Notitie

www.tno.nl
erwin.jansen@tno.nl;
arno.eisses@tno.nl

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

Van Arno Eisses, Erwin Jansen

Onderwerp Metingen grondgeluid investeringsnota Nieuwe Meer Oost

Datum
3 april 2024

Onze referentie
2014 M10640

1. Inleiding

Nieuwe Meer Oost is een deelgebied binnen Schinkelkwartier, gelegen in het zuidwesten van Amsterdam tussen de Zuidas en Schiphol, dat 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 gemengd gebied (met wonen) nader wordt 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 berekeningen[2].

In het kader van de beoogde ontwikkeling van woningbouw ter plaatse wordt voor Nieuwe Meer Oost een investeringsnota opgesteld. Vooruitlopend daarop zijn voor de ontwikkeling van B@Home en voor blok 2 en 3 in Think District een bestemmingsplan respectievelijk een omgevingsvergunning (afwijken bestemmingsplan) in voorbereiding. Het verkennende onderzoek op basis van berekeningen geeft aan dat grondgeluid op de betreffende locaties 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 TNO deze metingen uitgevoerd.

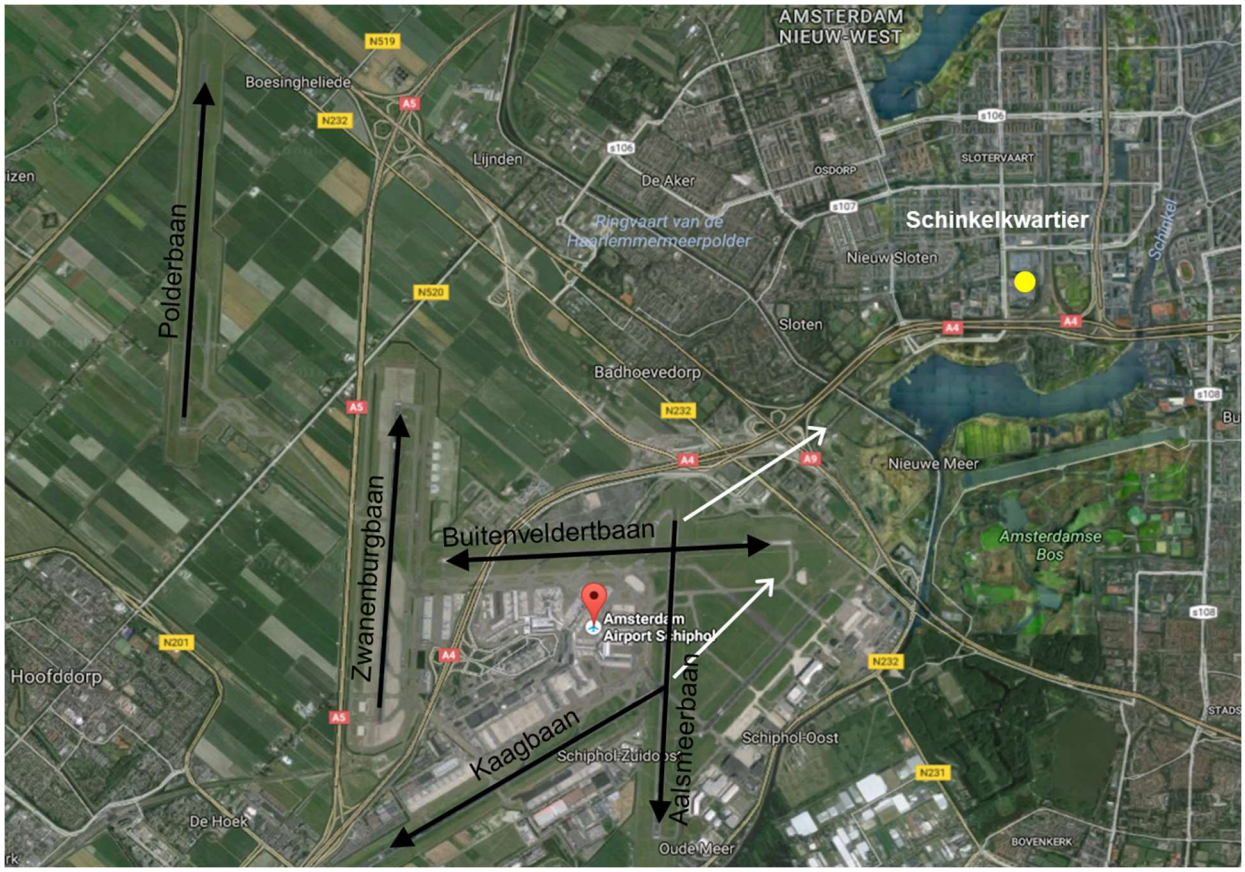
2. Metingen

De grondgeluidmetingen in Nieuwe Meer Oost zijn uitgevoerd op 13 februari 2024 op 3 verschillende meetposities aan de Johan Huizingalaan in Schinkelkwartier. De afstand tot het begin van de Aalsmeerbaan is ca. 4 km en de Kaagbaan ca. 5,5 km. Zie Figuur 1. De metingen zijn uitgevoerd tussen 9:00 en 14:00. Op locatie B (B@Home) bij de parkeergarage en op locatie C (blok 2 en 3 in Think District) voor het IBM-kantoor zijn twee microfoons geplaatst op 1,5 en 7,5 meter hoogte. Tevens stond er een microfoon op locatie A boven op het dakterras van het B-Amsterdam gebouw, op ongeveer 24 meter hoogte. Figuur 2 toont de meetlocaties en foto's van de microfoonopstellingen. De meetlocaties zijn representatief voor het gebied Nieuwe Meer Oost.

De metingen zijn uitgevoerd bij wind uit het zuidwesten (2 tot 5 Bft) en een temperatuur van 7 °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 laagfrequent 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 geluidoverdracht van de Aalsmeerbaan en de Kaagbaan richting Schinkelkwartier. De meetlocatie is aangegeven met de gele stip.

Het geluid op de microfoons werd per meetpost A, B, C gelijktijdig continu opgenomen met een meerkanaals data-acquisitie systeem met een samplefrequentie van 32 kHz. De klokken van de meet-systemen werden voorafgaand aan 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 alle metingen te koppelen met het vliegtuigtype en de startbaan.

3. Analyse

Het grondgeluid is geanalyseerd voor de grotere typen vliegtuigen, B777, B747 en A330-300 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 tijdsignaal 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 geluidniveaus bepaald over tijdstappen van 1 s. Vervolgens zijn deze banden energetisch gesommeerd over de voor grondgeluid relevante bandbreedte tussen 25 en 100 Hz. Van elke start is de piek in het breedbandige geluidniveau (sommatie over tertsbanden van 25 t/m 100 Hz) bepaald na het moment van starten.

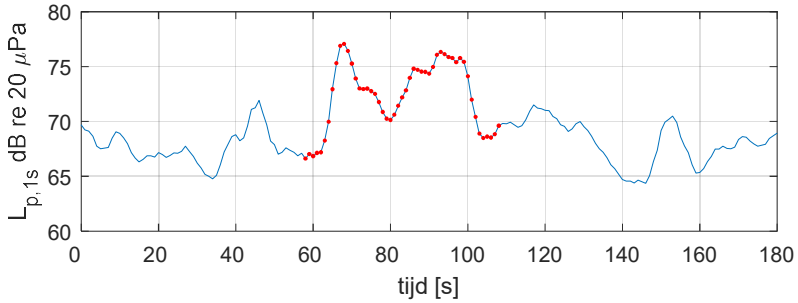


Figuur 2: Meetlocaties A, B en C aan de Johan Huizingalaan in Nieuwe Meer Oost. Op de foto links boven is de plaats van de microfoon met een rode cirkel aangegeven.

Het grondgeluid is gemiddeld over het tijdsinterval waarin het geluid niet meer dan 10 dB onder de piek ligt. Figuur 3 toont een voorbeeld. Per meting (start van een vliegtuig) kan de middelingstijd verschillen.

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

Vliegtuigtype	Startbaan	Tijd
BOEING 777-300ER	Kaagbaan	09:20
	Aalsmeerbaan	10:36
	Aalsmeerbaan	10:47
	Kaagbaan	11:11
	Kaagbaan	11:44
	Aalsmeerbaan	12:00
	Aalsmeerbaan	12:13
BOEING 777-200 / 777-200ER	Kaagbaan	10:09
	Kaagbaan	10:40
	Aalsmeerbaan	12:49
	Kaagbaan	13:13
BOEING 747-4FTF	Kaagbaan	13:04
Airbus A333	Kaagbaan	9:52
	Kaagbaan	10:04
	Kaagbaan	10:10
	Aalsmeerbaan	10:15
	Kaagbaan	10:29
	Kaagbaan	10:53
	Aalsmeerbaan	10:15
	Aalsmeerbaan	11:09
	Aalsmeerbaan	12:09
	Kaagbaan	10:29

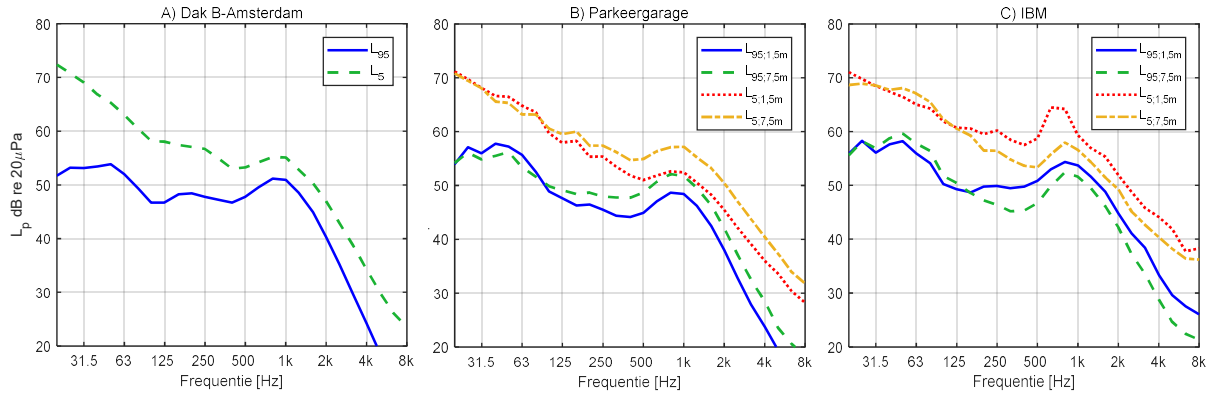


Figuur 3: Verloop van het geluid in de bandbreedte van 25-100 Hz met een middelingstijd van 1 s als functie van de tijd, bij de start van een B777 vanaf de Aalsmeerbaan. De rode punten geven het middelings-interval voor het grondgeluid aan.

4. Resultaten

Over de hele meetduur zijn de 5%- en 95%-overschrijdingsniveaus bepaald, zie Figuur 4. Het 95%-overschrijdingsniveau geeft per tertsband het geluidniveau aan dat 95% van de meettijd is overschreden (285 minuten). Dit is een maat voor het heersende achtergrondgeluidniveau per microfoon. Te zien is dat de achtergrondgeluidniveaus per locatie redelijk vergelijkbaar zijn. Belangrijk voor de achtergrondniveaus waren het wegverkeer en de bouwactiviteiten bij het IBM-terrein.

Het 5% overschrijdingsniveau geeft per tertsband het geluidniveau aan dat 5% van de meettijd is overschreden (15 minuten). Dit wordt bepaald door de uitschieters gedurende de meetperiode, zoals windvlagen, pieken tijdens bouwactiviteiten, luide wegverkeerspassages en grondgeluid events. In de verdere analyse wordt het grondgeluid van het windgeluid gescheiden.

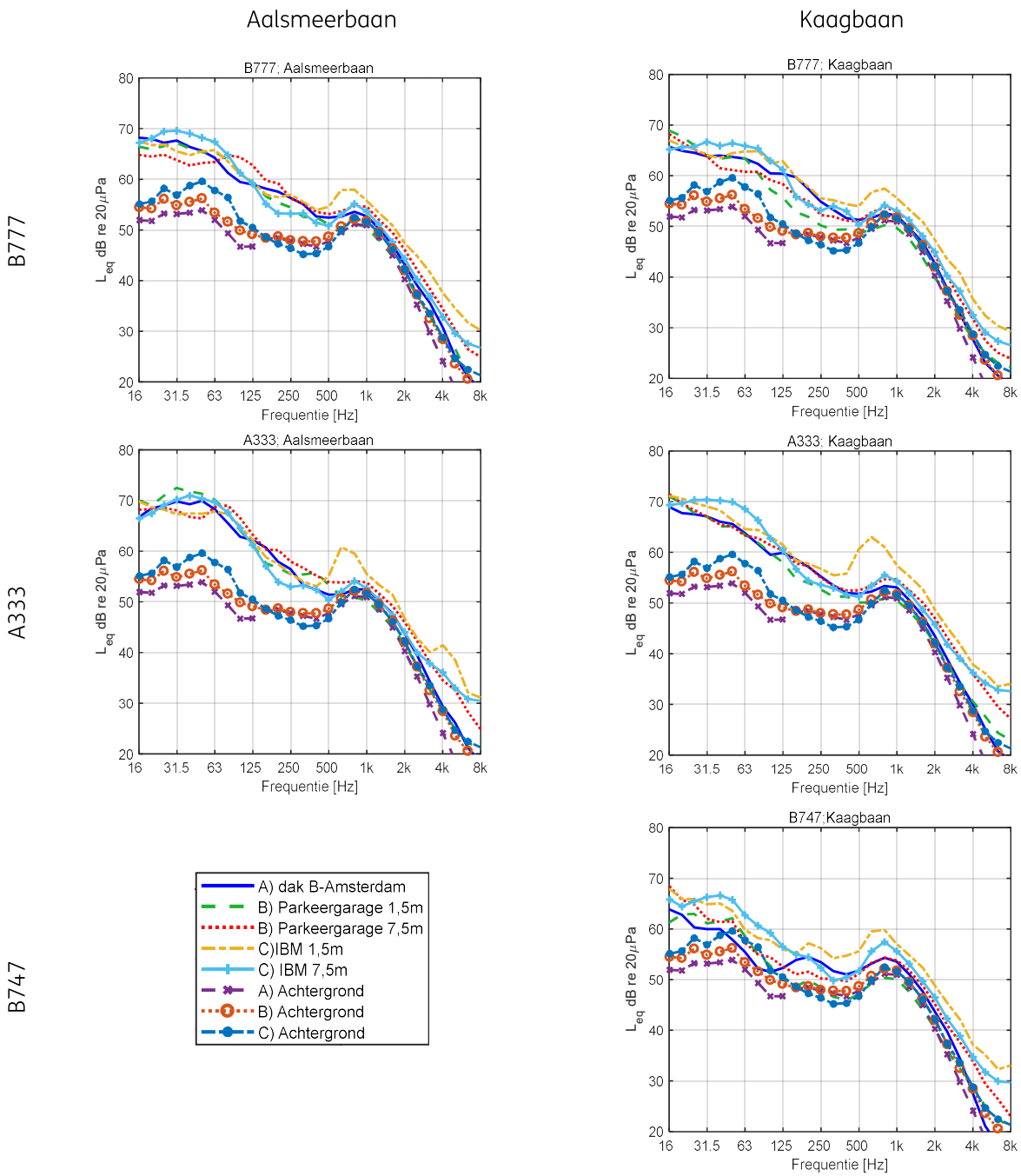


Figuur 4: 5%- en 95%-geluidsoverschrijdingsniveaus in tertsbanden gemeten op de meethoogtes voor de verschillende meetposities.

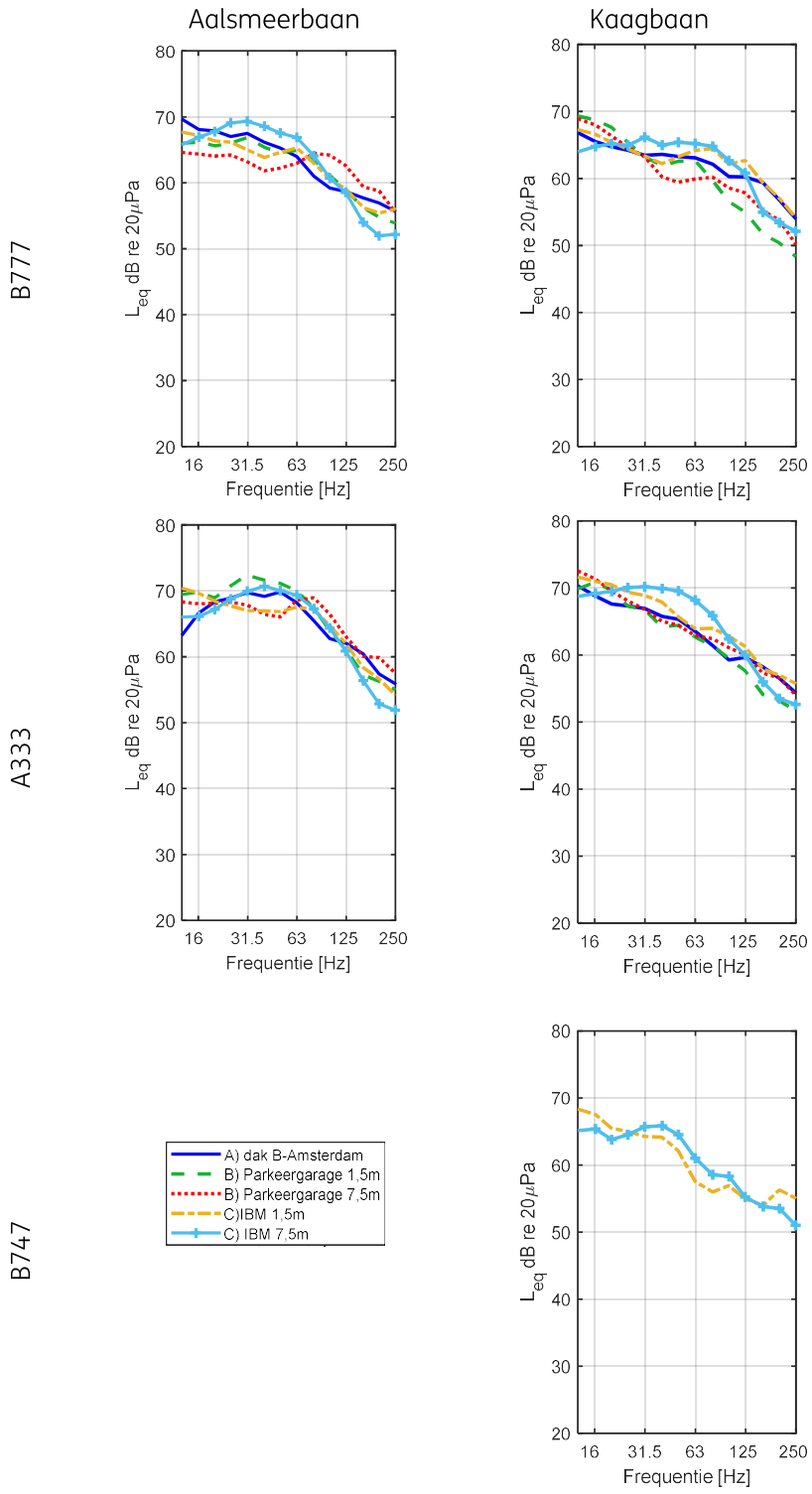
De gemiddelde equivalente geluiddrukniveaus, in tertsbanden over de volledige bandbreedte (zonder frequentieweging), zijn per vliegtuigtype en startbaan weergegeven in Figuur 5. Tevens is het achtergrondgeluid per meethoogte weergegeven. Te zien is dat vanaf 250 Hz het geluidniveau volledig wordt gedomineerd door het achtergrondgeluid, met een grote invloed van het wegverkeer.

In het frequentiegebied tussen 12,5 Hz en 250 Hz liggen de gemeten geluidniveaus tijdens het opstijgen van de geselecteerde vliegtuigen voldoende boven het achtergrondgeluid. Een uitzondering is het vertrek van een B747 vanaf de Kaagbaan. Hiervoor was alleen op het meetpunt C voor het IBM-terrein de signaal-ruisverhouding voldoende om een frequentiespectrum van het grondgeluid te kunnen bepalen.

Het voor het achtergrondgeluid gecorrigeerde grondgeluid tussen 12,5 en 250 Hz wordt getoond in Figuur 6. De tertsbanden met middenfrequenties van 31,5 Hz en 40 Hz hebben meestal het hoogste niveau 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 67 en 72 dB in de tertsband van 31,5 Hz. Het hoogste gemiddelde niveau (per combinatie van vliegtuigtype en startbaan) is gemeten op 1,5 meter hoogte op locatie B voor de parkeergarage voor vliegtuigen van het type A330-300 vanaf de Aalsmeerbaan, met het hoogste tertsbandniveau van 73 dB bij 31,5 Hz.



Figuur 5: Gemiddelde equivalente geluiddrukniveaus in tertsbanden per vliegtuigtype en startbaan, met het gemiddelde achtergrondgeluid.



Figuur 6: Gemiddelde grondgeluidniveaus (gecorrigeerd voor het achtergrondgeluid) in tertsbanden per vliegtuigtype en startbaan gemeten op verschillende microfoonposities. Alleen de voor grondgeluid relevante bandbreedte is getoond.

Bij de meetresultaten gelden de volgende kanttekeningen:

- Figuur 5 geeft de gemiddelde niveaus per vliegtuigtype. De niveaus van starts van vliegtuigen van hetzelfde type variëren. Het hoogste gemeten tertsbandniveau van de starts van afzonderlijke vliegtuigen bedraagt 76 dB (bij 40 Hz) op 7,5 m hoogte op locatie C, tijdens de start van een vliegtuig van het type A330-300 vanaf de Kaagbaan.
- Tijdens de meetdag is slechts één start van het vliegtuigtype B747 gemeten. Dit type wordt ook nog maar weinig ingezet en zal waarschijnlijk in 2026 zijn uitgefaseerd.
- De metingen zijn een 'momentopname' van één dag. Door weersomstandigheden kunnen de niveaus van dag tot dag variëren. De meetdag is geselecteerd op weersomstandigheden met wind uit het zuidwesten, waarbij relatief hoge niveaus van het grondgeluid optreden, maar het is mogelijk dat er dagen zijn met nog hogere niveaus, die vooral bij winterse omstandigheden (met een bevroren toplaag van de bodem) worden verwacht.

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. Hierin worden de meetresultaten van Nieuwe Meer Oost vergeleken met de in 2006 gemeten niveaus van grondgeluid in Vrijschot-Noord. Ten opzichte van het niveau dat voor Vrijschot-Noord destijds aanvaardbaar werd geacht, liggen de gemeten niveaus van het grondgeluid in Nieuwe Meer Oost in de octaafbanden van 31,5 Hz en 63 Hz nog ongeveer 10 dB en 5 dB lager.

Het gemeten niveau is vooral voor de starts van de Aalsmeerbaan ook lager dan de prognose die eerder op basis van berekeningen is gemaakt[3]. Een deel van het verschil kan verklaard worden doordat de berekeningen uitgaan van de meest ongunstige situatie in de winter, waarbij het geluid in de overdracht over een afstand van enkele kilometers minder wordt gedempt. De metingen zijn weliswaar ook in de winter uitgevoerd (op 13 februari), maar de omstandigheden tijdens de metingen (met temperatuur rond 10° C overdag) zijn niet 'winters' te noemen. Door een minder geluidabsorberende bodem bij winterse omstandigheden is er een met de afstand toenemend verschil tussen de sterkte van het grondgeluid in de winter en de zomer. 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 Nieuwe Meer Oost zijn minder obstakels aanwezig. Dit kan verklaren dat het grondgeluid vanaf de Kaagbaan ongeveer op hetzelfde niveau ligt als het grondgeluid vanaf de Aalsmeerbaan, terwijl op basis van afstand en startrichting een hoger niveau van de Aalsmeerbaan wordt verwacht.

[3] Zie TNO-notitie 2023 M11894 d.d. 9 oktober 2023.

6. Conclusie

Ter plaatse van de locatie Nieuwe Meer Oost is het gemeten grondgeluid ten gevolge van de Aalsmeerbaan en de Kaagbaan lager dan het niveau van grondgeluid dat voor Vrijschot-Noord ten gevolge van de Polderbaan ten doel is gesteld door de realisatie van maatregelen. Die doelstelling komt erop neer dat de tertsbandniveaus (zonder A-weging) lager zijn dan 80 dB. Hoewel niet kan worden uitgesloten dat er tijdens ongunstige situaties in de winter in Nieuwe Meer Oost meer grondgeluid optreedt dan gemeten, is het waarschijnlijk dat de tertsbandniveaus altijd lager zullen zijn dan 80 dB en daar meestal 5 tot 10 dB onder liggen.

Naast de hoogte van de geluidniveaus wordt de hinder ook bepaald door het aantal keren per jaar waarbij grondgeluid als storend wordt ervaren. Bij de vergelijking tussen Nieuwe Meer Oost en Vrijschot-Noord geldt dat aantal starts vanaf de Kaagbaan en Aalsmeerbaan samen ruim een factor 2 groter is dan het aantal starts vanaf de Polderbaan. De verwachting is dat voor de hinder het gemiddeld lagere niveau van het grondgeluid tijdens een start opweegt tegen het grotere aantal starts.

Omdat de Kaagbaan (net als de Polderbaan) ook ’s nachts in gebruik is, kan grondgeluid in principe voor slaapverstoring zorgen. (De Aalsmeerbaan wordt ’s nachts behoudens uitzonderingen niet gebruikt.) In de vergelijking met Vrijschot-Noord is het aantal starts vanaf de Kaagbaan groter dan vanaf de Polderbaan, maar de kans dat een startend vliegtuig leidt tot slaapverstoring is in de vergelijking met Vrijschot-Noord kleiner, vanwege de lagere niveaus van het grondgeluid. Omdat voor slaapverstoring alleen het geluid binnenshuis van belang is, kan het risico hierop worden verminderd door aandacht voor (laagfrequente) geluidisolatie van de toekomstige woningen.

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.

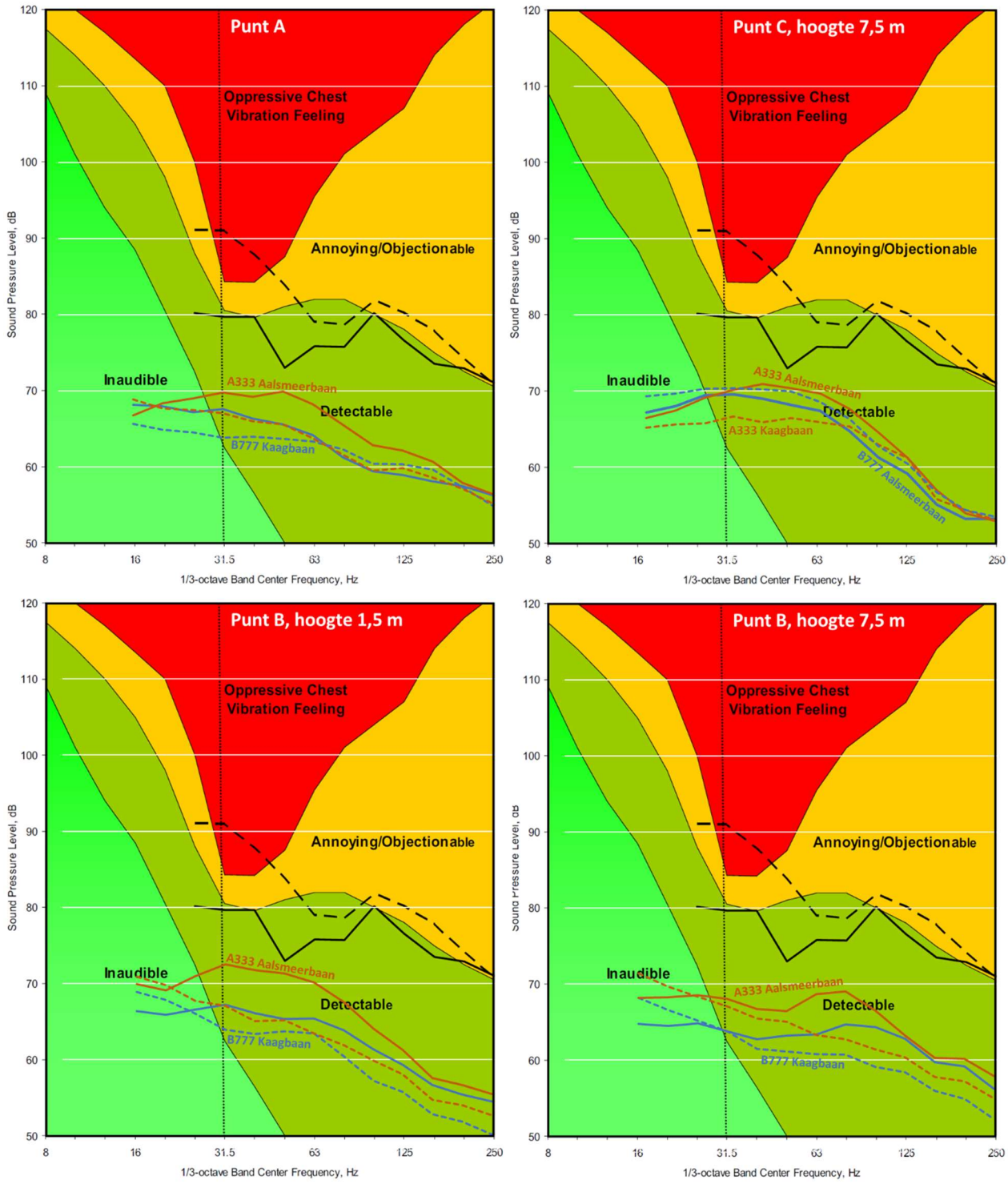
Grondgeluid kwam vooral onder de aandacht na het in gebruik nemen van de Polderbaan. Bewoners van de wijk Vrijschot-Noord in het noorden van Hoofddorp schuin achter de Polderbaan waren niet voorbereid op hinder door vliegtuiggeluid, omdat landend en startend verkeer van de Polderbaan niet over of langs 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 frequentie-gebied, tussen 20 en 80 Hz (octaafbanden van 31,5 en 63 Hz), voor hinder zorgt. In een rapport[4] van Wyle Laboratories, NLR en TNO wordt het gemeten niveau van het grondgeluid in Vrijschot-Noord in verschillende weerssituaties vergeleken. Ten opzichte van een ongunstige weerssituatie (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 onder-staande 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 verminderen[5], 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.

---

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

[5] 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 met de oranje en blauwe lijnen de meetresultaten opgenomen van grondgeluid in Nieuwe Meer Oost (Oranje = Aalsmeerbaan, blauw = Kaagbaan, doorgetrokken = A330-300, onderbroken = B777). Ter vergelijking zijn met zwarte lijnen de meetresultaten aangegeven van grondgeluid in Vrijschot-Noord van grondgeluid van de Polderbaan (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 geluidoverdracht speelt de weerssituatie in combinatie met de bodem een belangrijke rol. Onderstaande afbeelding laat schematisch zien dat onder invloed van wind de geluidoverdrachtspaden 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 geluidniveaus dan in de situatie zonder wind. Ten opzichte van een situatie met 'tegenwind' (in tegengestelde richting met de geluidoverdracht) zijn de verschillen nog groter. Omdat vliegtuigen meestal tegen de wind in starten, treden de meewindcondities op voor de geluidoverdracht 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 geluidoverdracht. 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 bevriezing). 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.