

Luchtvaartgeluid rond **Overschiestraat 182 188** //

QuickScan Voorlopig Ontwerp op basis van geluidsadaptief bouwen

Over Soundscape Consulting

Hoe kunnen bebouwing en stedelijk ontwerp de blootstelling van bewoners aan vliegtuiggeluid verminderen, en hinder van geluid beperken of voorkomen?

Sinds januari 2019 biedt Soundscape consulting op basis van onderzoek advies op dit terrein. Het bureau bouwt voort op de wetenschappelijke kennis en de laatste inzichten op dit gebied.

Met dit advies draagt Soundscape bij aan het noodzakelijke onderzoek gericht op het stiller, prettiger en leefbaarder maken van gebieden rondom luchthavens.

Auteur: dr. ir. Martijn Lugten
Datum: november 2022

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	6
1.1.	Vraagstelling en doelen	6
1.2.	Aanpak en methode	6
1.3.	Leeswijzer	7
1.4.	Geluid, hinder en ruimtelijke ontwikkeling	8
2.	LUCHTVAARTGELUID ROND OVERSCHIESTRAAT 182/188	9
2.1.	Vliegroutes	9
2.2.	Gemiddelde geluidsniveaus per vliegroute	11
2.3.	Conclusies	12
3.	ANALYSE VAN VO VOOR LUCHTVAARTGELUID	13
3.1.	Positionering van de bebouwing	13
3.2.	Vormgeving van de bebouwing	13
3.3.	Orientatie van woningen ten opzichte van geluidluwe gevels	14
3.4.	Invloed gevelontwerp op luchtvaartgeluid	14
3.5.	Groenontwerp	15
4.	LITERATUUR & VERWIJZINGEN	16

1. INLEIDING

In het Schinkelkwartier, aan de Overschiestraat 182 188, ontwikkelt Boelens de Gruyter een wooncomplex. Het gebouw ligt volledig binnen de LIB-5 contour van Schiphol, waar binnen de geluidsniveaus aanleiding geven voor planologische beperkingen. Vanuit het Omgevingseffectenrapport (OER) volgt dat 'bij ontwikkeling van nieuwe geluidgevoelige functies rekenschap moet worden gegeven van de geluidbelasting vanwege luchtvaart, waarbij gemotiveerd wordt op welke wijze invulling is gegeven aan geluidadaptieve maatregelen om de blootstelling aan luchtvaartgeluid te beperken en in hoeverre sprake is van een aanvaardbaar geluidniveau vanwege luchtvaart'. Een analyse van mogelijke geluidadaptieve maatregelen gericht op luchtvaart ontbreekt in de eerdere akoestische rapporten van Antea en DGMR.

1.1. Vraagstelling en doelen

Soundscape consulting is gevraagd om, aanvullend op de eerdere geluidsanalyses, een (kwalitatief) advies uit te brengen over de toepassing van geluidadaptieve maatregelen binnen het bouwplan. Daarbij geldt het huidige voorlopige ontwerp als uitgangspunt. Het doel van deze analyses is om:

- Te voldoen aan de spelregels en richtlijnen die volgen uit het OER, en geluidadaptieve maatregelen gericht op luchtvaartgeluid te borgen in het ontwerp.
- Te zorgen voor analyses die de opdrachtgever en ontwerpers helpen om tot een goed bouwkundig plan te komen, binnen de locatie-specifieke uitdagingen.

1.2. Aanpak en methode

Het advies voor de inpassing van geluidadaptieve maatregelen binnen het ontwerp voor de Overschiestraat 182 188 wordt opgebouwd uit de volgende kwalitatieve analyses:

- Beschrijving en analyse van vliegroutes rond de locatie
- Analyse van de te verwachte geluidsniveaus op de locatie door luchtvaart (L_{den} en maximale geluidsniveaus L_{Amax})
- Analyse van de invloed van het voorlopig ontwerp (VO vanaf nu) op luchtvaartgeluid waarbij de volgende aspecten worden bekeken:
 - *Invloed van het bouwblok ontwerp op het luchtvaartgeluid in en rond de bebouwing, d.w.z. op gevels en in 'geluidsluwe' binnenhoven. Daarbij wordt gekeken naar:*
 - *Positionering van de bebouwing*
 - *Vormgeving van de bebouwing*
 - *Invloed van de positionering en oriëntatie van woningen op luchtvaartgeluid in en rond de woningen. Daarbij wordt gekeken naar:*
 - *Oriëntatie van woningen en toegang tot geluidluwe gevels*
 - *Indeling van plattegronden, met name m.b.t. slaapvertrekken*
 - *Invloed van het gevelontwerp op luchtvaartgeluid. Daarbij wordt gekeken naar:*
 - *Toepassing van akoestisch dempende materialen*
 - *Toepassing van verspringende gevels voor de verspreiding van invallend geluid*
 - *Invloed van het groenontwerp tussen de bebouwing in op mogelijke demping van geluid, en/of de invloed van het groenontwerp op mogelijk hinderontwikkeling (perceptie-maatregelen).*

Aan de hand van de analyses zullen aanbevelingen worden gedaan voor de inpassing of borging van geluidsadaptieve maatregelen binnen het ontwerp. Daarbij zal ook een advies worden uitgebracht over eventuele aanvullende analyses in een later stadium van het ontwerpproces.

De analyses en adviezen worden in een memovorm worden verwerkt. De memo is het op te leveren product richting de opdrachtgever. Een specificatie van de benodigde tijd voor de uitvoer van de werkzaamheden is opgenomen in de bijlage.

1.3. Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een meer gedetailleerde beschrijving van het luchtvaartgeluid op de locatie. Hoofdstuk 3 beschrijft de uitkomsten uit de kwalitatieve beoordeling van het VO rond geluidsadaptieve maatregelen tegen luchtvaartgeluid.

1.4. Geluid, hinder en ruimtelijke ontwikkeling

De hinderlijkheid van vliegtuiggeluid hangt af van verschillende akoestische en niet-akoestische factoren (Kroesen, 2011; Welkers et al., 2019; White, 2018). Geluidssignalen worden via het oor waargenomen, om via de hersens te worden verwerkt. Afhankelijk van de waarneming wordt het lichaam vervolgens in paraatheid gebracht. Hierbij speelt de herkenbaarheid van de bron een rol, maar ook zaken als het geluidsvolume en de duur van de blootstelling aan het geluid (White, 2018). Herkenning is belangrijk om mogelijk gevaar op waarde te kunnen schatten. De luidheid van het geluid zorgt ervoor dat de aandacht wordt verlegd van een activiteit naar het geluid zelf. Dit is het meest van toepassing als mensen het gevoel bekruipt dat het geluid zich ongewenst aan hen opdringt (Andringa & Lanser, 2013; White, 2018). De mate waarin men het geluid kan negeren of beïnvloeden speelt mee bij de hinderlijkheid van het geluid. Recent wetenschappelijk onderzoek zien dat de maximale geluidsniveaus een betere indicator zijn voor hinder van vliegtuiggeluid dan de gemiddelde geluidsbelasting (Bartels et al., 2015, 2018). Daarbij wordt aangegeven dat met name vluchten met een maximum geluidsniveau >65dB(A) een voorspeller zijn voor de waargenomen hinder. Dit wil niet automatisch zeggen dat mensen bij maximale geluidsniveaus >65dB(A) hinder zullen ervaren. Ook kunnen minder luide vliegtuigpassages nog steeds voor hinder zorgen.

Ondanks de beperkingen kunnen de bevindingen wel worden gebruikt als referentie- of streefwaarde tijdens een vliegtuigpassage. In andere woorden, een waarde waar het geluidsniveau voor de meerderheid van de vluchten onder zou moeten liggen. Daarom wordt in dit rapport een referetiewaarde van 65dB(A) genomen als uitgangspunt voor het beoordelen van de stedenbouwkundige plannen. Geluidsniveaus lokaal kunnen verschillen door afscherming van gebouwen. Daarom is het belangrijk om de mogelijke wisselwerking tussen bebouwing en geluid te analyseren. De hinderlijkheid van het geluid kan ook toenemen als geluid lang aanhoudt, bijvoorbeeld door een hoge frequenties aan vliegtuigpassages, of wanneer er amper mogelijkheden zijn om bij te komen van het geluid. Om deze reden is het belangrijk om naast de maximale geluidsniveaus, ook te kijken naar de duur van de blootstelling, en de snelheid waarmee het geluid wegebt. In de praktijk geeft een combinatie van informatie over de gemiddelde en maximale geluidsbelasting in een gebied een meer compleet beeld van de situatie.

De maximale geluidsniveaus zijn in feite een indicator van de hinder die op de korte termijn optreedt. De gemiddelde geluidsniveaus zijn daarentegen een indicator voor de hinderlijkheid van de optelsom van momenten waarop het geluid tot hinder leidt. Dit betekent dat er twee knoppen zijn waar aan gedraaid kan worden, namelijk;

Of je beperkt het aantal momenten waarop het geluid tot hinder leidt, bijvoorbeeld door minder te vliegen. Of je beperkt de hinderlijkheid van het geluid zelf, op het moment dat een geluidsbron voorbij komt.

Gemeenten en gebiedsontwikkelaars hebben doorgaans geen invloed op het aantal vluchten, maar wel op de afscherming en beleving van geluid door middel van ruimtelijke plannen.

2. LUCHTVAARTGELUID ROND OVERSCHIESTRAAT 182/188

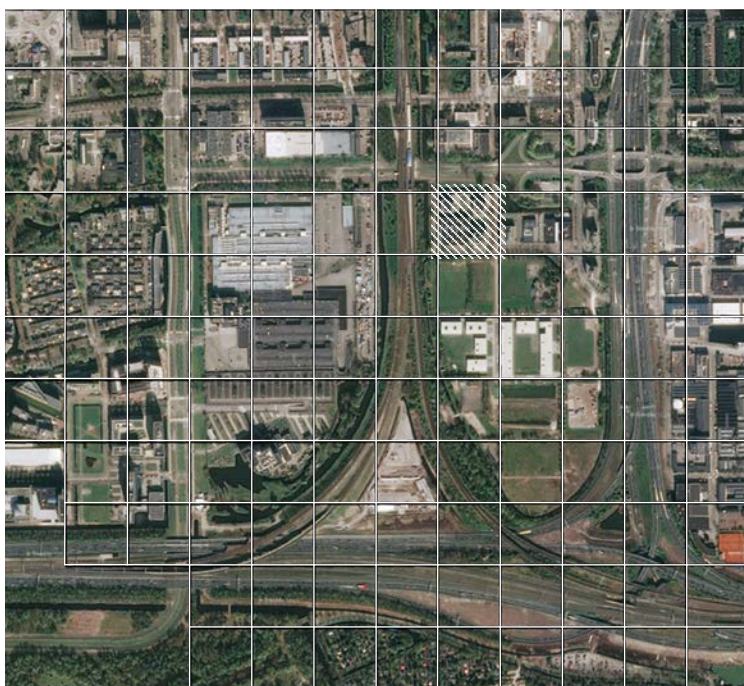
2.1. Vliegroutes

Het plangebied heeft te maken met drie vliegroutes in het luchtruim boven of naast het gebied. Het gaat daarbij om een aanvliegeroute naar de Oostbaan en twee uitvliegeroutes, respectievelijk vanaf de Zwanenburg- en Polderbaan. Aan de hand van vlieggegevens uit 2021 en 2022 is gekeken naar de positie van de vliegtuigen voor deze drie routes. Uit de gegevens zijn drie gemiddelde uit- of aanvliegeroutes gedefinieerd (zie Figuur 1 op pagina 9). Voor deze routes is vervolgens de verwachte geluidsbelasting tijdens een gemiddelde vliegtuigpassage berekend, voor een situatie zonder bebouwing.

De berekeningen geven daarbij een beeld van de geluidsbelasting voor de verschillende routes. Met deze gegevens wordt bepaald of er sprake is van geluidsniveaus die zijn gerelateerd aan een verhoogde kans op hinder. Hiervoor wordt een maximaal geluidsniveau van 65dB(A) tijdens een vliegtuigpassage als referentiewaarde genomen (zie ook 1.4 op pagina 8). Daarnaast is er gekeken of nachtelijke vliegbewegingen plaatsvinden rond het gebied op basis van radargegevens.

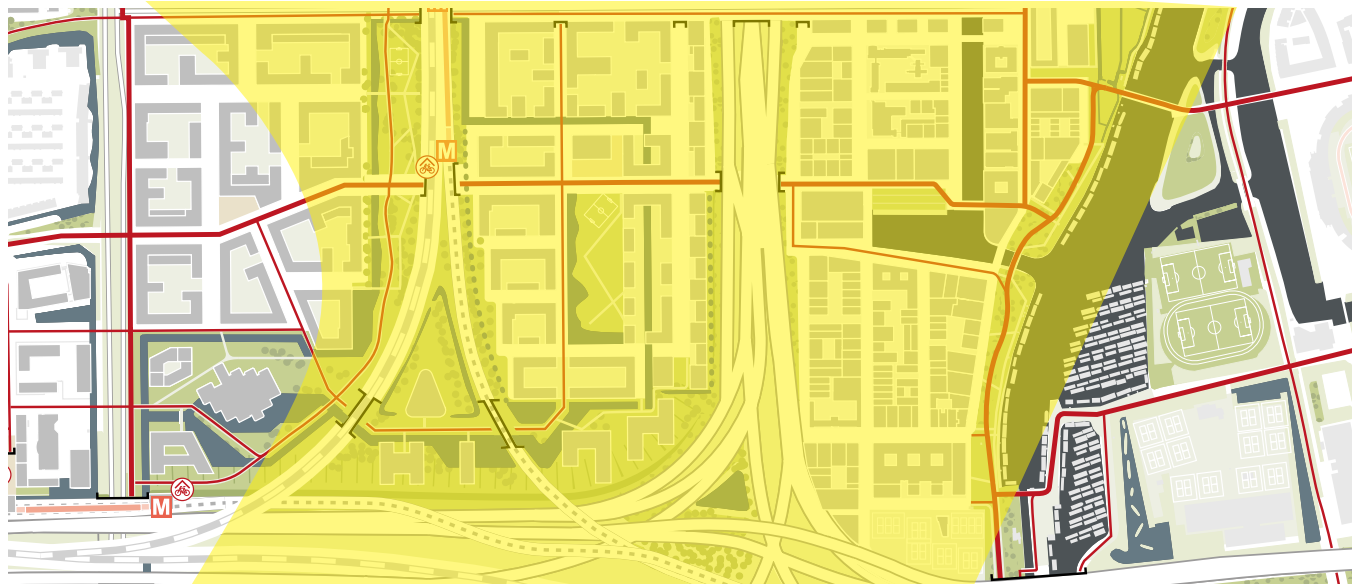
Route	Aantallen (in totalen)	Nachtvluchten over het gebied (ja/nee)
Opstijgend vliegverkeer vanaf de Zwanenburgbaan (via de WDY route)	6100	Nee
Opstijgend vliegverkeer vanaf de Polderbaan (via de KDD/LOP routes)	6800	Ja ¹
Landend vliegverkeer richting de Oostbaan (via de SUGOL, RIVER, ARTIP routes)	8900	Nee

Tabel 1 Aantal vliegbewegingen en nachtvluchten per vliegroute in 2021-2022.

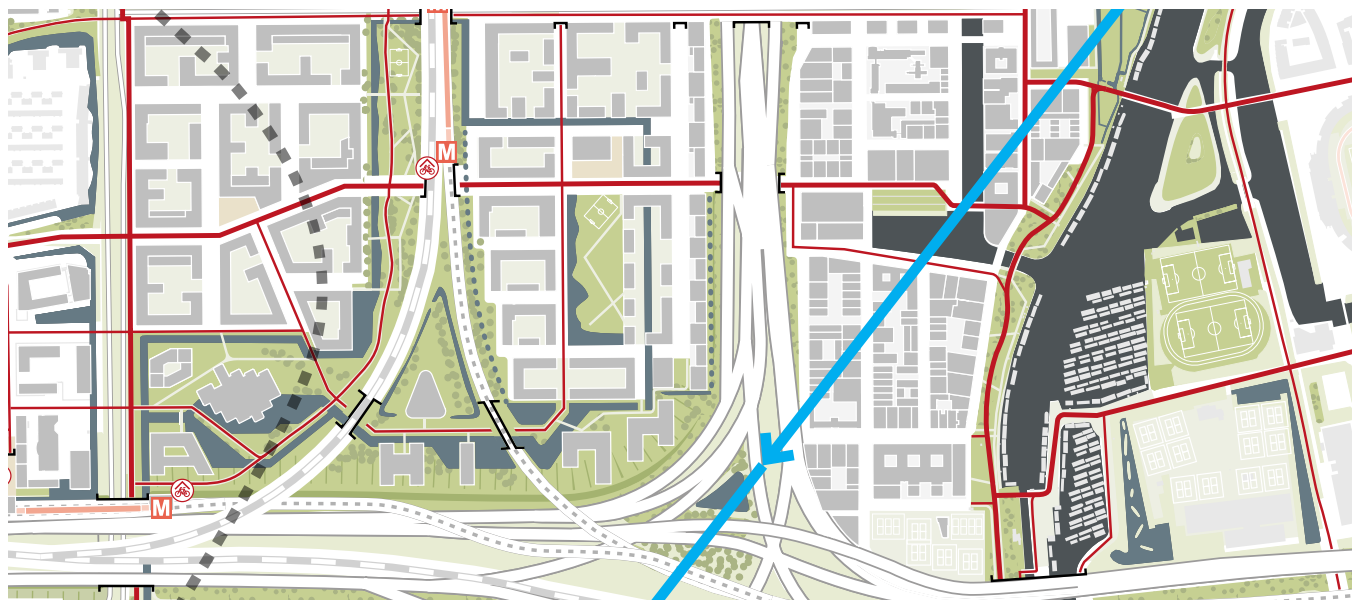


Figuur 1 Plangebied Nieuwe Meer Oost (wit gearceerd) met grid voor de rekenpunten.

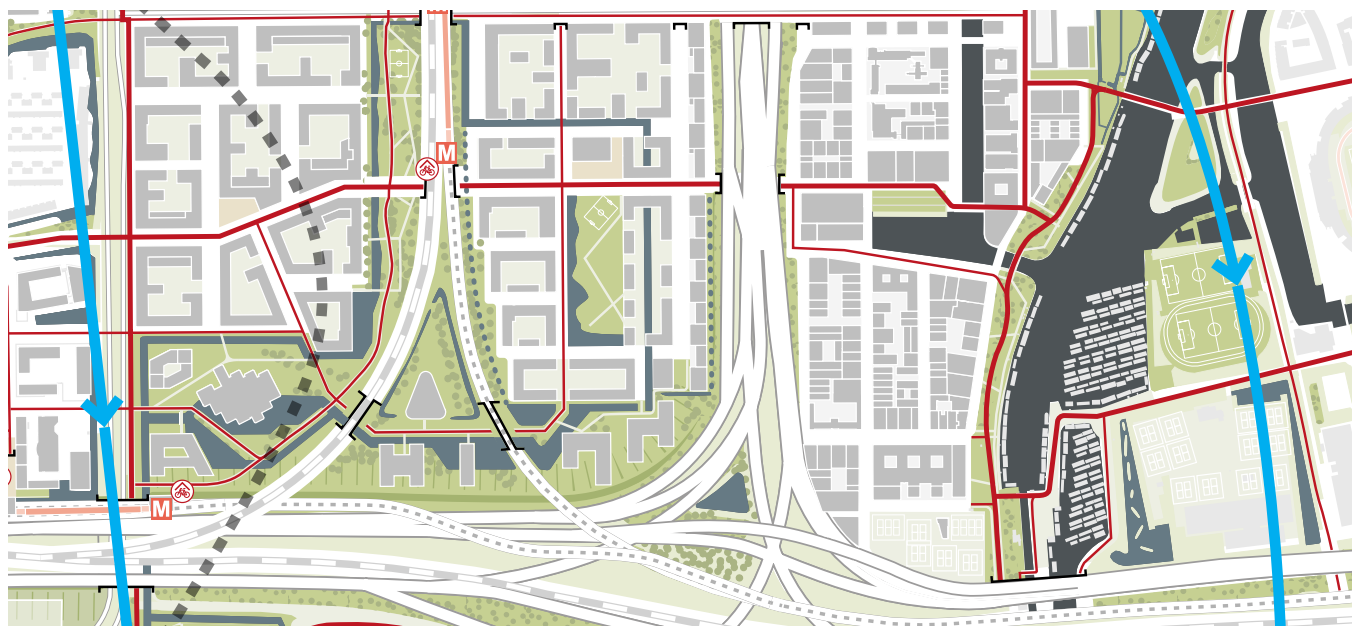
¹ Via de KDD/LOP route werden in 2021-2022 iets minder dan 500 nachtvluchten uitgevoerd. Na verdere analyse van deze vluchten bleek dat ongeveer 280 vluchten boven of direct rond het plangebied vlogen. De analyses laten zien dat de gemiddelde vlieghoogte boven of rond het plangebied van deze nachtvluchten hoog is, namelijk >4000m, en op drie vluchten na allen >3000m. De geluidsbelasting van deze nachtvluchten op het slaap- en wooncomfort in NMO zal daarmee laag zijn.



Zwart gearceerde lijn: grens LIB5-contour, blauwe lijn: grondpad dalend vliegverkeer naar Oostbaan



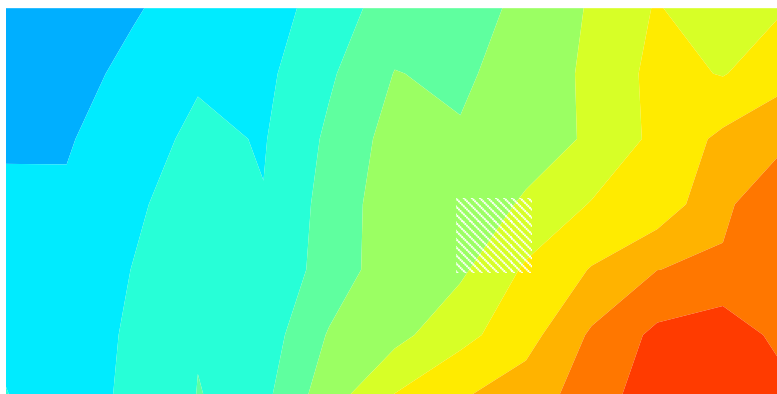
Blauwe lijn link: gemiddeld grondpad opstijgend vliegverkeer vanaf Polderbaan, blauwe lijn rechts: vanaf Zwanenburgbaan



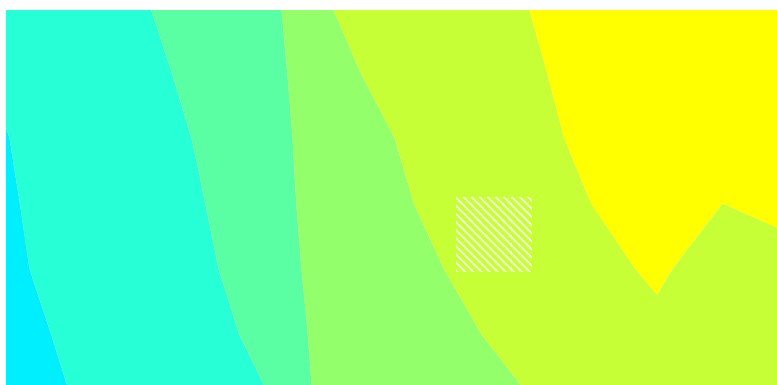
Figuur 2 LIB-contour en gemiddelde vliegpaden voor de drie routes rond Nieuwe Meer Oost.

2.2. Gemiddelde geluidsniveaus per vliegroute

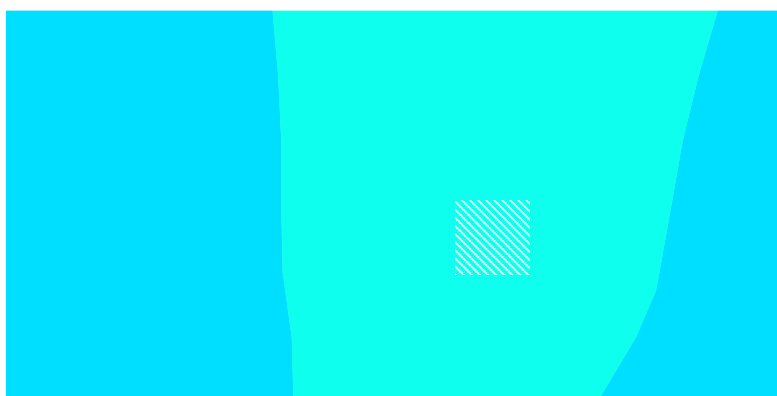
Voor het maken van de berekeningen is een grid aan meetpunten over het plangebied geplaatst. Het plangebied en het rekengrid zijn weergegeven in Figuur 1 op pagina 9. In Figuur 3 worden de maximale geluidsniveaus tijdens een gemiddelde vliegtuigpassage in het gebied weergegeven, voor een situatie zonder bebouwing. Figuur 4 in worden in rood de gebieden aangegeven waar de geluidsniveaus bij een gemiddelde situatie boven de referentiewaarde uitkomen.



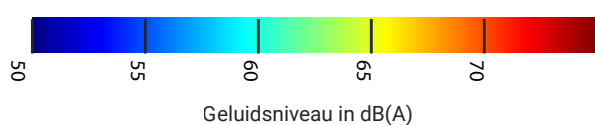
Richting Oostbaan (SUGOL, ARTIP, RIVER)



Vanaf Zwanenburgbaan (WDY)



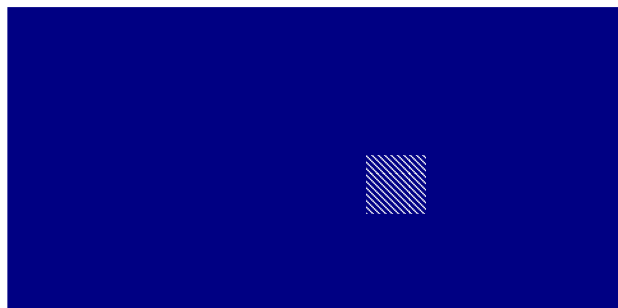
Vanaf Polderbaan (KDD, LOP)



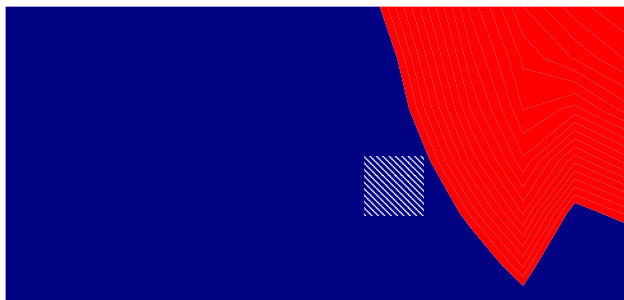
Figuur 3 Maximale geluidsniveaus tijdens een gemiddelde vliegtuigpassage voor de drie vliegroutes boven/rond het plangebied.



Richting Oostbaan (SUGOL, ARTIP, RIVER)



Vanaf Polderbaan (KDD, LOP)



Vanaf Zwanenburgbaan (WDY)

Figuur 4 In rood: gebied waar de maximale geluidsniveaus bij een gemiddelde vliegtuigpassage.

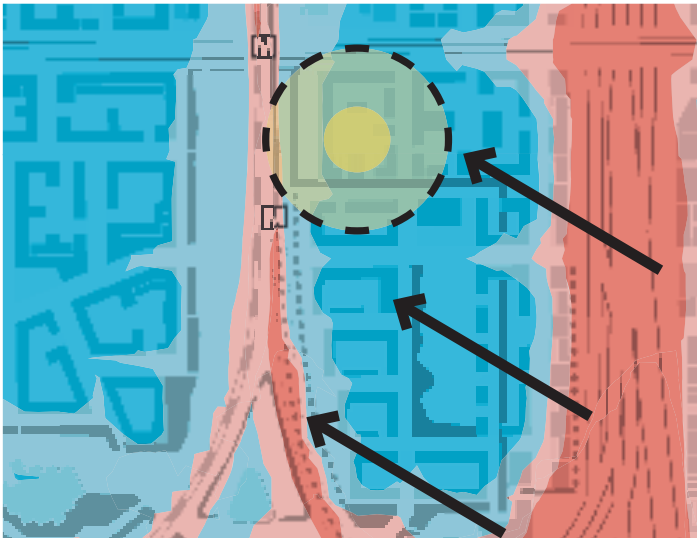
2.3. Conclusies

De berekeningen laten zien dat alleen voor de meest zuidoostelijk georiënteerde 'rand' van het plangebied, en alleen bij landend vliegverkeer (Oostbaan), de geluidsniveaus gemiddeld genomen boven de referentiewaarde uitkomen. Daarbij kan de bebouwing een afschermend effect hebben. Daarom is er bij de kwalitatieve beoordeling van bouwblokken alleen gekeken naar de invloed van het ontwerp op geluid van landend vliegverkeer richting de Oostbaan.

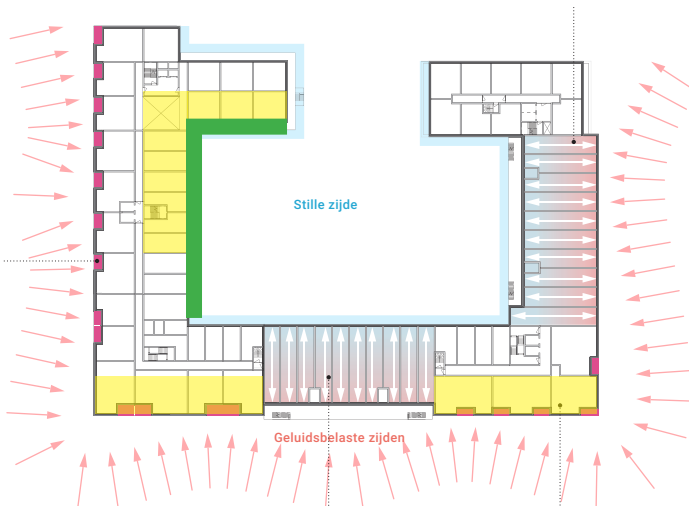
Maatregelen gericht op het verminderen van geluid van het landend vliegverkeer zullen (waarschijnlijk) ook effect hebben op het verminderen van geluid van opstijgend vliegverkeer vanaf de Zwanenburgbaan. De reden hiervoor is de positie van de vliegroute, die in beide gevallen ten oosten van het gebied ligt.

Het plangebied ligt op ruime afstand van de vliegroutes voor vluchten vanaf de Polderbaan. De kans op geluidhinder door nachtvluchten zal daarmee beperkt zijn.

3. ANALYSE GELUIDSADAPTIEF BOUWEN LUCHTVAARTGELUID IN VO



Figuur 5 Geluid van spoor en snelweg, zwarte pijlen geven de dominante richting van het luchtvaartgeluid weer.



Figuur 6 Enscenering van het bouwblok om omgevingsgeluid tegen te houden.



Figuur 7 Visualisatie van het bouwblok, waarin duidelijk zichtbaar is dat de bebouwing als een 'muur' om het hof is gegroepeerd.

3.1. Positionering van de bebouwing

Het VO gaat uit van een halfopen bouwblok dat omgevingsgeluid van het spoor en de snelweg zo goed als mogelijk tegen houdt. De dominante richting van het luchtvaartgeluid komt vanuit het oosten / zuidoosten ten opzichte van de kavel. Het bouwblok is deels loodrecht gepositioneerd op de richting van het luchtvaartgeluid. Daarnaast zijn er geen openingen in het bouwblok aan de zijde waar het luchtvaartgeluid vandaan komt. Dit betekent dat de bebouwing voor geluidsafscherming van luchtvaartgeluid zorgt voor de westelijk en noordwestelijk georiënteerde gevels. In principe is de positionering van het bouwblok dus gunstig voor afscherming tegen luchtvaartgeluid.

3.2. Vormgeving van de bebouwing

De vormgeving van de bebouwing, met zowel inkepingen op maaiveldniveau als het gebruik van verspringende bouwvolumes, is gunstig voor het tegengaan van reflecties tussen gevels. Daarbij beperkt het ook de kans op het ontstaan van staande golven tussen gevels. Binnen het bouwplan, en dan met name naar de bebouwing aan de oostelijke zijde rond de binnentuin, is er weinig variatie in de bouwhoogte en zijn er slechts enkele verspringen of setbacks in het plan aanwezig (en maximaal een bouwlaag hoger/lager). Dit zorgt ervoor dat er grosso modo sprake is van een redelijk aaneengesloten 'monolithisch' bouwvolume waardoor 1) het binnenhof een goede mate van afscherming kent t.o.v. het invallend geluid, 2) de meeste woningen met een oriëntatie op het westen of zuidwesten een mate van afscherming zullen hebben van het geluid. Dit geldt minder voor de bovenste bouwlagen i.v.m. de setbacks die hier en daar zijn toegepast, maar ook door diffractie van geluid over de randen van de bebouwing, wat dus niet anders of beter kan worden opgelost dan de manier waarop het bouwplan dit doet.

De opening op maaiveldniveau aan de zuidzijde van het bouwblok is minder gunstig voor de afscherming van het luchtvaartge-



luid. Via de opening zal luchtvaartgeluid het binnenhof bereiken. Dit zal ertoe leiden dat de geluidsniveaus als gevolg van langs vliegende vliegtuigen hoger zijn dan wanneer deze opening dicht wordt gezet. Op basis van 'expert judgement' is de verwachting dat aan de binnenzijde van het hof de opening er niet toe zal leiden dat gemiddelde maximale geluidsniveaus hoger zijn dan de referentiewaarde van 65dB(A) tijdens vliegtuigpassages.

3.3. Orientatie van woningen ten opzichte van geluidluwe gevels

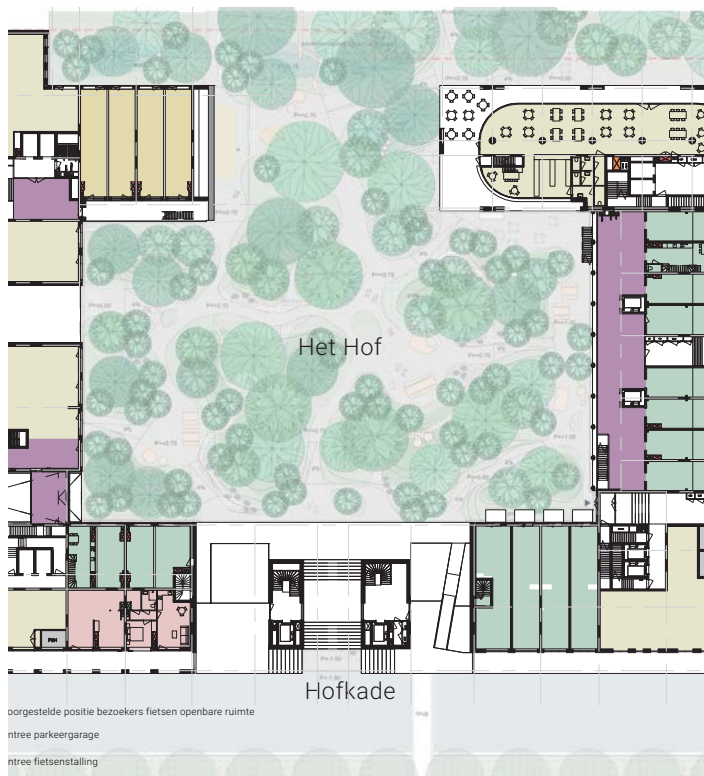
De woningen met de hoogste blootstelling aan luchtvaartgeluid, d.w.z., de woningen aan de rechterzijde van het bouwblok, zijn dubbel ontsloten. Dit geeft bewoners de mogelijkheid om zelf te kiezen aan welke gebouwszijde men slaapt of recreëert. Woningen aan de zuidzijde, of aan de linkerzijde van het hof, hebben geen dubbele ontsluiting. Als er woning-gebonden buitenruimten zijn, wordt er voor deze woningen geadviseerd om buitenruimten afsluitbaar te maken middels loggia's. De woningen waarvoor dit advies geldt zijn met geel aangeduid in Figuur 6 op pagina 13. Het VO voorziet in deze mogelijkheid. Omdat er in principe geen sprake is van luchtvaartgeluid tijdens de nacht zijn er geen aanvullende adviezen met betrekking tot slaapvertrekken.

3.4. Invloed gevelontwerp op luchtvaartgeluid

Het gevelontwerp kenmerkt zich door verspringende gevels, galerijen, en begroeiing. Het voorstel in het VO, en de tekeningen die in het VO zijn gepresenteerd, zullen bijdragen aan een beperking van reflecties van luchtvaartgeluid. Het invallend geluid wordt verstrooid, wat op maaiveldniveau tot lagere geluidsniveaus kan leiden. Begroeiing kan een deel van het invallend geluid absorberen, mits de begroeiing in substraten of een poreuze ondergrond groeit. De brede galerijen verleggen de gevels van de rooilijn, wat de geluidsniveaus op de gevels lager kan doen laten uitvallen. Aanvullend op het VO wordt geadviseerd om geluidabsorberend materiaal aan te brengen op de plafonds in de galerijen. Deze maatregel kan helpen om



Figuur 8 Ontwerp van gevels in het VO



Overschiestraat



Figuur 9 Groenontwerp in het VO

het geluid van reflecties tussen de balkons en gevels verder te verlagen.

Een punt van aandacht is het ontwerp van de oostelijk en zuidoostelijk georiënteerde gevel aan de binnenzijde van het bouwblok, aangeduid als groene lijn in Figuur 7 op pagina 13. Het VO geeft de indruk dat dit een rechte gevel met veel glas wordt. Luchtvaartgeluid wordt via deze gevels naar de binnenzijde van het bouwblok gereflecteerd. Er wordt geadviseerd om deze gevel ofwel te bekleden met poreuze gevelbekleding (bijvoorbeeld groengevels), ofwel met verspringende gevelelementen. Daarbij zou een galerij-structuur zoals in het VO is voorgesteld voor andere gevels een goed alternatief zijn.

3.5. Groenontwerp

Het groenontwerp voor het bouwblok gaat uit van een omsloten binnentuin met bomen en gras, zie Figuur 9 op pagina 15. Het groenontwerp zorgt ervoor dat veel woningen direct uitzicht hebben op bomen en groen. Dit kan helpen om de perceptie van luchtvaart- en omgevingsgeluid positief te beïnvloeden. Het gebruik van bomen en grassen scoort ook beter voor de absorptie van geluid ten opzichte van verharde oppervlakken. Het groenontwerp sluit daarmee aan op algemene adviezen voor het gebruik van groen in geluidbelaste omgevingen, zie ook de leidraad 'geluidbewust bouwen in de Schipholregio'.

Voor de verdere detaillering van het groenontwerp worden de volgende adviezen gegeven:

- Orienteer zitjes waar mensen 'stil' een boek kunnen lezen (of soortgelijke activiteiten kunnen ontplooiën) aan de zuidoost gevels. Hier is het luchtvaartg- en omgevingsgeluid het laagst.
- Gebruik 'open' bestrating, hoge grassen en plantensoorten, en eventueel grint-achtige ondergrond. Dit helpt het invallend geluid beter te absorberen.
- Zorg voor een goede afwatering van de toplaag van de ondergrond. Hierdoor blijft het substraat poreus waardoor de geluidabsorptie van de ondergrond verbetert.



Figuur 10 Voorbeelden van alternatieven in het VO voor een rechte gevel zonder textuur of absorberende materialen.

3.6. Conclusies en aanbevelingen

Voor deze kavel zal de positionering en vormgeving van de bebouwing in het VO voor voldoende afscherming van luchtvaartgeluid zorgen. Daarbij staat de bebouwing staat grotendeels haaks op de richting van het luchtvaartgeluid. Daarnaast zijn er op de richting waar het geluid vandaan komt geen grote openingen op sparingen in de bebouwing aanwezig. Het grootste deel van het 'binnenhof' wordt daarmee afgeschermd door de omliggende bebouwing. De verwachting is dat geluidsniveaus op maaiveldniveau lager zullen zijn dan de referentiewaarde voor hinder van luchtvaartgeluid waarmee is gewerkt in deze memo. Woningen grenzend aan de oostzijde van het ensemble, d.w.z. daar waar de blootstelling aan luchtvaartgeluid het hoogst is, zijn grotendeels dubbel ontsloten. Dit biedt toekomstige bewoners de mogelijkheid om zelf te kiezen aan welke gevel men het liefst zit. Daarnaast omsluit de bebouwing het binnenhof volledig, wat er tevens aan bijdraagt dat het geluid van wegen en het spoor zo goed als mogelijk wordt beperkt. De keuze van de groeninpassing zal naar verwachting zowel een dempend effect hebben op geluidsreflecties van luchtvaartgeluid, en de perceptie van het geluid positief beïnvloeden (door het zicht op bomen en groen vanuit woningen). Door de verspringen in de gevels, en het gebruik van begroeiing aan de gevels, zal het effect van galm en geluidsreflecties (waarschijnlijk) beperkt zijn.

Net als de oostelijke gevel van het ensemble, zal de gevel grenzend aan het binnenhof met een oriëntatie op het noordoosten tijdens vliegtuigpassages het meest worden blootgesteld aan luchtvaartgeluid. In het VO is deze gevel voorzien van een rechte gevel met veel glasoppervlak en weinig tot geen textuur. De reflecties van het invallend luchtvaartgeluid op deze gevel(s) zullen via de gevel naar de omsloten binnentuin worden weerkaatst. Het effect van de reflecties kan worden verminderd door de textuur of materialisatie van de gevel te wijzigen. In het VO worden voorbeelden gegeven van gevels die beter in staat zijn om dit effect te bereiken, zie Figuur 10 op pagina 16. Er wordt geadviseerd om de gevel aan te passen op basis van de gegeven voorbeelden.

4. LITERATUUR & VERWIJZINGEN

1. Andringa, T. C., & Lanser, J. J. L. (2013). How pleasant sounds promote and annoying sounds impede health: A cognitive approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(4), 1439–1461. <https://doi.org/10.3390/ijerph10041439>
2. Arntzen, M. (2014), "Aircraft noise calculation and synthesis in a non-standard atmosphere," PhD dissertation TU Delft,
3. Bartels, S., Márki, F., & Müller, U. (2015). The influence of acoustical and non-acoustical factors on short-term annoyance due to aircraft noise in the field - The COSMA study. *Science of the Total Environment*, 538, 834–843. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.064>
4. Bartels, S., Rooney, D., & Müller, U. (2018). Assessing aircraft noise-induced annoyance around a major German airport and its predictors via telephone survey – The COSMA study. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.01.015>
5. Kroesen, M. (2011). Human Response to Aircraft Noise. TU Delft, PhD thesis.
6. Welkers, D., van Kempen, E., Helder, R., Verheijen, E., & van Poll, R. (2019). Motie Schonies en de WHO-richtlijnen voor omgevingsgeluid (2018). [https://doi.org/RIVM-rapport 2019-0227](https://doi.org/RIVM-rapport%202019-0227)
7. White, K. (2018). Subjective and Physiological Responses to Aircraft Noise. Vrije Universiteit Amsterdam.



soundscape consulting
& *design*