

Luchtvaartgeluid Vlaardingenlaan 11 //

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: februari 2024



1.	INHOUD	
2.	INLEIDING	6
2.1.	Vraagstelling en doelen	6
2.2.	Aanpak en methode	6
2.3.	Leeswijzer	7
2.4.	Geluid, hinder en de gebouwde omgeving	8
3.	LUCHTVAARTGELUID PLANGEBIED	9
3.1.	Vliegroutes	9
3.2.	Gemiddelde geluidsniveaus per vliegroute	9
3.3.	Conclusies	11
4.	BEOORDELING EFFECTEN LUCHTVAARTGELUID VO	13
4.1.	Beoordelingskader	13
4.2.	Positionering & vormgeving bouwblok	13
4.3.	Oriëntatie van woningen ten opzichte van geluidluwere gevels	15
4.4.	Invloed gevelontwerp op luchtvaartgeluid	16
4.5.	Groenontwerp	17
4.6.	Eindconclusie	18
5.	LITERATUUR & VERWIJZINGEN	19

1. INLEIDING

In het Schinkelkwartier (deelgebied Nieuwe Meer Oost) aan de Vlaardingenlaan 11 ontwikkelt Vlaardingenlaan Ontwikkeling BV een bouwblok met woonbestemming. Het gebied ligt net buiten de LIB-5 contour van Schiphol. De planologische beperkingen vanwege luchtvaartgeluid zijn daarmee niet formeel van toepassing. Vanuit het Omgevingseffectenrapport (OER) volgt dat voor Schinkelkwartier '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'. In navolging van de rapportages van Peutz wordt in voorliggend rapport een advies uitgebracht over het toepassen van geluidsadaptieve maatregelen binnen het bouwplan.

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 geluidsadaptieve maatregelen binnen het bouwplan. Het advies wordt daarbij opgebouwd uit verschillende analyses. Daarbij geldt het huidige voorlopige ontwerp als uitgangspunt. Het doel van de analyses is:

1. Te voldoen aan de spelregels en richtlijnen die volgen uit het OER, en geluidsadaptieve maatregelen gericht op luchtvaartgeluid te borgen in het ontwerp.
2. 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 geluidsadaptieve maatregelen binnen het ontwerp wordt opgebouwd uit de volgende kwalitatieve analyses:

1. Beschrijving en analyse van vliegroutes rond de locatie
2. Analyse van de te verwachte geluidsniveaus op de locatie door luchtvaart (L_{den} en maximale geluidsniveaus L_{Amax})
3. Analyse van de invloed van het voorlopig ontwerp (VO vanaf nu) op luchtvaartgeluid waarbij de volgende aspecten worden bekeken:
 - a. 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
 - b. 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
 - c. 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
4. 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 de gebouwde omgeving

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 PLANGEBIED

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 uitvliegroutes, 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.

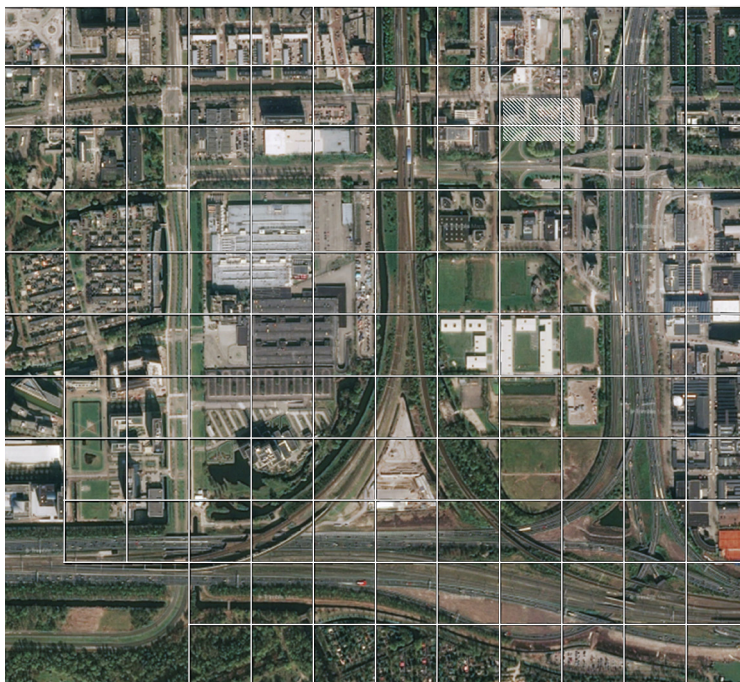
De berekeningen geven daarbij een beeld van de geluidsbelasting voor de verschillende routes. Met deze gegevens wordt bepaald of er sprake is van geluidsniveaus die zijn gerelateerd aan een verhoogde kans op hinder. Hiervoor wordt een maximaal geluidsniveau van 65dB(A) tijdens een vliegtuigpassage als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

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.

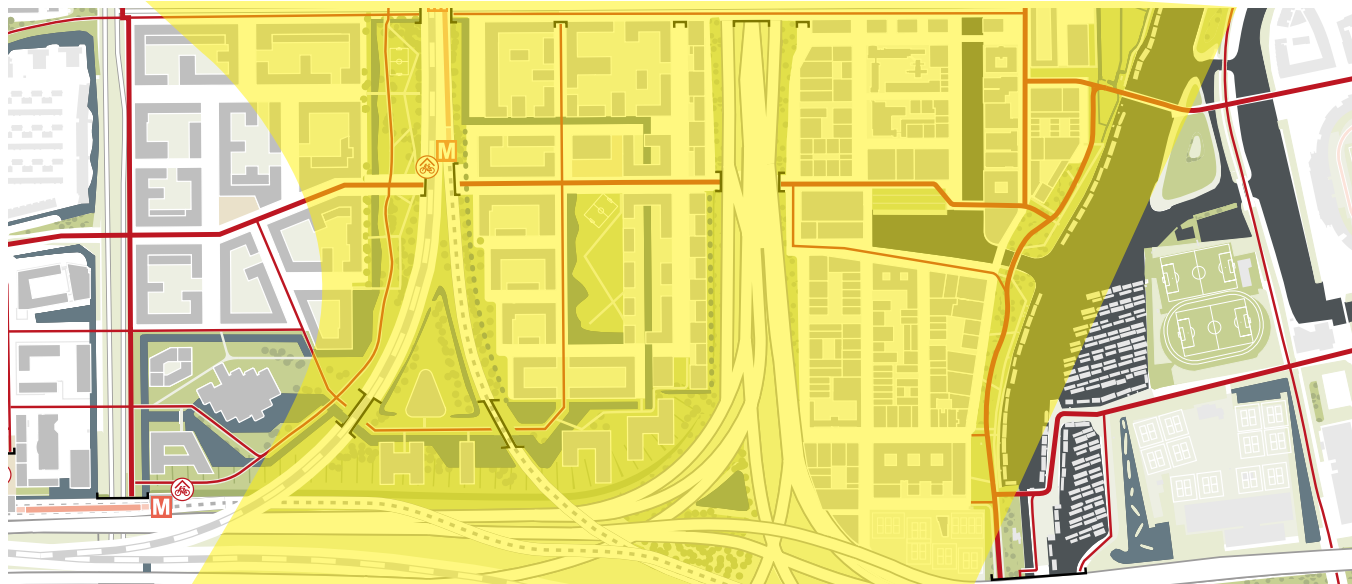
Route	Aantallen (in totalen)	Nachtvluchten over het gebied (ja/nee)
Opstijgend vliegverkeer vanaf de Zwanenburgbaan (via de WDY route)	6100	Nee
Opstijgend vliegverkeer vanaf de Polderbaan (via de KDD/LOP routes)	6800	Ja ¹
Landend vliegverkeer richting de Oostbaan (via de SUGOL, RIVER, ARTIP routes)	8900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

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

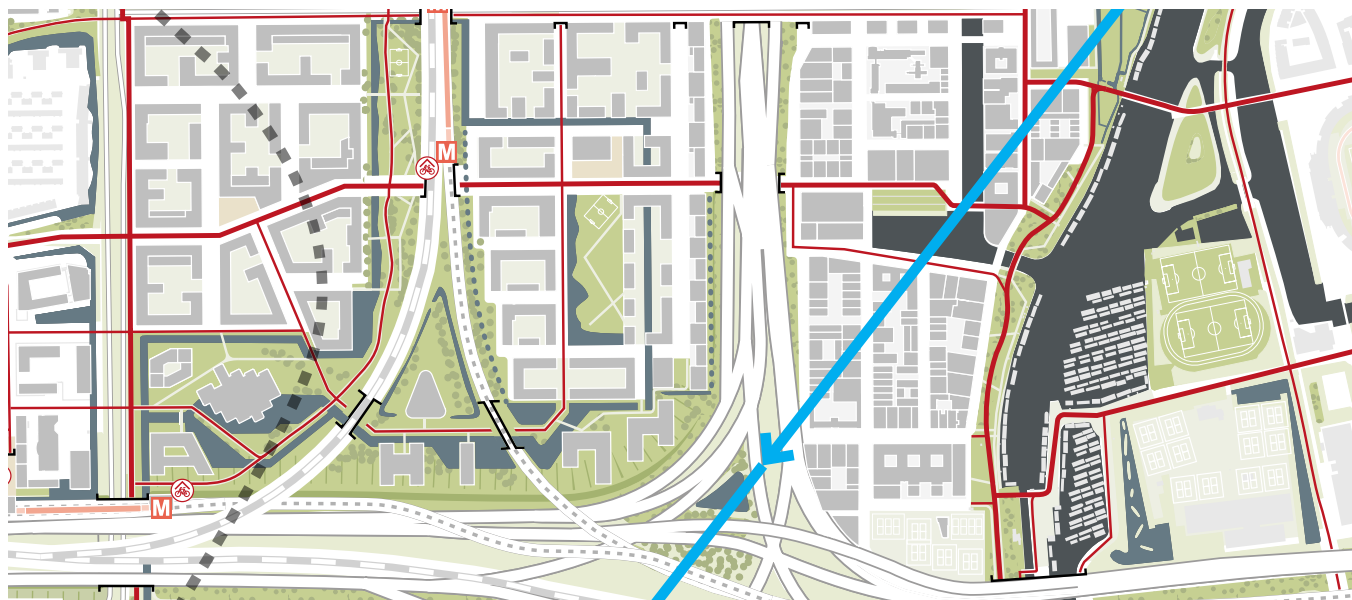


Figuur 1 Plangebied Nieuwe Meer Oost (wit gearceerd) met grid voor de rekenpunten.

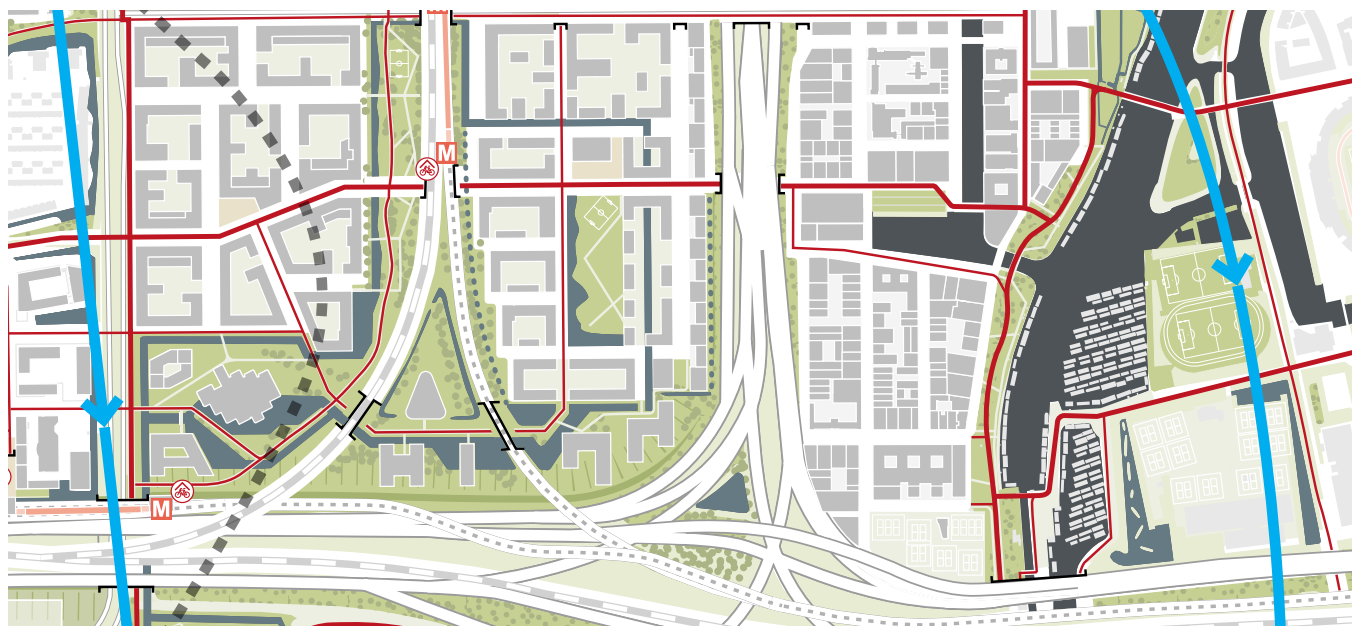
¹Via de KDD/LOP route werden in 2021-2022 iets minder dan 500 nachtvluchten uitgevoerd. Na verdere analyse van deze vluchten bleek dat ongeveer 280 vluchten boven of direct rond het plangebied vlogen. De analyses laten zien dat de gemiddelde vlieghoogte boven of rond het plangebied van deze nachtvluchten 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



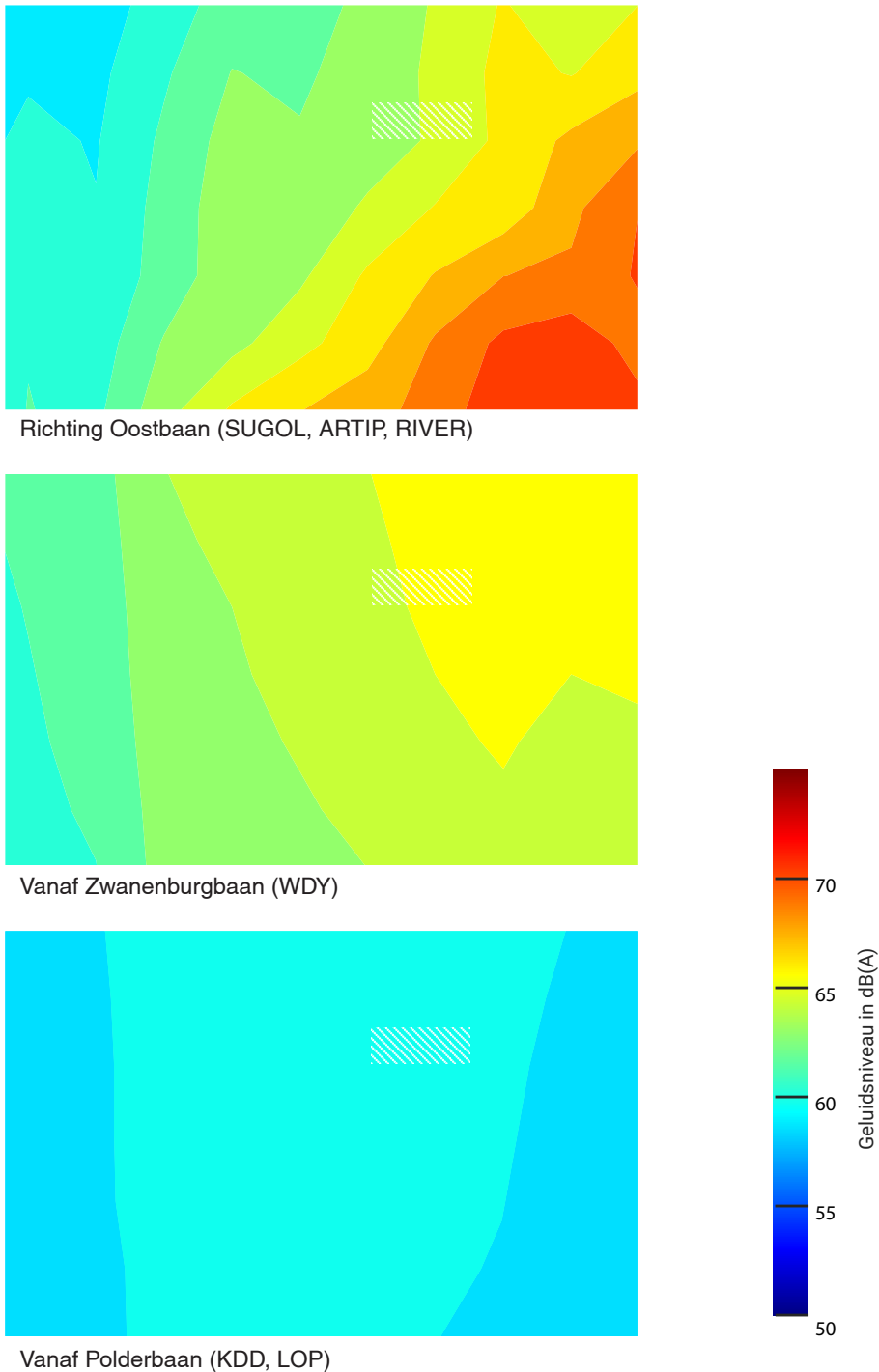
Blauwe lijn link: gemiddeld grondpad opstijgend vliegverkeer vanaf Polderbaan, blauwe lijn rechts: vanaf Zwanenburgbaan



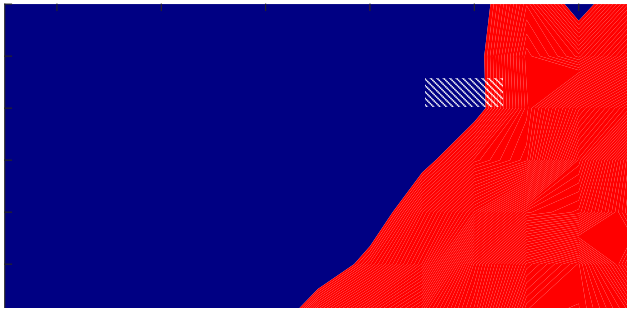
Figuur 2 LIB-contour en gemiddelde vliegpaden voor de drie routes rond Nieuwe Meer Oost.

2.3. Conclusies

De berekeningen laten zien dat alleen in meest de oostelijk georiënteerde 'rand' van het plangebied, en alleen bij landend vliegverkeer (Oostbaan), de geluidsniveaus onder gemiddelde omstandigheden boven de referentiewaarde liggen (zie onderstaande figuren waarin de rekenresultaten worden gepresenteerd). Daarbij kan de bebouwing een afschermend effect hebben. Voor de kwalitatieve beoordeling van bouwblokken is daarom alleen gekeken naar de invloed van het ontwerp op geluid van landend vliegverkeer richting de Oostbaan.



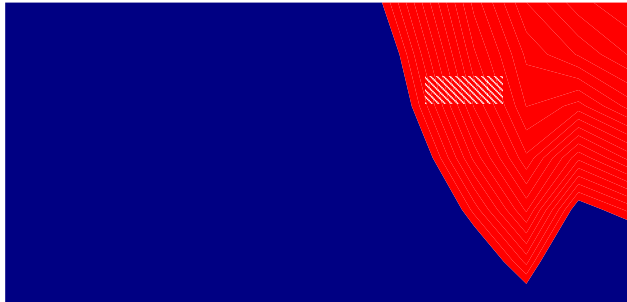
Figuur 3 Maximale geluidsniveaus tijdens een gemiddelde vliegtuigpassage voor de drie vliegroutes boven/rond het plangebied.



Richting Oostbaan (SUGOL, ARTIP, RIVER)



Vanaf Polderbaan (KDD, LOP)



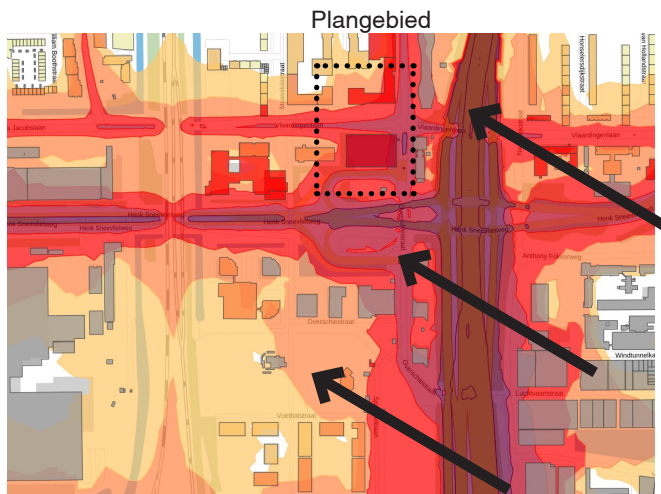
Vanaf Zwanenburgbaan (WDY)

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

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. In beide gevallen liggen vliegroutes ten oosten van het plangebied.

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. BEOORDELING EFFECTEN LUCHTVAARTGELUID VO



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

>75 dB	zeer lawaaiig
70 - 74 dB	lawaaiig
65 - 79 dB	erg luid
60 - 64 dB	luid
55 - 59 dB	levendig



Figuur 6 Ensencering van uiteindelijke bouwblok in relatie tot omgevingsgeluid.

-  Gevels waar een zekere mate van geluidafscherming te verwachten is t.o.v. luchtvaartgeluid.
-  Gevels en posities waar luchtvaartgeluid via diffractie en reflecties de geluidafscherming van de bebouwing vermindert of tenietdoet.

3.1. Beoordelingskader

In de analyse van de bouwplannen is naar vier aspecten gekeken, 1) bouwblok positionering, 2) gebouwvorm, 3) plattegrond en indeling, 4) gevels en materialisatie, en 5) groenplan. Per thema zijn de eerst uitgangspunten geformuleerd op basis van het OER en achterliggend onderzoek. Op basis van de uitgangspunten voor geluid-adaptief bouwen zijn de bouwplannen beoordeeld. In alle gevallen is gekeken naar de toepassing van 'spelregels' uit het OER en de adviezen die ten grondslag liggen aan de spelregels.

3.2. Positionering & vormgeving bouwblok

Uitgangspunten

1. Gebouw/bouwblok staat haaks op de richting van het invallend geluid. Geluidsniveaus aan de kant zonder zichtlijn tot de vliegtuigen is 'geluidluwer' en stiller.
2. Bouwblokken en gevels zijn aaneengesloten, zonder sparingen en een gelijke bouwhoogte. Geluid kan zich via de openingen en hoogtevariaties makkelijker naar de geluidluwere gebouwsijden begeven.
3. Hellende en schuine gevels haaks op de richting van het invallend geluid weerkaatsten het geluid naar boven. Rond geluidluwere gebouwsijden neemt het luchtvaartgeluid hierdoor af.

Bouwblok

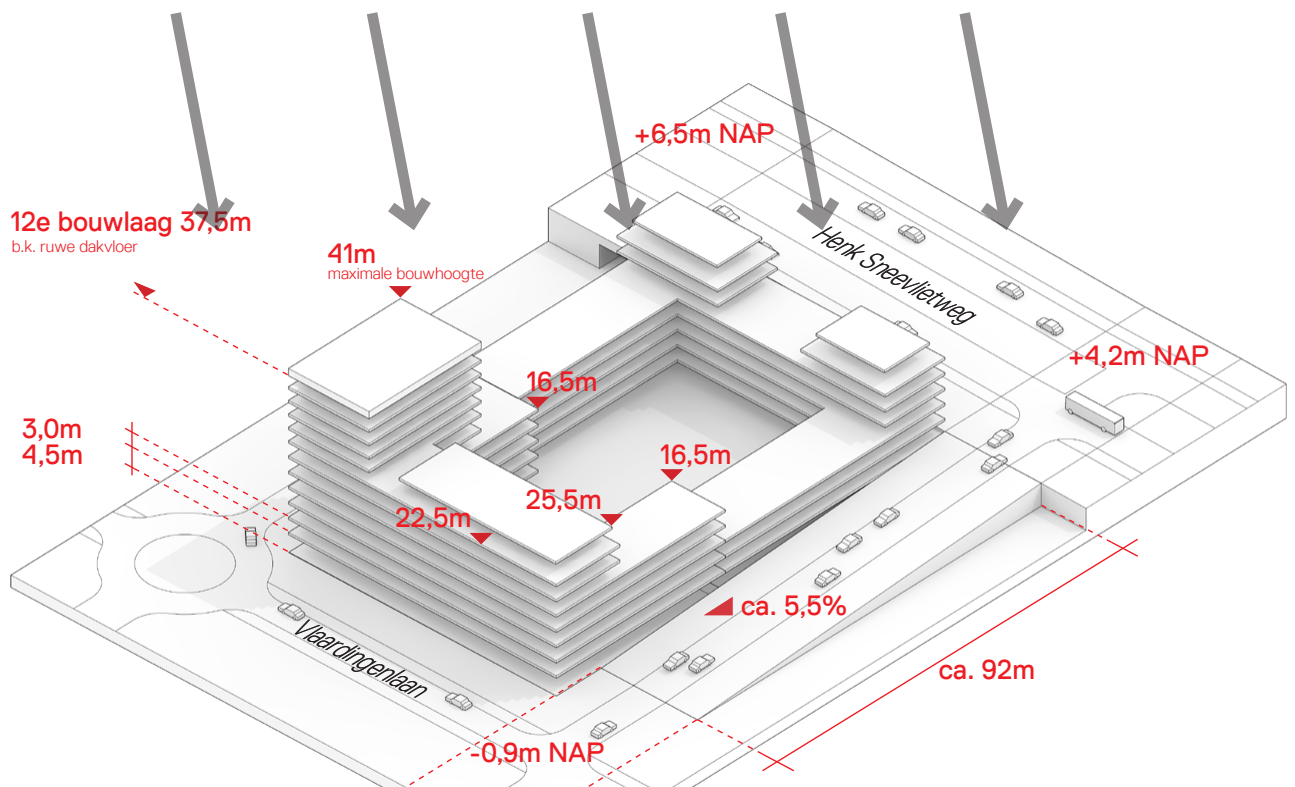
1. Gebouw staan haaks op richting van invallend luchtvaartgeluid (+)
2. Grotendeels van toepassing, let op open entree tot het hof aan de oostzijde (+/-)
3. Gebouw heeft geen schuine gevelvlakken (-)

Het VO gaat uit van een gesloten bouwblok met enkele hoogteaccenten dat omgevingsgeluid van het spoor en de snelweg zo goed als mogelijk tegenhoudt. De bouwplannen voorzien in een glasafscherming aan de zuidkant na oplevering van fase 1.



Figuur 7 Gang naar de binnenhoven

Aan de oostzijde is een open toegang tot het binnenhof voorzien via een sparing in het bouwblok. Via de gang kan geluid van de A10, en mogelijk van vliegverkeer, via een sluitroute het binnenhof in komen. De hoogteaccenten zijn aan de oostkant van het ensemble. Dit voorkomt dat geluidreflecties via de hoogbouw het binnenhof weerkaatsen.



Figuur 8 Uitwerking van het VO (3D model).

3.3. Oriëntatie van woningen ten opzichte van geluidluwere gevels

Uitgangspunten

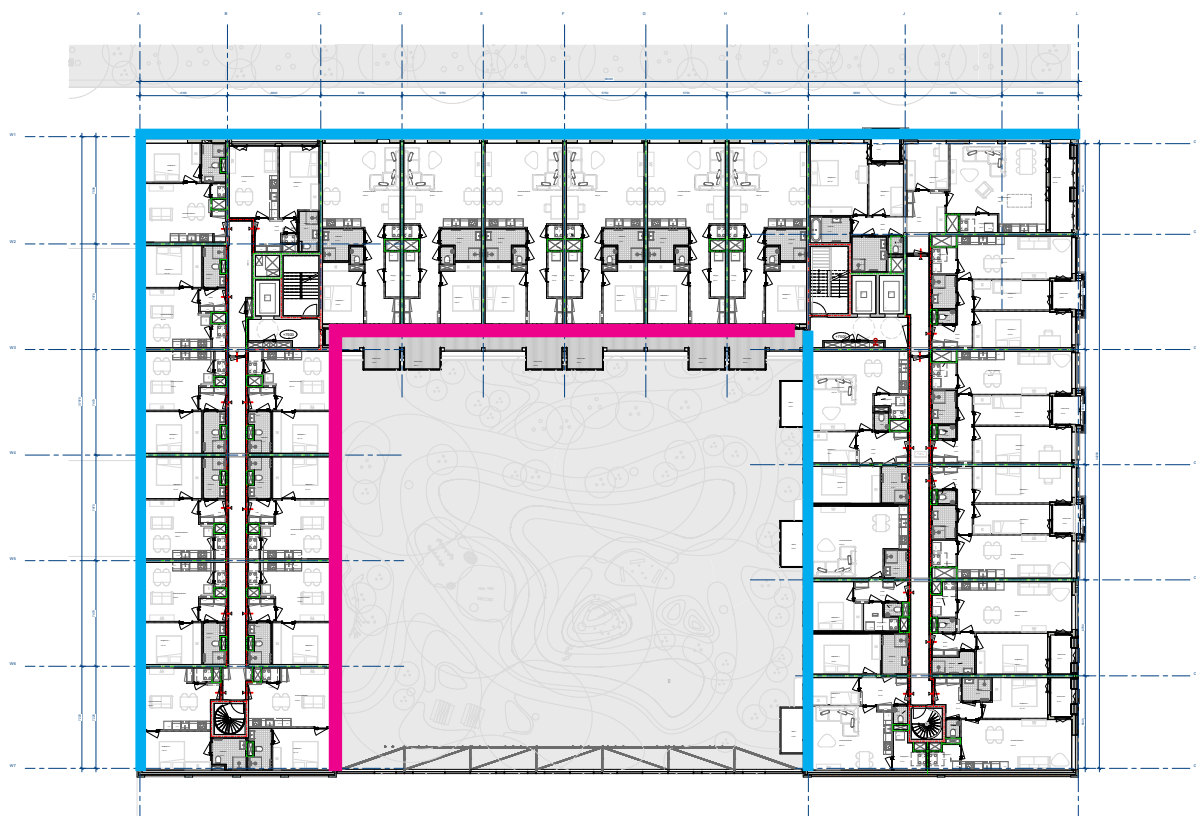
1. Woningen hebben toegang tot een geluidluwere gebouwszijde.
2. Slaapvertrekken en/of andere geluidgevoelige programma's zijn georiënteerd aan geluidluwere gebouwszijden.

Bouwblok

1. Oriëntatie van woningen is grotendeels enkelzijdig (-)
2. Oriëntatie van woningen is grotendeels enkelzijdig (-)

De oriëntatie van woningen verschilt per verdieping. Naar verwachting is het niveau van het luchtvaartgeluid aan de binnenzijde van het bouwblok beduidend lager dan aan de buitenzijde

van het blok. Slaapvertrekken zijn idealiter aan de geluidluwere zijde van gebouwen georiënteerd om slaapverstoring en hinder te voorkomen. In het bouwblok is de oriëntatie van woningen op de meeste verdiepingen enkelzijdig. Dit betekent dat een deel van de slaapvertrekken aan (voor luchtvaart) geluidbelaste gevels grenst.

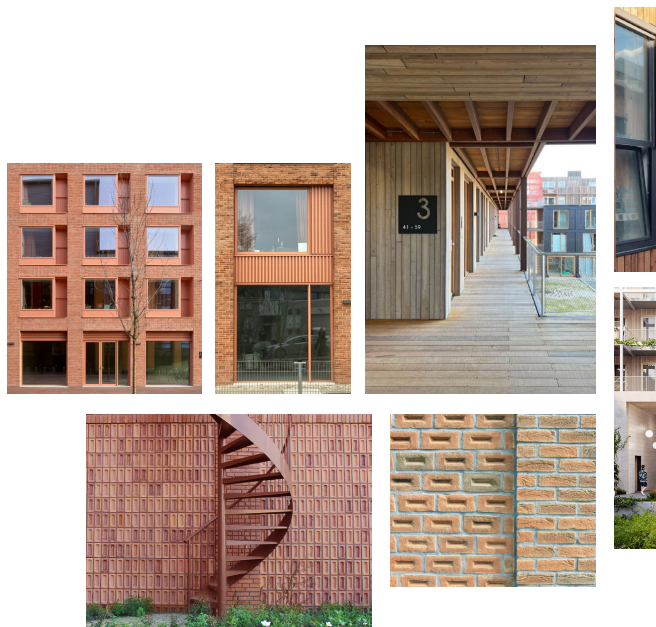


Figuur 9 Gevels met en zonder directe geluidbelasting door luchtvaartgeluid.

-  Gevels waar een zekere mate van geluidafscherming te verwachten is t.o.v. luchtvaartgeluid.
-  Gevels met een volle blootstelling aan luchtvaartgeluid. Geluidweerkaatsingen via deze gevels zorgen voor een geluidtoename rond de blauwe gevels.
-  Gevels en posities waar luchtvaartgeluid via diffractie en reflecties de geluidafscherming van de bebouwing vermindert of tenietdoet.



Figuur 10 Noordgevel binnenzijde bouwblok.



Figuur 11 Gevelmaterialen.



Figuur 12 Gevelontwerp binnenhof (zuid).

3.4. Invloed gevelontwerp op luchtvaartgeluid

Uitgangspunten

1. Geluid diffracteert rond gebouwranden. Hierdoor 'krult' geluid als het ware om een gebouw heen. Toepassing van poreuze materialen op gebouwranden vermindert dit effect, bijv door beplanting en daktuinen.
2. Glad beton, steen en glas weerkaatsen geluid. De toepassing van deze materialen op gevels waar het geluid direct invalt wordt zo veel als mogelijk beperkt.
3. Gevels met verspringen en geometrische variaties scoren beter dan rechte (gladde) gevels. Het totaal oppervlak waar een interactie optreedt met het invallend geluid is groter. Invallend geluid wordt daarnaast meer diffuus verstrooid. De kans op nagalm en echo neemt af.

Bouwblok

1. Daken zijn recht, materialisatie bitumen/beton (-)
2. Gevels van glas en steen/beton (-)
3. Geveltextuur en reliëf (+)

De gevels bestaan uit glasoppervlakken, siersteen en hout. Inpandige balkons en ornamenten geven de gevels reliëf en textuur. Invallend geluid wordt daardoor diffuus verstrooid, wat tot minder galm in de binnenhoven leidt. In het VO zijn de (voor luchtvaart) geluidbelaste gevels aan de binnenzijde van de hoven overwegend 'glad'. Dit betekent dat juist op de plekken met veel geluidweerkaatsing weinig met de ornamentering en/of materialisatie wordt gedaan.

3.5. Groenontwerp

Uitgangspunten

1. Zorg voor uitzicht op groen vanuit woningen. Dit kan mogelijk overlast van (luchtvaart-) geluid verminderen.
2. Oriënteer zitjes waar mensen 'stil' een boek kunnen lezen (of soortgelijke activiteiten kunnen ontplooiën) aan geluidluwere gevels.
3. Gebruik 'open' bestrating, hoge grassen en plantensoorten, en eventueel grint-achtige ondergrond. Dit helpt het invallend geluid beter te absorberen.
4. Zorg voor een goede afwatering van de toplaag van de ondergrond. Hierdoor blijft het substraat poreus waardoor de geluidabsorptie van de ondergrond verbetert.

Bouwblok

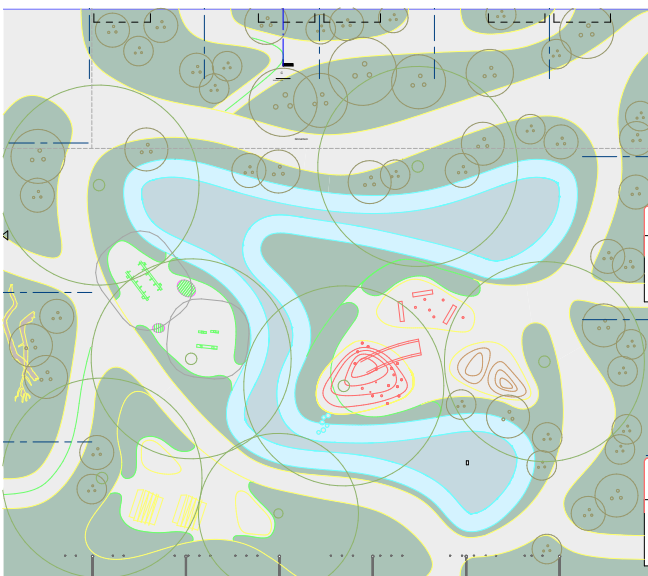
Op basis van de tekeningen hebben de meeste woningen uitzicht op het omliggende groen.

1. Bomen verspreid over groenplan (+)
2. Zitjes en terrassen aan geluidluwe gevels (-/+)
3. Beperkte (deels verharde) bestrating, gras- en kruidachtige planten (++)
4. Plan lijkt te voorzien in goede afwateringsvoorzieningen (o)

Het ontwerp voorziet in terrassen en zitjes rond de geluidluwere gevels aan de binnenzijde van het binnenhof. Het percentage verhard oppervlak is beperkt ten gunste van gras- en kruidachtige vegetatie. Het plan voorziet in een hoge dichtheid aan bomen.



Figuur 14 Groenplan (referenties).



Figuur 13 Bovenaanzicht groenplan.

3.6. Eindconclusie

Bij de beoordeling is specifiek stilgestaan bij de volgende aspecten van het plan, namelijk, waarbij het VO afwijkt van aanbevelingen in rapporten ten grondslag aan de spelregels in het OER:

1. Enkelzijdige orientatie van woningen in bouwblok 2 en 3.
2. Open verbinding (sparing) tussen buitenzijde en binnenhof aan de zuidzijde bouwblok 2.
3. Gebruik van beton, glas en siersteen.

Bij de bovenstaande punten de volgende overwegingen:

1. Tijdens de nacht wordt niet of nauwelijks rond het gebied gevlogen. Daarmee vervalt de aanbeveling om slaapkamers aan de binnenhoven te situeren, d.w.z. sec vanuit luchtvaartgeluid. Daarnaast voorziet het plan in afsluitbare loggia's en balkons aan de buitenzijde van bouwblokken 2 en 3.
2. De dimensies van de sparing zijn beperkt (lange gang, kleine opening aan weersijden). Door reflecties in de gang zal een groot deel van het invallend geluid (naar verwachting) in de gang blijven hangen. Dit betekent dat gevelreflecties en randdiffractie het leeuwendeel van de geluidenergie aan de geluidluwere zijden van het binnenhof veroorzaakt. De binnenzijde van de gang kunnen met absorberende materialen worden bekleed om galm en reflecties te verminderen.
3. De ontwikkelaar wordt geadviseerd om voor het DO het gevelontwerp te heroverwegen van gevels aan de binnenzijde van het hof met een directe zichtlijn tot de vliegtuigen (zie afbeelding hiernaast).

De algemene conclusie is dat het VO in de basis voldoende aansluit op de spelregels uit het OER en de uitgangspunten van het stedenbouwkundig plan om rekenschap te geven van luchtvaartgeluid.

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.

