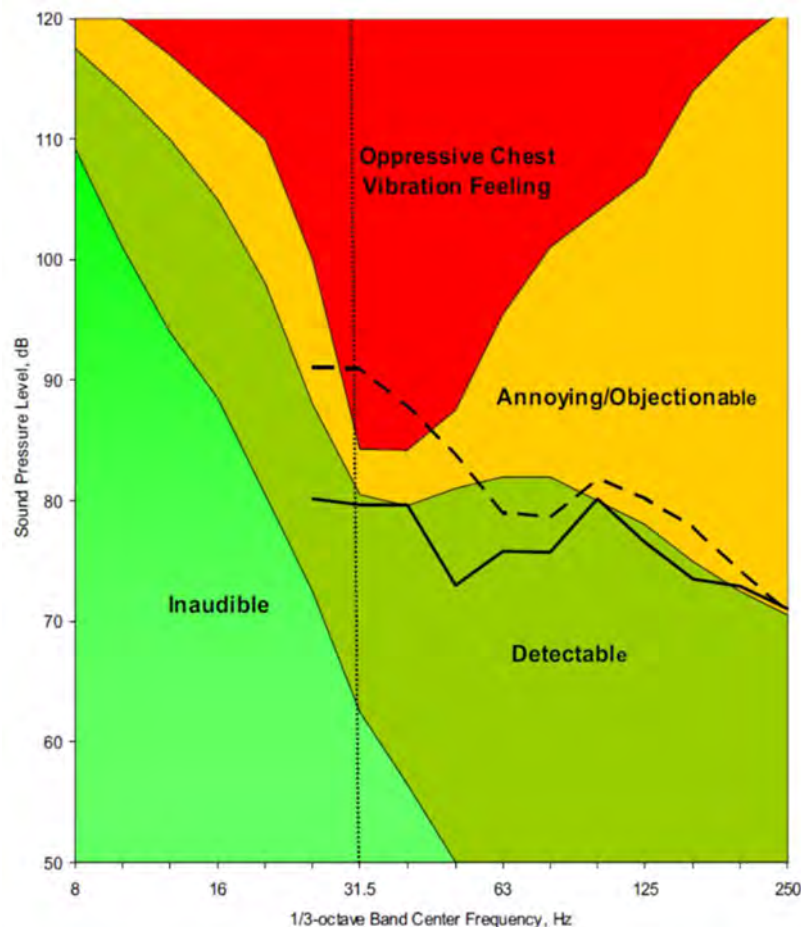
De hinder door grondgeluid komt onvoldoende tot uitdrukking bij de beoordeling van de geluidbelasting door vliegverkeer in de gangbare geluidmaat L_{den} . Grondgeluid moet op een andere manier worden bepaald en beoordeeld, maar er zijn geen wettelijk voorgeschreven of breed geaccepteerde methoden om de aanvaardbaarheid van grondgeluid vast te stellen. Desondanks krijgt grondgeluid vanwege de mogelijke invloed op de kwaliteit van de leefomgeving wel aandacht bij de ontwikkeling van woningen in de omgeving van Schiphol.

Grondgeluid kwam vooral onder de aandacht na het in gebruik nemen van de Polderbaan. Bewoners van de wijk Vrijschot-Noord in het noorden van Hoofddorp schuin achter de Polderbaan waren niet voorbereid op hinder door vliegtuiggeluid, omdat landend en startend verkeer van de Polderbaan niet over of langs deze wijk vliegt. In 2005 is onderzoek gedaan naar de klachten en de mogelijkheden om het grondgeluid te beperken. Daaruit bleek dat bij grondgeluid vooral het laagst hoorbare frequentiegebied, tussen 20 en 80 Hz (octaafbanden van 31,5 en 63 Hz), voor hinder zorgt. In een rapport³ van Wyle Laboratories, NLR en TNO wordt het gemeten niveau van het grondgeluid in Vrijschot-Noord in verschillende weersituaties vergeleken. Ten opzichte van een ongunstige weersituatie (wind uit het noordoosten) met sterke geluidoverdracht (wat leidt tot hoge geluidniveaus) bleek dat in een situatie met 10 dB lagere niveaus bij 31,5 Hz geen hinder werd gerapporteerd. Van die 10 dB lagere niveaus zijn de niveaus in tertsbanden met frequenties van 25 en 31,5 Hz maximaal 80 dB. Wyle heeft in onderstaande figuur het gemiddelde van metingen bij respectievelijk ongunstige omstandigheden (hoge niveaus, onderbroken lijn) en bij gunstigere omstandigheden (met lagere niveaus) in onderstaande figuur weergegeven. Hieruit is destijds is geconcludeerd dat niveaus van grondgeluid die buitenshuis kortstondig optreden, in afzonderlijke tertsbanden (middenfrequenties van 25 t/m 100 Hz, zonder A-weging) bij voorkeur tot 80 dB beperkt moeten worden om voor de bewoners acceptabel te zijn. Dit leidde tot de doelstelling om het grondgeluid in Vrijschot-Noord met 10 dB te verminderen⁴, zoals destijds is vastgelegd in een convenant tussen Schiphol en de bewoners.

Vanzelfsprekend wordt de mate van hinder niet alleen bepaald door de hoogte van de geluidniveaus tijdens de starts van vliegtuigen, maar ook door de tijdsduur of het aantal keren per jaar waarbij grondgeluid als storend wordt ervaren. Voor slaapverstoring is van belang of de voor grondgeluid bepalende startbaan of startbanen 's nachts in gebruik zijn.

³ Zie het rapport van Wyle laboratories, TNO en NLR: *Groundnoise Polderbaan - Overview of Results*, WR 06-02 (J/N 52611), februari 2006.

⁴ Om grondgeluid in Vrijschot-Noord te beperken zijn tussen de Polderbaan en de woonwijk wigvormige heuvels ('ribbels') aangelegd, die de geluidniveaus van startende vliegtuigen met ruim 5 dB hebben verminderd. De beschikbare grond voor ribbels was niet voldoende om de doelstelling van 10 dB te realiseren. In overleg met de bewoners wordt nog een project uitgevoerd om met gevelisolatie het grondgeluid binnenshuis verder te verminderen.



Beoordeling van laagfrequent geluid volgens Wyle Laboratories. In de figuur zijn de meetresultaten aangegeven van grondgeluid (gemiddelde over starts van zware vliegtuigen) bij ongunstige omstandigheden (onderbroken lijn) en bij gunstigere omstandigheden met een 10 dB lager geluidniveau in de tertsband van 31,5 Hz.

Voor de geluidsoverdracht speelt de weersituatie in combinatie met de bodem een belangrijke rol. Onderstaande afbeelding laat schematisch zien dat onder invloed van wind de geluidsoverdrachtspaden worden afgebogen. Door reflecties tegen de bodem kan het geluid een waarneempunt op grote afstand via meerdere paden bereiken, wat in het laagfrequente deel van het frequentiespectrum van het hoorbare geluid (octaafbanden van 31,5 Hz en 63 Hz) kan leiden tot meer dan 10 dB hogere geluidsniveaus dan in de situatie zonder wind. Ten opzichte van een situatie met 'tegenwind' (in tegengestelde richting met de geluidsoverdracht) zijn de verschillen nog groter. Omdat vliegtuigen meestal tegen de wind in starten, treden de meewindcondities op voor de geluidsoverdracht in achterwaartse richting. Voor Schinkelkwartier is dat wind uit westelijke en zuidwestelijke richting, waarbij de Aalsmeerbaan, Buitenveldertbaan en Kaagbaan als startbaan in gebruik kunnen zijn.

Uit de onderstaande afbeelding blijkt dat de combinatie van wind en bodem van belang is voor de geluidsoverdracht. Bij een absorberende bodem (bijvoorbeeld bij een omgeploegde akker), neemt het via de bodem gereflecteerde geluid na iedere reflectie sterker af dan bij een 'harde' bodem (door water of bevrozing). Verder geldt dat de invloed van de bodem bij meewind afneemt naarmate de waarneemhoogte toeneemt. Op 30 meter hoogte kan het niveau van het grondgeluid bij 31,5 Hz tot 5 dB lager zijn dan op 1,5 meter hoogte.



Geluidoverdracht in een windstille situatie via twee paden (links) en in een situatie met wind van bron naar waarneempunt (meewind) via een groot aantal paden, als gevolg van afbuiging van de geluidvoortplanting richting de bodem.

Het uitgestraalde geluid uit de straalmotoren is het sterkst schuin achterwaarts, onder ongeveer 120 tot 140 graden met de startrichting van het vliegtuig. Recht achter het vliegtuig (onder 160 tot 180 graden) is de sterkte van de bron ruim 10 dB lager.

Vooral de zware vliegtuigen produceren grondgeluid. In het verleden waren de vliegtuigtypen B747-400 en MD-11 van belang. De MD-11 maakt geen deel meer uit van de vloot die van Schiphol gebruik maakt en dat zal binnen enkele jaren voor de B747-400 ook het geval zijn. Binnen de huidige vloot zijn de vliegtuigtypen A330, B767 en B777 de belangrijkste veroorzakers van grondgeluid.