

Bouwstenen voor hinderbeleid



BOUW

Over SoundAppraisal

Hoe kunnen we kennis over geluidsbeleving toepassen? Dat is de vraag waar SoundAppraisal antwoorden op geeft. SoundAppraisal is dan ook Engels voor geluidswaardering. In overleg met alle belanghebbenden in een geluidsomgeving scheppen we mogelijkheden voor verbetering. Met onze geluidsanalyse kunnen we gedetailleerd inzicht geven in hoe de geluidsomgeving is en kunnen we vaststellen of een bepaalde ingreep het gewenste effect heeft. Vanuit de techniek geven we zo het inzicht waaruit beleidsopties kunnen worden ontwikkeld. Met onze partners ontdekken we waar we nog moeten bij leren en waar nieuwe techniek nodig is. SoundAppraisal is in 2014 opgericht door onderzoekers van de Universiteit Groningen en de Hanze Hogeschool Groningen en werkt in nauwe samenwerking met haar klanten aan het beschermen, verbeteren en gezonder maken van de geluidsomgeving.

INHOUD

4 | Inleiding

6 | 1 Van geluidsniveaubeleid naar hinderbeleid

- 7 | 1.1 De metafoer van de emmer en de druppel
- 8 | 1.2 De componenten van goed hinderbeleid

9 | 2 De soundscapetheorie

- 9 | 2.1 Hoe beleven we geluid?
- 10 | 2.2 Veiligheid is hoorbaar
- 10 | 2.3 Geluidsgevoeligheid
- 11 | 2.4 Geluidshinder: incidenteel versus structureel
- 11 | 2.5 Geluidsbeleving
- 12 | 2.6 Soundscape-analyse
- 14 | 2.7 Signaalanalyse
- 14 | 2.8 Achtergrond- en voorgrondmodellen
- 15 | 2.9 Geluidsherkenning
- 15 | 2.10 Tot slot

16 | 3 Voorbeeldcase: de geluidsomgeving van Stommeer

- 16 | 3.1 Onderzoeksaanpak en meetlocaties
- 17 | 3.2 Visuele weergaven van de geluidsomgevingen
- 19 | 3.3 Individuele vliegtuigpassages
- 20 | 3.4 Bronherkenning
- 21 | 3.5 Hoorbare versus luide bronnen
- 24 | 3.6 Bronnen vergelijking van de drie locaties
- 24 | 3.7 Storendheid versus luidheid
- 26 | 3.8 Geluidsbewust bouwen
- 29 | 3.9 Conclusies uit de metingen
- 31 | 3.10 Geluidsbewust ontwerpen
- 31 | 3.11 De oogst: twee instrumenten voor beter hinderbeleid

Inleiding

Het huidige beleid om burgers te beschermen tegen de negatieve effecten van geluid richt zich vooral op het geluidniveau. We stellen regels aan het decibel-niveau van een bron. Maar mensen zijn geen decibellenmeters. Of iemand hinder ervaart is van tal van factoren afhankelijk en bovendien een hoogst individuele aangelegenheid. Tegelijkertijd is er in onze hoogstedelijke samenleving steeds meer geluid, of beter gezegd, steeds minder stilte en rust, en daarmee ook steeds meer kans op hinder.

Het is daarom de hoogste tijd om het beleid te verbreden. Natuurlijk is het belangrijk om met geluidsnormen excessen te voorkomen, maar als we hinder willen verminderen is er meer nodig dan dat. Dan moeten we weten hoe inwoners het totaal aan geluid – hun geluidsomgeving – beleven en gevoel krijgen bij de mogelijkheden om die beleving te beïnvloeden. In dit onderzoek verkennen we het scala aan beleidsopties om de kwaliteit van leven in geluidbelast gebied te verhogen. Daartoe ontwikkelen we een methode om voor een specifieke locatie de geluidsomgeving te beschrijven als vertrekpunt voor praktisch geluidhinderbeleid. Als we kunnen analyseren hoe de geluidsomgeving in elkaar zit, kunnen we voorspellen hoe inwoners hun geluidsomgeving zullen beleven en kunnen we wellicht ook aanbevelingen doen om met gerichte maatregelen de geluidsomgeving te verbeteren. En daarmee rekening houden bij de inrichting van (nieuwe) woongebieden.

Voor de ontwikkeling van onze methode maken we gebruik van de zogenaamde soundscapetheorie. Op basis van een biologische, evolutionaire en psychologische visie op geluid onderscheidt de soundscape verschillende belevingen van geluid. Met behulp van signaalanalyse hebben wij indicatoren ontwikkeld om de hinderlijkheid van een geluidsomgeving in beeld te brengen. Wij hebben dit gedaan op basis van geluidmetingen in Stommeer, een woonwijk in Aalsmeer pal onder een vliegrouten van en naar Schiphol. Stommeer is een bestaande woonwijk met veel verouderde woningen en een flinke herstructureringsopgave. Om te weten hoe die opgave ingevuld wordt, oftewel wat er waar wordt teruggebouwd, is het dus heel belangrijk om inzicht te hebben in de geluidsbeleving en de mogelijkheden om die te verbeteren, zelfs als er aan de belangrijkste hinderbron – de vliegtuigen – niets zou veranderen.

Wij hebben ons onderzoek uitgevoerd in samenwerking met Martijn Lugten. Martijn Lugten heeft voor de wijk Stommeer de mogelijkheden verkend om door keuzes voor positionering, vormgeving en materialisatie van gebouwen de blootstelling aan vliegtuiggeluid te verminderen. Zie voor het verslag van dit onderzoek het rapport "[Vliegtuiggeluid in Stommeer, een methode om de kansen in kaart te brengen voor geluidsadaptieve ingrepen in bestaand stedelijk gebied](#)" (PNH, september 2021). In ons onderzoek hebben we hieraan een bijdrage geleverd door de effecten van geluid-adaptief bouwen te meten. In paragraaf 3.7 gaan we hier apart op in. Vóórdat we de aanpak en uitkomsten van ons onderzoek beschrijven, gaan we eerst in op de achterliggende theorie.

In hoofdstuk 1 leggen we uit waarom de huidige regels die mensen moeten beschermen tegen een te hoge geluidsbelasting lang niet altijd toereikend zijn. In hoofdstuk 2 geven we een korte toelichting op het gedachtengoed van de soundscapetheorie. Hoofdstuk 3 is het eigenlijke onderzoeksverslag. We beschrijven de aanpak, de resultaten en de conclusies die we hieraan verbinden, zowel voor wat betreft de verdere verfijning van onze methode, als de aanbevelingen die we op basis van onze meetresultaten specifiek voor (de herinrichting van) de wijk Stommeer kunnen doen.

Vanzelfsprekend zijn deze aanbevelingen niet alleen relevant voor eenieder die professioneel betrokken is bij de herontwikkeling van de wijk Stommeer. Ze zijn illustratief voor een andere manier van werken, waarbij geluidshinder, de mogelijkheid van geluidshinder, de rol van positieve geluiden, en de structuur van (geluids)beleving van het begin af aan leidend is bij de inrichting van woongebieden.

VAN GELUIDSNIVEAUBELEID NAAR HINDERBELEID

De regels om burgers te beschermen tegen een te hoge geluidsbelasting doen geen recht aan de complexe werkelijkheid van geluidshinder. De regels stellen een bovengrens aan het geluid, uitgedrukt in eenheden als $dB(A)$ ¹, L_{den} ² en L_{night} ³. Maar veel mensen ervaren ook geluidshinder als het geluid onder die grens blijft. Geluid – en daarmee geluidshinder – is een complex begrip, waarbij psychologische en sociale aspecten een grote rol spelen. Het laat zich slecht vangen in één getal.

Bovendien is de ervaring van geluid een individuele aangelegenheid. Wat de één op dit moment acceptabel vindt, is dat voor de ander niet. En waar de één een positieve associatie heeft met een bepaalde bron, roept deze bij de ander ergernis of stress op. Als het geluidsniveau zich rondom de norm bevindt, kunnen we op onze vingers nagaan dat er tóch gehinderden zijn.

Alleen focussen op een bovengrens kent nog een ander nadeel: de stilte wordt niet meer beschermd.

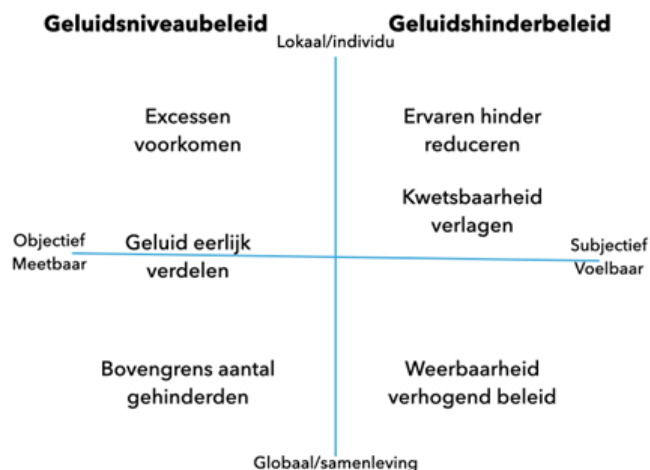
We accepteren dat er een grijze deken van geluid over het leven ligt. Terwijl juist stilte (rust) voor mensen zo belangrijk is en maakt dat zij op andere momenten beter met een hoge geluidsbelasting kunnen omgaan. In stilte komen mensen tot rust en kunnen ze herstellen.

Beleid om geluidshinder te verminderen vraagt om inzicht in de geluidsomgeving: welke geluiden zijn er allemaal, behalve het dominante geluid van bijvoorbeeld vliegtuigen of snelwegen? Bovendien houdt hinderbeleid ook rekening met het individu. Het gaat over echte mensen in echte buurten en niet over de gemiddelde hinder in een grotere regio.

Bij de individuele beleving gaat het bijvoorbeeld om de vraag welke geluiden iemand gemakkelijk of juist moeilijk kan negeren. En welke geluiden iemand juist prettig vindt of niet. Een geluidsomgeving die als plezierig wordt ervaren, vergroot iemands autonomie: het vermogen om te doen wat je doen wilt: slapen, rusten, spelen, werken, enzovoorts. Een onplezierige omgeving maakt dat juist moeilijk of onmogelijk. Hinderlijkheid betekent dus verlies van autonomie.

Hinderbeleid is dus breder dan het stellen van regels aan geluid. Het gaat er ook om een zo aangenaam mogelijke geluidsomgeving te realiseren. Het gaat er zelfs over hoe we mensen bejegenen als ze klachten hebben over geluid. Het is belangrijk klagers serieus te nemen. Dat maakt hen weerbaarder, zelfs als blijkt dat er weinig of niets aan de situatie te veranderen is. Omgekeerd verhoogt miskenning ('waarom klaagt u eigenlijk?', 'we voldoen aan alle regels') de machteloosheid en stress. En daarmee ook de impact van de hinder. De toon van de overheid (koud of begripvol) is dus ook van invloed op de ervaren hinder.

1. $dB(A)$ is de meest gebruikte eenheid om de sterkte van geluid weer te geven; dB staat voor decibel, de A voor de correctie voor de gevoeligheid van het menselijk oor (bij een gelijke geluidssterkte horen wij niet alle frequenties even goed).
2. De L_{den} (Engels: Level day-evening-night) is een Europese maat om de geluidsbelasting door omgevingslawaai over een hele dag uit te drukken. Met ingang van 2004 werd het gebruik van de L_{den} in alle Europese landen verplicht.
3. Nachtelijk geluid van wegverkeer.

Figuur 1 – De verschillende componenten van geluidsniveau- en geluidshinderbeleid⁴

1.1 De metafoor van de emmer en de druppel

Als het om geluidshinder gaat, dringt de vergelijking zich op met de druppel die de emmer doet overlopen. Geluidshinder gaat over veel meer dan die ene dominante bron: de druppel. Er is bijna altijd sprake van een samenspel van factoren. Sommige mensen in de Schipholregio worden ‘knettergek’ van de zomerse festivals, terwijl ze de vliegtuigen bij wijze van spreken amper meer horen. De festivals zijn voor hen de druppel die hun emmer doet overlopen. Als ze over geluidshinder klagen, klagen ze dáárover. Maar wat zit er verder in hun emmer: geluid van de burens? Van voorbijrazende auto’s? Van plots optrekkende scooters? Van jengelende buurkinderen? Het is interessant die emmers eens leeg te gooien in een teil en te kijken (luisteren) wat er allemaal in zit.

Een conclusie die we snel kunnen trekken: als we volledig focussen op de aanleiding (de druppel), zijn we waarschijnlijk weinig effectief bezig. Dan laten we de andere factoren, die voor het vollopen van de emmer gezorgd hebben, buiten beschouwing. In die emmer zit bovendien meer dan alleen geluid. Er kan ontevredenheid over de leefomgeving inzitten. Of een slechte relatie met de burens. Weinig gemeenschapszin of een verstoorde relatie met de woningcorporatie, waardoor de lekkende douche maar niet wordt gerepareerd. Misschien zijn sommige van die factoren wel veel makkelijker te beïnvloeden dan alleen het in het ‘oorspringende’ geluid dat als druppels over de rand van de emmer vloeit.

De inhoud van de emmer kunnen we als volgt categoriseren:

- De meest aandachttrekkende bron: bijvoorbeeld vliegtuigpassages.
- Andere hinderlijke geluidsbronnen – auto’s, scooters, machines, burens, festivals.
- Andere aspecten die de (geluids)omgevingskwaliteit beïnvloeden – de aan- of juist afwezigheid van vogels of andere dieren, saaie of juist spannende architectuur of de kwaliteit van de publieke ruimten.
- Individuele aspecten – lichamelijke en/of geestelijke klachten, werkloosheid, echtelijke ruzies, zware mantelzorgtaak, stress op het werk, maar ook positieve aspecten zoals een goede sociale inbedding en positieve attitudes richting geluidsproducenten.
- Sociale aspecten zoals bejegening (doorgaans door de overheid of de producent van het geluid) – weggezet worden als ‘lastig’, bureaucratische reacties, het niet serieus overwegen van suggesties en het nalaten van het nemen van eenvoudige maatregelen die de situatie verbeteren.
- Beleid – eendimensionaal geluidsniveaubeleid (fixatie op een bovengrens van het geluidsniveau van een enkele bron).

4. Zie ook Andringa, T.C. & Roelofsens, E. (2020). Trends in Geluidshinderbestrijding. Geluid, 1, 44-46.

Figuur 2 – welke geluidsdruppel doet de hinderremmer overlopen?

Deze illustratie maakt duidelijk hoe belangrijk het is de focus te verleggen van aanleiding (de druppel) naar oorzaken (wat zit er verder in de emmer?). In beide emmers is de belasting van de geluidsomgeving vergelijkbaar. Echter individuele aspecten spelen links een grote rol, terwijl rechts beleid erg belangrijk is. De emmers zitten net zo vol, maar de samenstelling verschilt. Met dit inzicht komen ook andere oplossingen in beeld om de hinder aan te pakken.

Zijn we er dan? Nee, want er is geen sprake van één emmer, maar van allemaal individuele emmers. De samenstelling en de weging van de factoren die hinder veroorzaken is voor elk individu anders. Daarom is het zo belangrijk in geluidbelast gebied mensen zoveel mogelijk opties en mogelijkheden te bieden. Daarmee geven we bewoners autonomie over hun eigen situatie. En dat geeft hen de mogelijkheid hun eigen emmer zo leeg mogelijk te houden.

1.2 De componenten van goed hinderbeleid

Om hinder te voorkomen is dus meer nodig dan alleen regels over het geluidniveau. Effectief geluidshinderbeleid grijpt terug op de emmer en de druppel en de verschillende factoren die de emmer vullen en doen overlopen: hinderlijke bronnen, omgevingskwaliteit, individuele aspecten, bejegening en beleid. Goed hinderbeleid heeft aandacht voor al deze factoren en vergt daarmee een gebiedsgerichte aanpak. Verschillende omstandigheden vragen om verschillende maatregelen.

Om tot een goede mix aan maatregelen te komen, doorlopen we – overeenkomstig de verschillende lagen in de emmer – de volgende stappen:

1 Reduceer de geluidsbelasting van de belangrijkste hinderbron als die beïnvloedbaar is. Als dat niet effectief is, richt je dan op andere maatregelen.

2 Beperk de invloed van andere stoorbronnen: neem maatregelen om het verkeer stiller te maken, zoals het aanleggen van geluiddempend asfalt en het promoten van elektrische scooters. Besteed ook aandacht aan andere bronnen van geluidsoverlast: hangjongeren, winkelkarren op straat, burenoverlast. Hiermee voorkom je een chaos aan geluid.

3 Maak de omgeving aangenamer: zorg voor meer plezierige geluiden. Vaak zijn dat natuurlijke geluiden. Denk aan het gekwetter van vogels en aan stromend water. Saaie en vervelende geluiden (denk aan het geluid van stationaire apparaten, auto's, scooters en vliegtuigen) gaan hierdoor wat meer naar de achtergrond.

4 Compenseer met andere kwaliteiten. Zijn de mogelijkheden om de geluidsomgeving aangenamer te maken benut, kijk dan breder. De toevoeging van andere kwaliteiten aan het gebied kan een minder goede geluidsomgeving compenseren. Denk aan het aanbrengen van meer groen in de wijk, extra speelvoorzieningen of voorzieningen die de sociale cohesie bevorderen, zoals gemeenschappelijke moestuinen.

4 Neem individuele verschillen serieus. Hoe hoger de geluidsbelasting, hoe meer zwaar-gehinderden. Vraag wat deze mensen nodig hebben om beter met de situatie om te gaan en faciliteer dat. Denk bijvoorbeeld aan persoonsgebonden budgetten om in huis isolatiemaatregelen te nemen naar eigen wens en inzicht van de bewoners.

5 Toon empathie. Wees begripvol in de communicatie en laat gehinderden voelen dat ze serieus worden genomen en er niet alleen voor staan.

6 Blijf de situatie monitoren. Als er eenmaal sprake is van een goed doordacht geluidsbeleid (het bestaande geluidsniveaubeleid, uitgebreid met nieuw geluidshinderbeleid) blijf dit beleid dan volgen en neem maatregelen als de situatie niet verbetert. Een belangrijke doelstelling moet zijn om ooit het huidige gebied met al zijn beperkingen te hebben veranderd in een gebied met betere kwaliteiten, zodat bewoners compensatie krijgen voor de periode waarin ze een hoge geluidsbelasting te verduren kregen.

DE SOUNDSCAPETHEORIE

In hoofdstuk 1 maakten we de vergelijking tussen geluidshinder en de spreekwoordelijke druppel die een emmer doet overlopen. Om de oorzaak te achterhalen van geluidshinder en daar iets aan te doen, moeten we ons niet blindstaren op de druppel. We moeten weten wat er in de emmer zit. Dit leidt ons tot een mix van maatregelen om hinder te verminderen. In dit onderzoek focussen we ons op de tweede laag in de emmer: de geluidsomgeving.

Een aanpak van geluidshinder in een bepaald gebied begint bij inzicht in de geluidsomgeving van dat gebied. Wat is eigenlijk de kwaliteit van de geluidsomgeving daar? Wat zijn de stoorbronnen en welke plezierige geluiden staan daar tegenover? Wat zegt dat over hoe individuen de geluidsomgeving zullen beleven? We moeten dus alle geluidbronnen in beeld krijgen, dominant en minder dominant, maar ook het samenspel daartussen. Pas als we inzicht hebben in de kwaliteit van de geluidsomgeving als geheel, weten we waar de kansen liggen om succesvol te interveniëren en deze aangenamer te maken.

In dit onderzoek presenteren we een methode om de kwaliteit van een geluidsomgeving objectief in beeld te brengen. En passen we deze toe in een concrete casus: de wijk Stommeer in Aalsmeer. Onze methode maakt gebruik van de soundscapetheorie. In dit hoofdstuk leggen we het gedachtengoed van de soundscapetheorie uit. En lichten we toe hoe we van dit gedachtengoed gebruik hebben gemaakt bij de ontwikkeling van onze methode van dit gedachtengoed gebruikt. In het volgende hoofdstuk beschrijven we hoe we deze methode op Stommeer hebben toegepast en wat we kunnen zeggen over de geluidsomgeving van deze wijk.

2.1 Hoe beleven we geluid?

Soundscape draait om de vraag hoe de geluidsomgeving wordt beleefd en begrepen door een individu of groep. Deze theorie gaat ervanuit dat iedereen dezelfde 'labels' gebruikt om de geluidsomgeving te beschrijven. Dat neemt niet weg dat we kunnen verschillen in de ervaring ervan. Zo kan iedereen zich iets voorstellen bij een chaotische, levendige of juist saaie geluidsomgeving. Maar wat voor de een levendig is, ervaart de ander juist als chaotisch.

De beleving hangt bovendien samen met de toestand waarin mensen zich bevinden. Wie uitgerust is, kan een drukke geluidsomgeving als levendig ervaren. Wie moe is of last heeft van stress ervaart de omgeving wellicht als chaotisch. Kortom: de *betekenis* die we geven aan geluiden om ons heen (en daarmee de woorden die we kiezen) zijn universeel, de *ervaringen* zelf zijn individueel en situationeel. Zie ook Figuur 3 in paragraaf 2.4.

De manier waarop we betekenis toekennen aan geluid is geworteld in onze evolutie. Geluid vertelt ons waar we zijn, wat er gebeurt – en daarmee ook of het veilig is en we kunnen rusten. Of dat het juist mogelijk onveilig is en we alert moeten zijn of misschien zelfs vluchten of vechten. De belangrijkste functie van ons gehoor is immers ons te waarschuwen voor gevaar. Geluidsoverlast hangt dan ook sterk samen met alertheid en stress. We hebben stilte nodig om te ontspannen, alleen dan komt ons lichaam

toe aan zelfonderhoud. Structureel geluidsoverlast kan op de lange duur leiden tot ernstige aandoeningen als hart- en vaatziekten.⁵

2.2 Veiligheid is hoorbaar

Hoe stel je met je gehoor vast dat het veilig is? Niet door de afwezigheid van geluid, maar door kleine, geruststellende geluiden die door andere levende wezens worden gemaakt. Geluiden die erop duiden dat zij 'ongeforceerd' dingen doen; dingen 'uit vrije keuze'. Zo kan vogelgezang rustgevend zijn. Eekhoorns stellen aan de hand daarvan vast dat er geen haviken of andere roofvogels aanwezig zijn. Ook bij mensen is vogelgeluid rustgevend, maar we houden ook van andere kleine geluiden, zoals het rustige gerommel in de kamer of in onze tuin of die van de burens⁶. Geluiden die erop wijzen dat mensen de dingen doen die ze willen doen, omdat ze geen gevaar vrezen. Ze vertellen ons dat het veilig is.

2.3 Geluidsgevoeligheid

Om te kunnen horen of het veilig is, zijn twee vormen van geluidsgevoeligheid van belang: de gevoeligheid voor luide geluiden van ver weg en de gevoeligheid voor afwijkende geluiden dichtbij.⁷

Luide geluiden van ver weg

Deze geluiden geven aan wat er in de wijde omgeving gebeurt. In het bijzonder aanzwellende geluiden kunnen aangeven dat er iets groots en gevaarlijks aankomt. Doorgaans geeft de afwezigheid van luide geluiden aan dat het rustig is.

Afwijkende geluiden dichtbij

Hierbij gaat het juist om de kleine geluidjes en vooral afwijkingen van de normale kleine 'rommelgeluidjes' om ons heen. Hiermee horen we of we worden 'beslopen'. Denk je bijvoorbeeld in dat je in het bos loopt en achter je hoor je een twijgje breken. In het moderne leven kennen we deze ervaring ook. Die doet zich bijvoorbeeld voor wanneer er iemand achter je in de bioscoop smakt tijdens een romantische scene.

Beide vormen van geluidsgevoeligheid zijn belangrijk. Ze trekken onze aandacht naar zaken (luid of afwijkend) die gevaarlijk kunnen zijn.

6. Verschillende wetenschappelijke onderzoeken staven dit:

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. <http://doi.org/10.3390/ijerph10041439>

Van den Bosch, K. A. M., Welch, D., & Andringa, T. C. (2018). The Evolution of Soundscape Appraisal Through Enactive Cognition. *Frontiers in Psychology*, 9, 1–11.

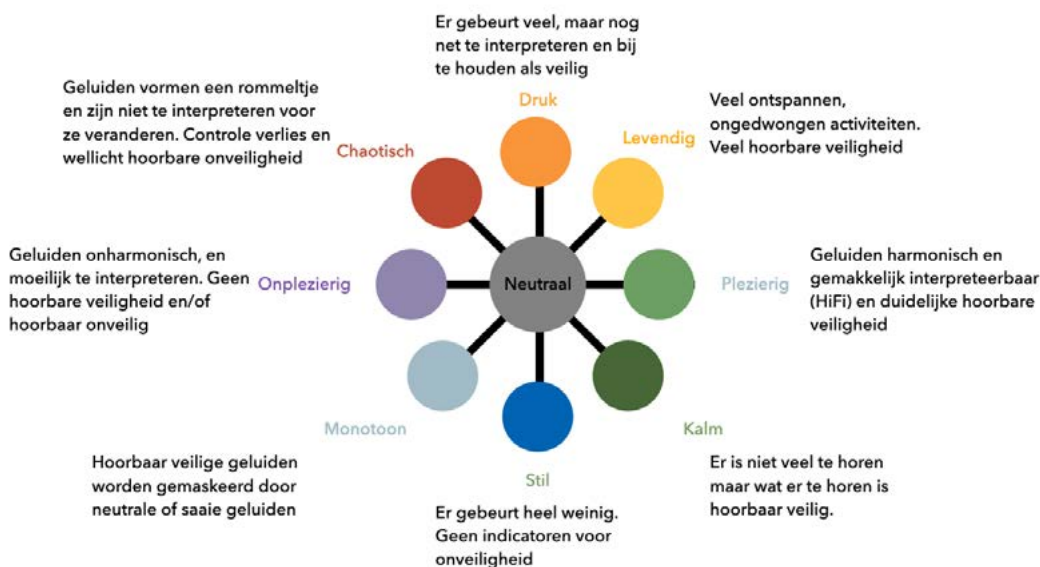
Lilly, M. V., Lucore, E. C., & Tarvin, K. A. (2019). Eavesdropping grey squirrels infer safety from bird chatter. *PLoS One Computational Biology*, 14(9), 15. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0221279>

7. 1. Job, R. Noise (1999) sensitivity as a factor influencing human reaction to noise. *Noise and Health* 1, 57–68

2.4 Geluidshinder: incidenteel versus structureel

Geluidshinder ontstaat doordat het onbewuste deel van onze hersenen, de hersenstam, ons bewust dwingt te luisteren naar geluid dat we liever negeren. Zinvol of niet, we moeten luisteren om te checken of er sprake is van gevaar. Gebeurt dat vaak of op momenten waarop we dat geluid absoluut niet kunnen gebruiken (tijdens onze slaap of als we aan het studeren zijn), dan raken we geïrriteerd. Uit het feit dat er negatieve emoties zijn trekt onze hersenstam helaas de conclusie dat het geluid belangrijk is. Een volgende keer verdient het geluid dus opnieuw de aandacht. En zo kunnen we steeds gevoeliger worden voor geluiden die we helemaal niet willen horen. Als dat vaak gebeurt, heb je nooit rust. Zelfs de verwachting van het geluid zorgt dan al voor stress.

Figuur 3 – De structuur van geluidsbeleving



De basisstructuur van beleving. Iedereen kent dezelfde belevingen, maar we verschillen in wat we in dezelfde situatie ervaren.

2.5 Geluidsbeleving

We kunnen geluid onderscheiden in acht belevingen. De zogeheten 'structuur van de beleving' kent twee hoofdasen. De horizontale as loopt van 'onplezierig' naar 'plezierig'; de verticale van 'druk' naar 'stil'. In het centrum bevindt zich een neutrale vorm van beleving.

Plezierig

We vinden een omgeving plezierig als er veel en makkelijk hoorbare en verwerkbare indicatoren zijn voor veiligheid. We ervaren dit als harmonie. Elk geluid heeft zijn frequentiegebied en is zonder vervorming waarneembaar. Een bos waarin veel leven is voldoet aan die kenmerken: insecten 'bezetten' de hoogste frequenties, kleine vogels maken een iets lager geluid, daaronder komen de grote vogels. Op elke frequentie valt wel wat te beleven. Niets is geheel onverwachts of vervormd. Plezierig geluid duidt op veiligheid: je mag doen wat je wilt.

Onplezierig

Onplezierig geluid is geluid dat niet-harmonisch is en moeilijk te interpreteren. De chaos, disharmonie en vervorming wijzen op onveiligheid. En dus moet je er van je hersenstam wel naar luisteren. Het liefst zouden we de geluiden willen vermijden of beëindigen.

Stil

Stilte vertelt weinig over de veiligheid. Het is meestal niet onveilig, in elk geval zijn er geen harde geluiden, die het moeilijk maken om de gehele omgeving te horen. Waarschijnlijk is het veilig, maar zekerheid is er niet. Stilte betekent dat de geluiden die de veiligheid bevestigen, zoals zingende vogels, er ook niet zijn.

's Nachts willen we graag dat het stil is, zodat we niet in onze slaap worden gestoord. Onze hersenstam blijft echter alert: we blijven luisteren of er misschien toch iets gebeurt. Wanneer het niet echt stil is, slapen we minder diep en goed. En rusten we minder uit.

Druk

Bij druk gebeurt er heel veel; het valt nog nét te overzien, maar chaos ligt op de loer. Druk is niet per se veilig of onveilig. Bij drukte zijn er vast ook anderen die de boel in de gaten houden, dus het zal wel veilig zijn. Maar drukte kan ook betekenen dat je iets belangrijks mist. Helemaal zeker weten doe je dat niet.

Kalm

De combinatie van stil en plezierig noemen we kalm. Er gebeurt meer dan wanneer het echt stil is, maar wat er gebeurt is harmonisch en goed te interpreteren: de geluiden duiden op veiligheid. Vogels die kwetteren en zingen, rustig gebabbel van huisgenoten of buren, rustige, zelfgekozen muziek. Kalm stelt ons in staat maximaal te ontspannen en de dingen te doen die we willen. In kalmte komen we tot rust en wordt ons immuun- en herstelsysteem geactiveerd.

Saai (monotoon)

Saai of monotoon is de combinatie van stil en onplezierig. Er is meer te horen dan in stilte, maar de geluiden brengen je niets en maskeren juist geluiden die je wél wilt horen. Denk aan verkeersgeruis of het geluid van een airconditioner, ventilator of warmtepomp. Onderzoek wijst uit dat je in een situatie met dit soort geluiden een beetje alert blijft en niet volledig uitrust; je immuun- en herstelsysteem wordt niet volledig geactiveerd⁸.

Levendig

De combinatie van druk en plezierig noemen we levendig. Levendigheid zoek je meestal op door je te verbinden met andere mensen of dieren. Luidere, zelfgekozen muziek zorgt ook voor levendigheid. Levendigheid is iets dat je met z'n allen creëert en bewaakt. Doordat de activiteiten vertellen dat het veilig is, kunnen mensen zich in een levendige omgeving vaak goed concentreren.

Chaotisch

De combinatie van druk en onplezierig noemen we chaotisch. Bij chaos gebeurt er veel meer dan je kunt volgen. De geluiden volgen elkaar op, voordat je ze goed hebt kunnen verwerken. En een groot deel van (ook betekenisvolle en mogelijk plezierige) geluiden wordt gemaskeerd door een of meer laagwaardige bronnen. Denk aan het 'gedender' of 'gebonk' van een festival, passerende vliegtuigen of luide scooters. Vooral een combinatie van dit alles zorgt ervoor dat er te veel gebeurt om bij te houden. Chaos gaat dan ook gepaard met een gevoel van controleverlies en dus met stress.

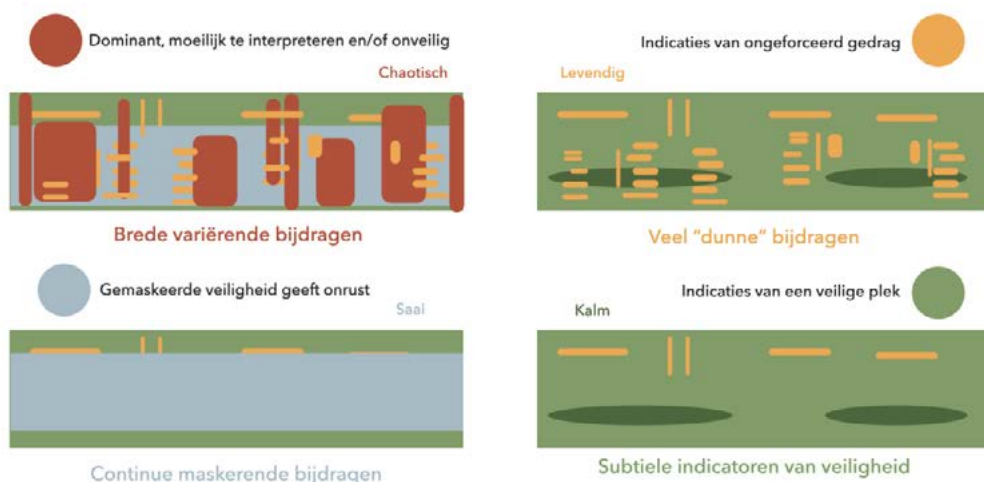
2.6 Soundscape-analyse

Geluidsanalyse op basis van de soundscape-gedachte gaat over het vaststellen van hoorbare veiligheid. Mensen (en dieren) analyseren geluid door dit te splitsen in bronnen ofwel 'percepten'. Het klinkt heel logisch dat we het gefluit van een vogel onderscheiden van spraak, een autopassage of het geluid van de airconditioning. Maar hoe mens en dier dat doen, heeft de wetenschap nog niet volledig ontrafeld. Wij hebben in de afgelopen jaren echter technologie ontwikkeld die het menselijke vermogen om geluid naar bronnen te scheiden verregaand simuleert.

Het geluid van een bron heeft altijd een structuur in tijd en in frequentie (temporele en spectrale structuur). Een geluid kent bijvoorbeeld een begin- en een eindtijd en een laagste en een hoogste frequentie. Figuur 4 laat dit zien aan de hand van gekleurde blokken. De kleuren komen overeen met de belevingen in Figuur 3.

8. Babisch, W. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise Health* 2002, 4, 1–11.

Figuur 4 – Schematische weergave van de eigenschappen van de vier geluidsomgevingen



De meeste omgevingsgeluiden zijn ruisachtig. Geluiden van levende wezens (maar ook alarmen, kerkklokken en muziek) hebben vaak een complexe tonale structuur. Ze zijn hier in geel weergegeven, als patronen van horizontale lijnen. Een deken van achtergrondgeluid (lichtblauw) en de (rode) maskerende voorgrondgeluiden zijn vervelend, doordat ze gewenste geluiden (geel en groen) maskeren.

Figuur 4 geeft voor de vier hoofdkwadranten van beleving (chaotisch, levendig, saai, en kalm) een overzicht van de typische belevingscomponenten. Groen en geel zijn bronnen die je graag wilt horen, omdat ze op een normale, hoorbare veilige situatie duiden. De groene blokken zijn doorgaans niet erg luid en van natuurlijke oorsprong. De gele blokken corresponderen doorgaans met de geluiden van levende wezens die vaak complexe patronen van tonen produceren (hier weergegeven als horizontale gele lijntjes). De blauwe en rode blokken zijn doorgaans luider en maskeren (overstemmen) de gewenste gele en groene geluiden deels of geheel.

De brede groene achtergrond en de donkergroene voorgrond vertellen je waar je bent en of het veilig is. We noemen dit de natuurlijke achtergrond van gebiedseigen geluiden.

Het blauwe vlak bij saai is een deken van min of meer stationair geluid, bijvoorbeeld van een airconditioning of een verre snelweg. Het kan ook de som zijn van alle stadsgeluiden (die 's nachts veel minder 'dik' is dan overdag). De stationaire deken maakt het moeilijk om de natuurlijke gebiedseigen achtergrond te horen en dus om vast te stellen of het veilig is.

De rode blokken zijn maskerende voorgrondbronnen die de luisteraar doorgaans niets brengen, maar het wel moeilijk maken om veiligheid vast te stellen. Denk aan passerende auto's en vliegtuigen, maar ook rammelende karretjes.

Tabel 1 – De vier geluidsomgevingen en hun eigenschappen

Chaotisch	Levendig
oogste achter- en voorgrondniveaus. Veel, complexe, gemixte, deels gemaskerde, vervormde events die het moeilijk maken om het signaal te analyseren. Hier domineren maskerende voorgrondbronnen (rood).	Hogere achter- en voorgrondniveaus veroorzaakt door meerdere events (geel). Relatief veel events met een complexe interne structuur. Maar niet te veel of te divers en altijd indicatief voor veiligheid, doordat ze verbonden zijn met ontspannen activiteiten.
Saai	Kalm
Hoger achtergrondniveau (lichtblauw) doordat stationaire niet-natuurlijke bronnen natuurlijke structuren maskeren. Weinig voorgrond	Lage achtergrondniveaus (groen) met relatief veel kleine natuurlijke structuren (donkergroen) in de voorgrond.

2.7 Signaalanalyse

Om de soundscape-analyse uit te voeren is signaalanalysetechnologie nodig. Hiermee kunnen we geluiden splitsen in eenheden die overeenkomen met de wijze waarop mensen geluid in bronnen opdelen.

Vanuit de soundscape-gedachte is de geluidsomgeving opgebouwd uit verschillende lagen. In de nacht zijn deze dunner dan overdag. 's Nachts zijn er nagenoeg alleen maar stationaire stadsgeluiden te horen: geluid van gebouwen (denk aan airco's) en industrie, het geruis van bomen en bijvoorbeeld het geluid van verkeer. Gaande de dag nemen de activiteiten – en daarmee veel geluiden – toe en worden de lagen 'dikker'. Zo leidt veel verkeer tot een onplezierige, saaie 'geluidslaag' die veel plezierige, lokale geluidjes maskeert (zie Figuur 4 linksonder). In de ochtend, zeker in het voorjaar, is er vaak een vogelkoor dat juist als plezierig en rustgevend wordt ervaren (rechtsonder). Gedurende de dag vinden er steeds meer activiteiten plaats: zoals praten, lachen en fietsen. Wanneer het aantal maskerende voorgrondgeluiden (denk aan auto's, scooters, gettoblaster en werkgeluid) sterk toeneemt, dan kan de omgeving al snel chaotisch worden (linksboven).

Volgens de soundscapetheorie gebruiken we ons gehoor om te checken of het veilig is of onveilig. Daarbij letten we op de sterkte van het geluid (harde geluiden duiden op grote bronnen en mogelijk gevaar) en de kleine, subtiele geluiden die ons vertellen of de omgeving normaal en veilig is. Als de subtiele geluiden gemaskeerd worden door luider bronnen die niet direct duiden op veiligheid (maskerend voorgrondgeluid), ervaren we in lichte mate hinder: we moeten nu bewust – in plaats van onbewust – bepalen of het veilig is. We worden gedwongen te luisteren naar iets waar we liever geen aandacht aan besteden omdat het onbewust vaststellen niet meer kan.

Doordat maskerende voorgrondgeluiden (weergegeven in rood in Figuur 4) doorgaans veel langer duren dan de veilige, subtiele geluiden, kunnen we ze dus op basis van hun temporele ontwikkeling detecteren en scheiden. Dat is de basis van één van onze methoden om hinderlijkheidsverschillen in kaart te brengen. Daarnaast hebben we een indicator ontwikkeld om vast te stellen welke bronnen bijdragen aan het karakter van een geluidsomgeving.

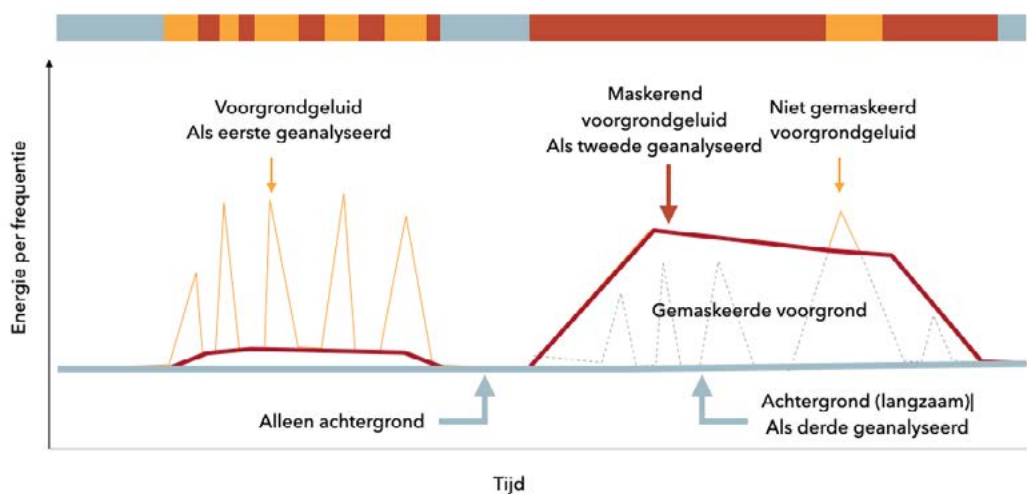
2.8 Achtergrond- en voorgrondmodellen

In onze analyse scheiden we geluid op basis van de duur en de mate waarin de geluidsniveaus in de tijd veranderen.

We doen dat op een wijze die aansluit bij Figuur 4 en tabel 1. De technische uitdaging is een scheiding te maken op basis van signaaleigenschappen, zodat we het signaal kunnen splitsen in verschillende 'lagen'. Dit is weergegeven in Figuur 5. Dit is een schematische doorsnede van één frequentiekanaal (bijvoorbeeld bij 1.000 Hz) in de plaatjes van Figuur 4.

De snelle veranderingen zijn in donkergeel aangegeven, omdat ze vaak overeenkomen met levendigheid. De wat langzamere componenten, bijvoorbeeld auto- of vliegtuiggeluid, zijn in rood aangegeven, omdat die een groot deel van de levendige voorgrond maskeren. Zij vormen het maskerende voorgrondgeluid dat het moeilijker maakt om de gewenste geluiden in de omgeving te horen. In het blauw is de (saaie) stadse achtergrondruis weergegeven.

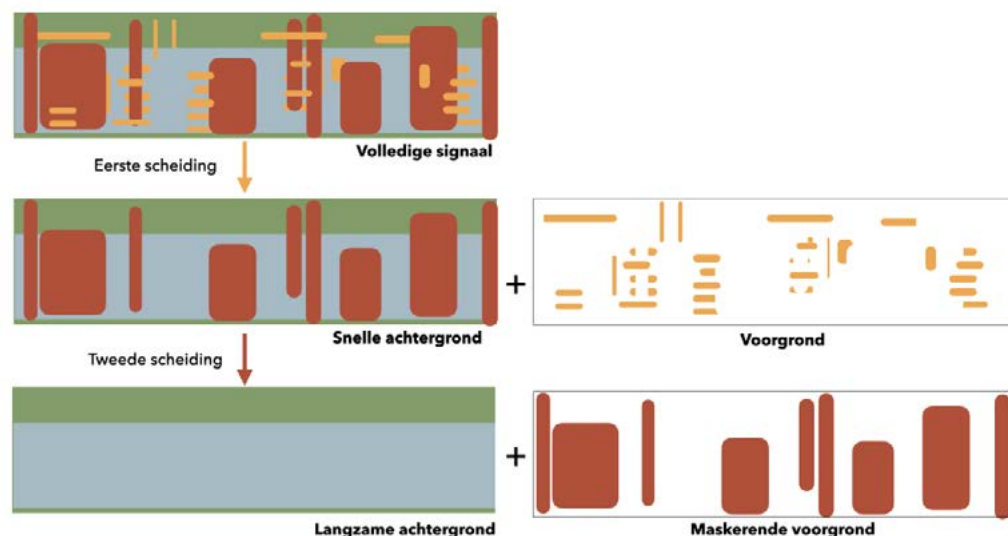
Figuur 5 – Hoe scheiden we geluid in componenten?



We halen eerst de snelle (gele, vaak levendige) componenten uit het signaal, bijvoorbeeld spraak, en analyseren deze. Daarna halen we de langzamere (rode) componenten uit het signaal die het moeilijk maken om levendigheid en kalmte vast te stellen. Dit is het maskerend voorgrondgeluid van bijvoorbeeld een passerend vliegtuig. Tot slot blijft er een langzaam veranderend achtergrondgeluid over (blauw) dat we als laatste analyseren. Bovenaan geeft de gekeurde balk een samenvatting van wat er te horen is; dit is een horizontale doorsnede van het chaotische paneel in Figuur 4.

In onze analyse halen we eerst de snelle verandering (donkergeel, alles sneller dan 1 seconde) uit het cochleogram en daarna langzamere veranderingen (donkerrood, alles sneller dan 1 minuut) zodat we uiteindelijk alleen nog de achtergrond (vooral blauw, alles langzamer dan 1 minuut) overhouden. Wanneer we de achtergrond, rood en geel weer bij elkaar optellen krijgen we het oorspronkelijke signaal terug. Dit is weergegeven in Figuur 6.

Figuur 6 – Schematische weergave van de soundscape-analyse



Startend vanuit het chaotische voorbeeld in Figuur 4 scheiden we eerst de snelle (levendige) componenten die we de voorgrond noemen. We houden dan alleen de langzamere componenten over (tweede paneel links) in het snelle achtergrondmodel. Vervolgens doen we een tweede scheiding waarbij we het signaal onderverdelen in een maskerende voorgrond en een langzame achtergrond.

De analyse leidt dus tot een scheiding in diverse achtergrondlagen, in combinatie met geïsoleerde geluiden (voorgond), die elk andere informatie bevatten met betrekking tot de beleving van de veiligheid.

Volledig signaal - Start van de analyse	
<p>Snelle achtergrondgeluiden</p> <p>Bevat de achtergrond en de maskerende bronnen, zoals passerende scooters, auto's en vliegtuigen. Hoe hoger het geluidsniveau van snelle achtergrondgeluiden, hoe onplezieriger het aanvoelt.</p>	<p>Voorgrondgeluiden</p> <p>Bevat de snelle, typisch levendige, geluiden, zoals spraak, fietsbel, auto's, vogels. Hoe meer hier gebeurt, hoe drukker het voelt.</p>
<p>Langzame achtergrondgeluiden</p> <p>Bevat de stadruis (verkeer op afstand, airconditioners) en de natuurlijke achtergrond zoals wind). Hoe hoger het niveau van niet-natuurlijke ruis, hoe monotoner (saaier) het aanvoelt.</p>	<p>Maskerende voorgrondgeluiden</p> <p>Bevat passerende scooters, auto's en vliegtuigen. Hoe meer maskerende voorgrondgeluiden, hoe chaotischer het aanvoelt.</p>

2.9 Geluidsherkenning

Door steeds meer individuele voorgrondgeluiden uit het omgevingsgeluid te halen, doen we al aan bronnscheiding. Door de geïsoleerde geluiden in de voorgrond nader te analyseren, checken we of ze voorbeelden van een bepaalde bron zijn. Geluidsbronnen verspreiden hun energie namelijk op een kenmerkende wijze over het tijd-frequentievlak. Dat zorgt ervoor dat het geluid van een viool heel anders is dan dat van een fluit of spraak of het geluid van een vliegtuig. Het isoleren van geluid zorgt ervoor dat al deze geluiden herkend kunnen worden. Een vliegtuigpassage bijvoorbeeld duurt zo'n dertig seconden en heeft veel lage frequenties, veel ruis en doorgaans weinig tonen, terwijl er eigenlijk geen geluid is boven de 5.000 Hz (hoe verder weg het vliegtuig, hoe minder goed de hoge frequenties ons bereiken). Scooters daarentegen hebben een snerpnd geluid, doordat ze ook veel energie bij hoge tonen hebben en dichtbij langskomen. En een scooterpassage is doorgaans veel korter van duur. Vliegtuigen, scooters, en ook auto's zijn maskerende voorgrond bronnen (en daarom in de figuren als rood gemarkeerd).

In de analyse gebruiken we de eigenschappen van de geïsoleerde 'voorgondevents' om vast te stellen welke bronnen er zijn.

2.10 Tot slot

Soundscape-analyse is een complexe aangelegenheid, waarvan we langzamerhand steeds meer begrijpen. Stap voor stap ontwikkelen we de instrumenten waarmee we de geluidsomgeving kunnen analyseren en begrijpen. In hoofdstuk 3 laten we zien hoe we deze instrumenten kunnen gebruiken om verschillende geluidsomgevingen in Aalsmeer te analyseren.

VOORBEELDCASE: DE GELUIDSOMGEVING IN STOMMEER

Om te bepalen welke maatregelen de geluidsomgeving verbeteren, is het nodig om eerst voldoende goed inzicht te hebben in de beleving ervan. In dit hoofdstuk laten we aan de hand van een case zien hoe we de beleving van de geluidsomgeving in kaart kunnen brengen: we voerden een proefproject uit in de Aalsmeerse wijk Stommeer. Deze wijk ligt dichtbij Schiphol, direct onder de Aalsmeerbaan. De wijk ondervindt veel geluid van zowel dalende als opstijgende vliegtuigen. Maar dat is niet het enige. In de perioden dat er geen vliegtuigen passeren, is er nog voldoende ander geluid te horen. Kortom, een uitstekende locatie voor ons onderzoek.

Welke aspecten bepalen nu hoe mensen geluid beleven? Deze vraag staat centraal in ons onderzoek. We brachten de geluidsbeleving in beeld voor een aantal locaties in de wijk met als doel :

- Het verkrijgen van inzicht in de bijdragen van de verschillende geluidsbronnen aan de geluidsbeleving.
- Het ontwikkelen van een maat om de geluidsbeleving (en vooral de hinderlijkheid) van een locatie eenvoudig inzichtelijk te maken.
- Het meetbaar en daarmee inzichtelijk maken van de effecten in de geluidbeleving van het zogenaamde geluidsadaptief bouwen .

De resultaten moeten ons handvatten bieden om de kwaliteit van leven in Stommeer aanzienlijk te verbeteren door gerichte maatregelen in de geluidsomgeving.

3.1 Onderzoeksaanpak en meetlocaties

Op drie plekken in Stommeer brachten we een week lang geluiden in kaart: welke geluiden in de wijk zijn doorgaans aangenaam, zoals de geluiden van vogels, bewoners en fietsers? En welke veroorzaken gemakkelijk hinder, denk aan de geluiden van scooters, auto's en vliegtuigen? We detecteerden hiertoe zogeheten *samenhangende events*: geluiden die door mensen als één geheel worden ervaren, zoals vliegtuig- of autopassages, het geruis van verkeer op afstand en het gekwetter van vogels.

Op drie plekken voerden we in 2020 metingen uit:

- Proefstation Linnaeuslaan (locatie 1). Hier voerden we metingen uit over twee perioden:
 - van 26 oktober tot 2 november op vier locaties rondom het pand (noord, oost, zuid, west)
 - van 5 november tot 12 november op twee locaties rondom het pand (noord en west)
- Fietspad Ophelialaan (locatie 2)
 - van 9 november tot 12 november
- Begraafplaats Aalsmeer (locatie 3)
 - 19 november tot 26 november

Onze locatiekeuzen maakten we aan de hand van de volgende overwegingen:

- We wilden zoveel mogelijk verschillende geluidsomgevingen meten.
- Het winkeldeel van de Ophelialaan bood de meeste kans op een levendige of chaotische geluidsomgeving.
- Omdat vliegtuigeluid nu eenmaal een prominente hinderbron is voor de wijk, wilden we geluidsdata verzamelen op verschillende afstanden van de vliegpaden.
- Om de kansen te verkennen voor het realiseren van een (nieuwe) geluidsbewuste omgeving, wilden we in elk geval ook een locatie in het onderzoek betrekken die zich hiervoor leent. Deze overweging leidde tot de keuze voor het proefstation.



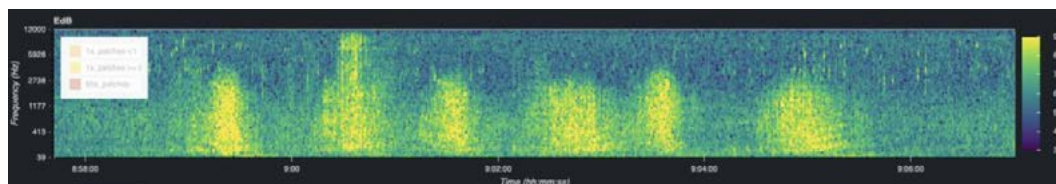
Situatieschets Stommeer. De Ophelialaan bevindt zich 250 m verder van de vliegroute dan het proefstation.

3.2 Visuele weergaven van de geluidsomgevingen

Het principe van de soundscape geluidsanalyse is schematisch aangegeven in paragraaf 2.7.

In de analyse van de opnamen maken we gebruik van een cochleogram: dit laat (net als een spectrogram⁹) zien hoe de frequentie-inhoud van een geluid zich in de tijd ontwikkelt. We noemen ons 'spectrogram' een cochleogram, omdat de visuele weergave is gebaseerd op de geluidsanalyse in ons binnenoor (de cochlea).

Figuur 7 – Cochleogram van circa tien minuten met zes vliegtuigpassages

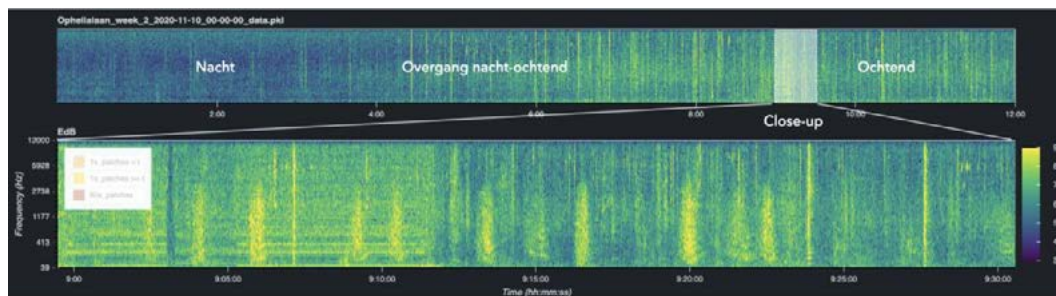


De verticale as geeft de frequentie weer (tussen 39 en 12.000 Hz). De kleur geeft de hoeveelheid energie aan per frequentie: blauw is weinig energie en geel veel energie. Gedurende de tweede vliegtuigpassage passeerde er iemand met een kruiswagen. Daarom lijkt de tweede 'blob' anders dan de overige vijf.

Figuur 8 toont bovenin een halve dag en in het onderste paneel een close-up van een half uur. Deze close-up laat zien hoe een geluidsomgeving zich gedurende 10 minuten ontwikkelde (met een resolutie van 1 seconde; elke seconde levert een nieuwe set waarden op). De frequenties zijn logaritmisch verdeeld tussen 39 Hz en 12.000 Hz (ongeveer zoals bij het oor). De kleur duidt op de hoeveelheid energie: hoe geleler, hoe hoger de energie, hoe blauwer, hoe lager de energie. De waarden zijn in het gebied gebracht van de standaard dB(A), maar zijn hiermee niet direct te vergelijken¹⁰.

9. We maken geen gebruik van de Fourier-Transformatie, omdat dit leidt tot voorkeursfrequenties op basis van een keuze van de venstergrootte. Een cochleamodel kan een veel vloeiender weergave van een signaal geven dat beter aansluit bij de fysica van de bron, zonder aannames te doen over het signaal.
Zie Andringa, T. C. (2002). Continuity Preserving Signal Processing. Dissertation University of Groningen. University of Groningen, Groningen.
10. De standaard dB(A)-schaal vervult een aantal functies die niet overeenkomen met de wijze waarop een cochleogram werkt. dB(A) is een gewogen som over alle frequenties waarvan een logaritme genomen is, terwijl een cochleogram als log-energie per frequentiepunt is gedefinieerd die je niet zomaar kunt optellen om dB(A) te berekenen. Kortom, er zijn verschillende manieren om luidheid te bepalen. dB(A) doet dat anders dan in het cochleogram.

Figuur 8 – 12-uurs cochleogram van de Ophelialaan (bovenin) en close-up van 9.00 – 9.30 uur (onderin).



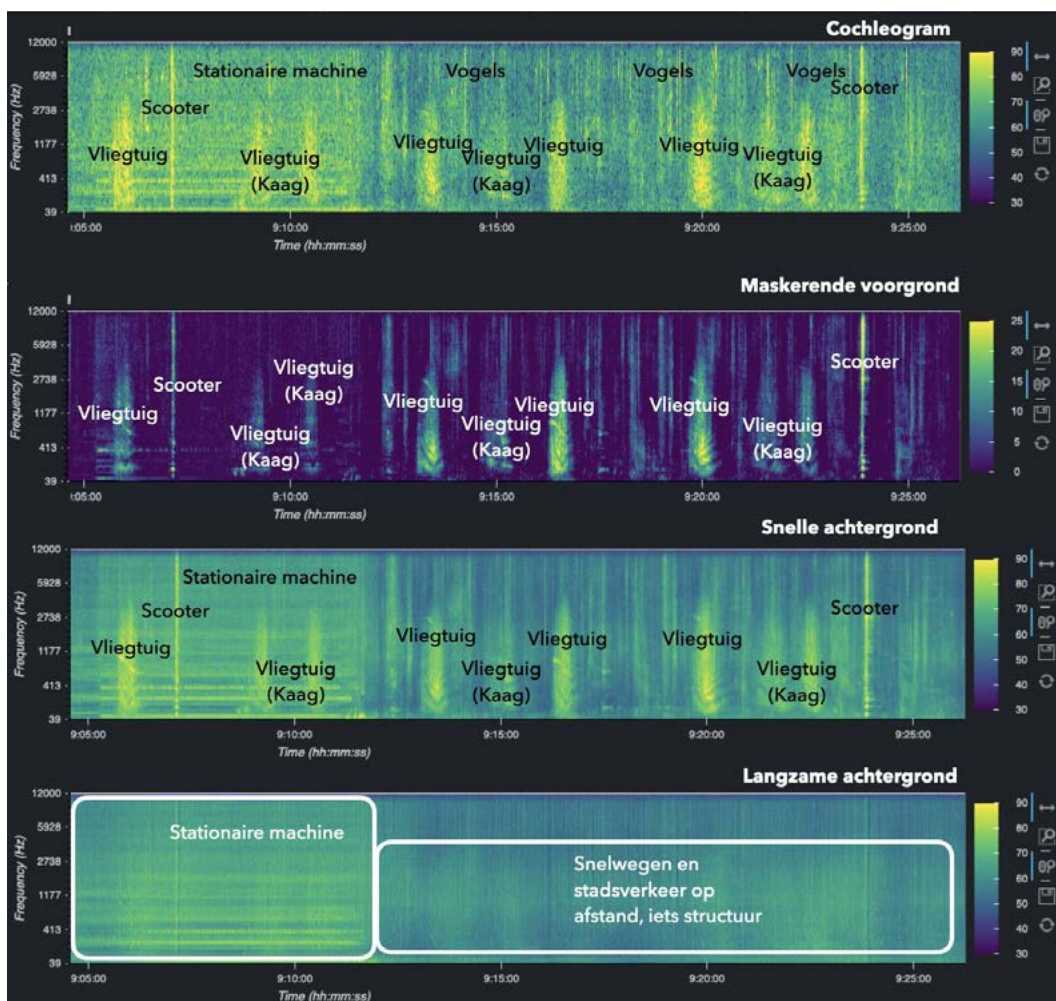
In de close-up is van alles te zien, maar de analyse van een cochleogram is niet eenvoudig. Vandaar dat we de scheidingstechnieken die beschreven zijn hoofdstuk 2 (zie paragraaf 2,7) inzetten om meer structuur aan te brengen.

In Figuur 9 is hetzelfde cochleogram te zien als in Figuur 8 onderin, maar nu met een aantal analyses. Bovendien zijn verschillende bronnen aangegeven die in de verschillende representaties al dan niet te zien zijn. Het gaat hier vooral om het detecteren van de maskerende voorgrond. In het bovenste paneel zitten alle lagen over elkaar heen, waardoor het soms moeilijk te zien is waar elk geluid begint en eindigt.

In het tweede paneel is de maskerende voorgrond aangegeven. Hier is een aantal bronnen goed zichtbaar, vooral de scooters en de vliegtuigen. Het derde paneel geeft de snelle achtergrond weer. Dit geeft een veel rustiger beeld dan het cochleogram in het bovenste paneel, doordat de snelle geluiden, zoals spraak en geluiden van vogels en autodeuren, hieruit gefilterd zijn.

Wel zichtbaar zijn de vliegtuigen en de scooters. Er zijn zowel vliegtuigen te zien van de Aalsmeerbaan als van de Kaagbaan. De met 'Kaag' gemarkeerde vliegtuigpassages zijn minder luid en hebben wat minder hoge frequenties doordat ze verder weg vliegen. Wanneer ze in de maskerende voorgrond zichtbaar zijn, zijn ze ook hoorbaar.

Figuur 9 – Nadere analyse van een ochtend aan de Ophelialaan met op het gehoor vastgestelde bronnen



Het onderste paneel laat de langzame achtergrond zien: geluidsbronnen die langer dan een minuut constant zijn. Aan het begin van het fragment draaide een behoorlijk luide pomp stationair (die niet zichtbaar is in de maskerende voorgrond omdat het veel langer dan een minuut duurde). Een mooi voorbeeld dat laat zien dat achtergrondgeluid ook storend kan zijn. Rond 9.12 uur stopte de pomp en werd de achtergrond gedomineerd door vooral verkeer op afstand (onder andere via auto's, in intervallen gereguleerd via stoplichten).

Het is duidelijk dat de verschillende soundscape-lagen andere dingen laten zien. Het cochleogram toont alle geluiden en is daarom moeilijk te interpreteren. Het tweede paneel van Figuur 9 laat allerlei geluiden zien die gemakkelijk ongewenste aandacht trekken: vliegtuigen, scooters en auto's. Het onderste paneel laat stationair draaiende machines zien, verkeer op afstand, maar ook regenbuien. Individuele passages, vogels of spraak ontbreken echter.

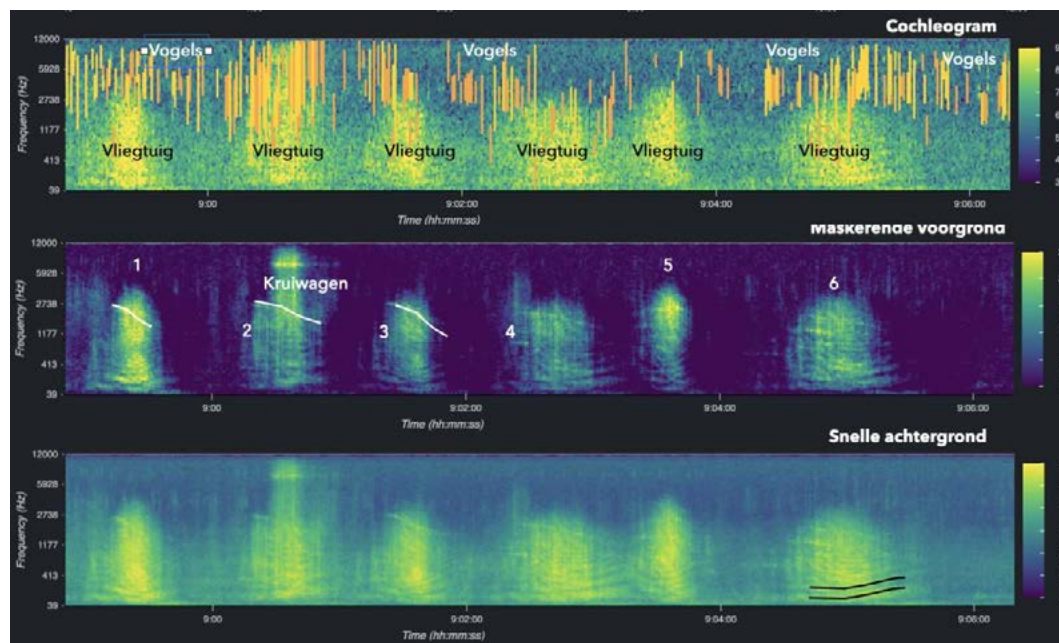
De achtergrond is nadere bestudering waard, zeker als deze vrij prominent aanwezig is. In dit onderzoek hebben we ons vooral gericht op maskerende voorgrondgeluiden en de verschillen tussen verschillende locaties. Het onderzoek van de achtergrond is niet eenvoudig omdat de hele omgeving daaraan bijdraagt en weer en wind een sterke invloed hebben. Om het goed te doen zijn opnamen van veel langere duur nodig dan beschikbaar.

3.3 Individuele vliegtuigpassages

Vliegtuigen veroorzaken een breed spectrum aan geluid. Doordat geluid met hoge frequenties meer geabsorbeerd wordt door de atmosfeer, zijn op afstand vooral de lage tonen goed hoorbaar. Hoe groter de afstand, hoe minder hoge tonen. De afstand van de woningen in Stommeer tot de Aalsmeerbaan en de Kaagbaan varieert. En daarmee ook de mate waarin hoge geluiden hoorbaar zijn. Niettemin: op de grond is vooral vliegtuiggeluid onder de 4.000 Hz hoorbaar als een breedbandige ruis, met hier en daar smalbandige (tonale, min of meer horizontale) structuren.

In Figuur 9a zijn de zes vliegtuigpassages op verschillende wijze weergegeven: het cochleogram toont het totaalbeeld, daaronder de maskerende voorgrond en daaronder de snelle achtergrond. In het cochleogram hebben we ook aangegeven wanneer en rond welke frequenties er veel vogels te horen waren (geel duidt op nabije, individuele vogels en oranje op vogels op enige afstand. Dit is een 'samenvatting' van wat er allemaal in een seconde gebeurt, want individuele vogelgeluiden zijn te kort om hier goed zichtbaar te zijn.

Figuur 9a – Zes vliegtuigpassages in acht minuten bij de begraafplaats



Er zijn verschillen tussen de vliegtuigen. De passages 1, 3 en 5 duren relatief kort en zijn mogelijk iets dichterbij. De passages 2, 4 en 6 duren langer. De eerste drie passages laten een neergaande toon zien die te maken heeft met het Dopplereffect. De meeste passages laten bij lage frequenties horizontale structuren zien (aangegeven rechtsonder) die het gevolg zijn van reflecties via de grond. Mensen zijn hier niet gevoelig voor.

Een vliegtuig passeert in ongeveer een halve minuut; de passages zijn dus goed terug te zien in de maskerende voorgrond. Figuur 9a toont een opname van acht minuten. Ruwweg om de minuut komt er een vliegtuig langs. Het is opmerkelijk dat de vliegtuigen de meeste vogelgeluiden niet maskeren. Dat komt door het geluidsniveau en de toonhoogte: de frequentie van vogelgefluit is hoger dan dat van vliegtuiggeluid. Wie zijn aandacht op de vogels richt, ondervindt dus minder hinder van de vliegtuigen. Vogels kunnen daarmee deels de herrie compenseren van passerende vliegtuigen.

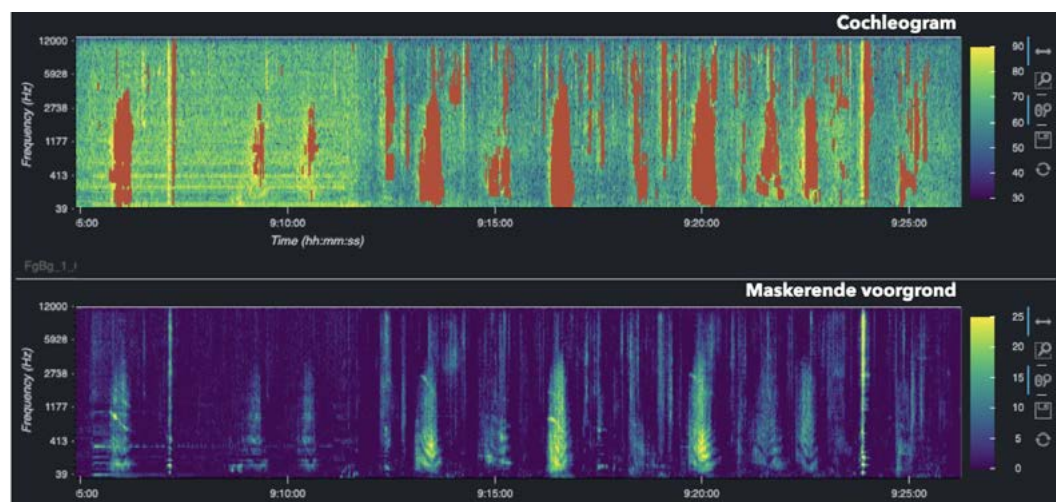
Wat ook opvalt, is dat vliegtuigen vrij divers zijn in het geluid dat ze voortbrengen. Passage 1, 3 en 5 zijn relatief kort, maar verschillen in klankkleur. Zo heeft de eerste passage bij 500 en 2.000 Hz veel meer energie dan de derde passage. En de vijfde passage heeft vooral veel energie rond 2.000 Hz. En vooral de eerste drie passages laten een duidelijke toon zien die door het Doppler-effect¹¹ van hogere naar lagere frequentie zakt.

Op dit moment weten we niet welke eigenschappen van de passages vooral voor hinder zorgen. Het kan zijn dat juist de passages 1 en 5, met veel energie rond 2.000 Hz, meer aandacht trekken doordat ze veel energie hebben rond de 2.000 Hz. Dit is namelijk ook voor onze spraak een belangrijke frequentie. Het is dan ook zinvol om nader onderzoek te doen naar de aspecten van het signaal die het meest aandachttrekkend zijn. Op basis hiervan kunnen we adviezen geven om hinder te beperken, zonder de noodzaak om minder te vliegen.

3.4 Bronherkenning

Bronherkenning in normale geluidsomgevingen is technisch en wetenschappelijk nog niet volledig opgelost. Er zijn wel automatische systemen die in *bepaalde* situaties goed en bij *bepaalde* geluiden goed werken (zoals spraakherkenning), maar er bestaan geen automatische systemen die overal en bij alle geluiden blijven functioneren. De meeste technieken maken gebruik van kunstmatige intelligentie¹². In ons geval maken we vooral gebruik van signaalanalyse die geïnspireerd is op het menselijke auditieve systeem en de menselijke wijze van perceptie, in combinatie met kennis over fysica van de bron. De signaalanalyse leidt tot samenhangende gebieden, gekleurde “vlekken” in het cochleogram, die doorgaans goed overeenkomen met individuele percepten bij mensen. Figuur 10 geeft in het rood de gebieden weer die voldoen aan de eisen van maskerend voorgrondgeluid. De meeste samenhangende gebieden komen een-op-een overeen met een bron, zoals een vliegtuig of scooter. Soms komt een groepje rode gebieden samen overeen met een bron en soms bestaat een rood gebied uit bijdragen van meerdere bronnen.

Figuur 10 – Maskerende voorgrondgeluiden



In het bovenste paneel (met hetzelfde cochleogram als in Figuur 9) zijn de posities gemarkeerd van de maskerende voorgrond. Dit zijn de gebieden waarbij de maskerende voorgrond boven een grenswaarde komt (van 6 dB). Luidheid kan worden vastgesteld in het bovenste paneel, hoorbaarheid in het onderste paneel.

11. Het Dopplereffect zorgt ervoor dat een bron die (snel) naar je toekomt hoger klinkt en een bron die van je af gaat juist lager klinkt. Des te groter de snelheid, des te groter het effect. Bij vliegtuigen is het effect dus veel groter dan bij auto's en scooters. We kunnen dit effect gebruiken om bronnen te classificeren op basis van snelheid.
12. Geluidsherkenning wordt tegenwoordig vooral gedaan met big data-technieken en zogenaamde deep learning. Het voordeel hiervan is dat je niet zo veel hoeft te weten over geluid. Het nadeel is dat er heel veel trainingsdata nodig zijn en dat het systeem vervolgens niet kan aangeven waarom het een bepaalde bron heeft gedetecteerd. In de SoundAppraisal-aanpak is vooral kennis over de geluidsverwerking en de bron nodig. Het systeem vertelt vervolgens precies welke eigenschappen de bron heeft.

Om tot brondetectie te komen, gaan we van alle rode gebieden na of ze aan de eisen van de bron voldoen. Voor vliegtuigen kunnen bijvoorbeeld de volgende criteria gelden:

- Minimum en maximum duur (respectievelijk 20 en 60 seconden)
- Minimum en maximum frequentie (tussen de 100 en 4.000 Hz)
- Maximaal energiegebied (tussen 200 en 800 Hz)
- Maximale cochleogram-energie (minimaal 67 dB)
- Maximale waarde in de maskerende voorgrond (minimaal 10 dB of 20 dB)

In deze pilot hebben we relatief weinig aandacht besteed aan het optimaliseren van de detectoren.

Detecties en detectieaantallen zijn in dit project daarom indicatief.

We hebben niet alleen detectoren gemaakt van scooters en vliegtuigen, maar ook (primitieve) detectoren voor zangvogels en activiteiten. De geluidsduur van deze bronnen is veel te kort om in de visualisaties die we hier gebruiken zichtbaar te maken. Het principe is echter hetzelfde, maar op een tijdschaal die 100 keer zo klein is. Bij zangvogels zoeken we tonen rond de 4.000. We nemen aan dat alle tonen boven de 4.000 Hz van vogels komen. Dat maakt deze detector voldoende betrouwbaar; er treedt zelden verwarring op.

De detector voor “activiteiten” (zoals spraak en geroezemoes) zoekt rond de 500 Hz naar tonale structuren. De activiteiten klasse is heel divers en het omvat niet alleen spraak en geroezemoes, maar ook rammelende karretjes, blaffende honden, kraaien en andere dagelijkse geluiden. Vandaar de wat vage term ‘activiteiten’. Een groot deel hiervan is eerder levendigheid dan storend.

3.5 Hoorbare versus luide bronnen

Er is een verschil tussen luidheid en hoorbaarheid. Erg hoorbare bronnen steken ver (meer dan 20 dB) boven de achtergrond uit. Dat is vast te stellen op basis van de waarden (kleuren) in de maskerende voorgrond. Luidheid daarentegen is vast te stellen op basis van de kleur in het cochleogram. Als er veel achtergrondgeluid is, hoeft een luide bron niet erg hoorbaar te zijn en omgekeerd, wanneer het erg stil is kan een niet erg luide bron toch storend hoorbaar zijn.

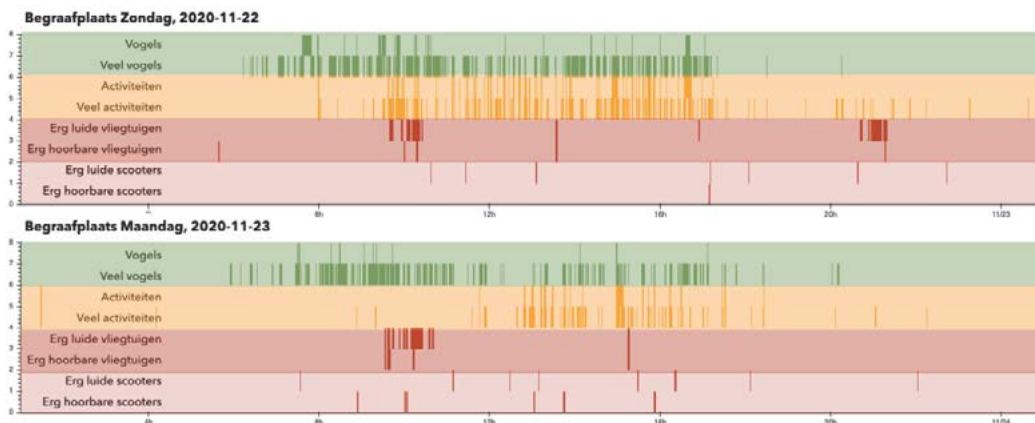
Dit onderscheid is belangrijk omdat het te maken heeft met de twee vormen van geluidsgevoeligheid: luide geluiden of afwijkende geluiden (zie sectie 2.2). 's Nachts kan een goed hoorbaar geluid zo afwijkend zijn dat je er wakker van wordt, ook als het niet zo hard is. Vooral als het geluid erg betekenisvol is (zoals ouders weten over de geluiden van hun baby).

We maken daarom onderscheid tussen twee soorten stoorbronnen: luide en hoorbare. Zo kan een vliegtuig van de Kaagbaan (verder weg dan de Aalsmeerbaan) overdag niet zo opvallen, maar 's nachts wel. Het geluid is weliswaar niet heel luid, maar wel goed hoorbaar. Overigens kan een bron zowel luid als hoorbaar zijn en is dan extra prominent.

Bij geluidshinder gaat het vooral om de vraag hoe goed een individu een bron kan negeren. Hoe luider en hoe hoorbaarder de bron, hoe moeilijker deze is te negeren. Doordat mensen verschillen en ook het tijdstip invloed heeft, is het niet mogelijk om objectieve grenzen aan te geven als het gaat om de luidheid en hoorbaarheid. Wat we wel kunnen doen is ervoor zorgen dat de kans om naar iets te moeten luisteren kleiner wordt naarmate de luidheid en/of de hoorbaarheid lager wordt.

We kunnen dit goed laten zien aan de hand van onze vliegtuigdetectoren. Van alle meetlocaties ligt de begraafplaats het dichtst bij de route van en naar de Aalsmeerbaan. We hebben onze vliegtuigdetectoren dan ook op deze locatie afgestemd. Hier missen we bijna geen vliegtuigen en zijn bijna alle passages erg luid

11 – Bronnen bij de begraafplaats



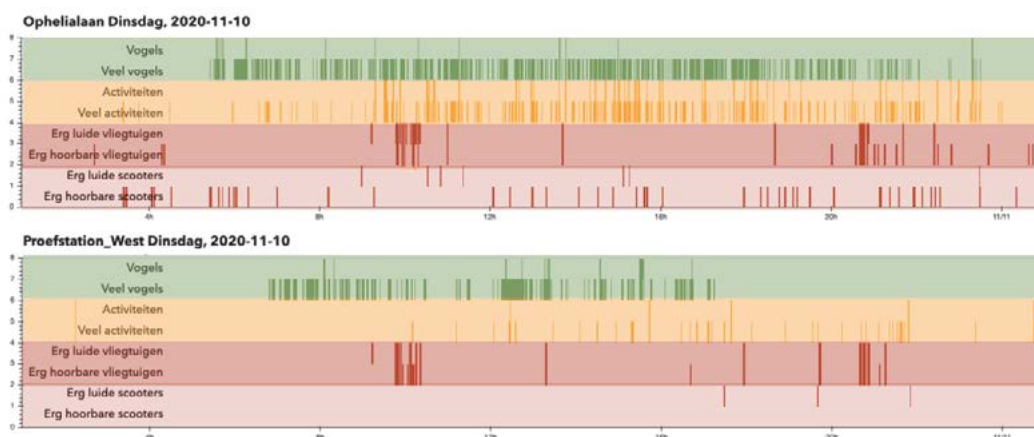
De vliegtuigpassages zijn hier allemaal erg luid. Op zondag zijn er twee perioden van ongeveer 45 minuten waar er veel luide vliegtuigen langskwamen, op maandag werd er alleen in de ochtend gevlogen. Vooral op zondag, waren er ook veel activiteiten. Op zondag zongen er (mogelijk door het weer) vaker vogels dan op maandag. Er zijn weinig passerende scooters te horen, doordat de microfoon op een parkeerplaats vrij ver van de weg stond.

Figuur 11 laat duidelijk zien dat er gevlogen wordt in blokken: op zondag in de ochtend en avond en op maandag alleen in de ochtend. De begraafplaats wordt overdag veel bezocht (en op zondag nog meer). Dat zien we terug onder de noemer 'Activiteiten'. Deels hebben die geluiden te maken met het onderhoud van de begraafplaats door het personeel. Vogelzang is afhankelijk van het weer (en jaargetijde natuurlijk) en kwam meer voor op zondag dan op maandag. Vooral op zondag aan het eind van de middag was er veel vogelgeluid.

De Ophelialaan en het Proefstation liggen verder weg van het vliegpad van de Aalsmeerbaan en wat dichterbij de Kaagbaan. We verwachten daarom dat er minder luide vliegtuigen langskomen, maar wellicht wel wat meer hoorbare vliegtuigen als het 's avonds en 's nachts stil is. De vliegtuigen van de drukke Kaagbaan vallen dan extra op doordat het niveau van het omgevingsgeluid laag is.

Het meetpunt aan de Ophelialaan stond schuin tegenover de Albert Heijn, vlak naast een druk fietspad en dicht bij een parkeerplaats. Het is er relatief druk. We hebben deze plek vergeleken met de beschutte westzijde van het Proefstation om het effect van geluidsbewust bouwen in kaart te brengen. En van beide plekken hebben we metingen van dezelfde dagen, zodat een directe vergelijking mogelijk is. Figuur 12 geeft de resultaten door voor een willekeurige dag, in dit geval een dinsdag.

Figuur 12 – Ophelialaan en de Westzijde van het Proefstation (dinsdag)



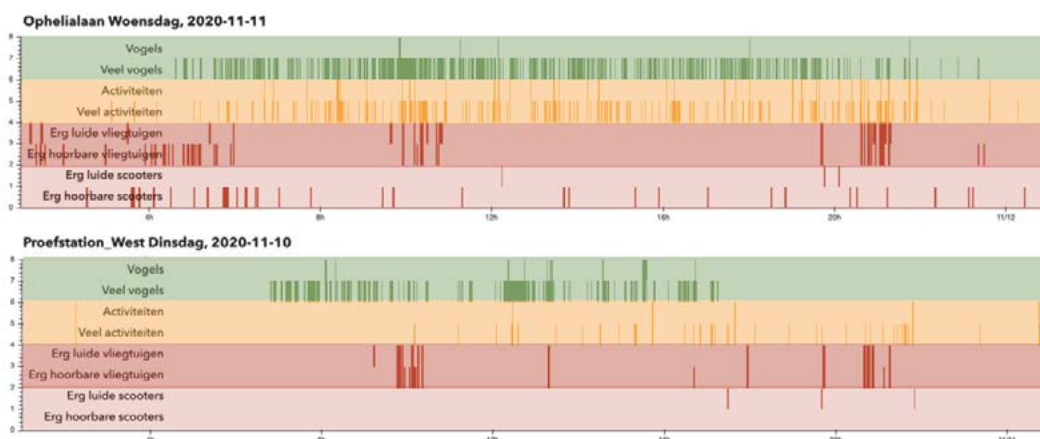
Wat opvalt is dat het er bij het proefstation minder luide vliegtuigen worden gedetecteerd en dat er op hetzelfde moment relatief meer hoorbare vliegtuigen worden gedetecteerd. Dat houdt een verschuiving in van erg luid (en erg hoorbaar) naar alleen erg hoorbaar. Dat is een verbetering. En wat ook opvalt is dat er aan de Ophelialaan veel meer erg hoorbare vliegtuigen zijn buiten de normale Aalsmeerbaan vliegtijden. Dat zijn hoorbare passages van, vooral, de Kaagbaan. De architectuur van Proefstation West beschermt hier tegen.

Bij de Ophelialaan valt het aantal hoorbare scooters op; de microfoon hing naast het fietspad, dicht bij de bron. Je hoort de luide scooters echter al van verre aankomen. De meeste zijn niet heel erg luid, maar zeker elk half uur passeert er wel een die goed hoorbaar is. Het stooreffect daarvan lijkt vergelijkbaar met dat van de overkomende vliegtuigen. Ze dragen dan ook bij aan een onrustige, chaotische en incidenteel storende omgeving.

De spreiding van het aantal activiteiten over de dag is ook veel groter bij de Ophelialaan. Het geluid is al vroeg op de dag aanwezig en gaat tot laat door. Bij het Proefstation is er vooral geluid tijdens de kantoortijden (in het Proefstation bevindt zich een aantal bedrijven).

Opmerkelijk is dat het aantal vogels bij de Ophelialaan ook veel groter is dan bij het Proefstation en dat ze ook in de avond en 's nacht zingen. Wellicht kunnen ze door de verlichting en de drukte niet zo goed slapen.

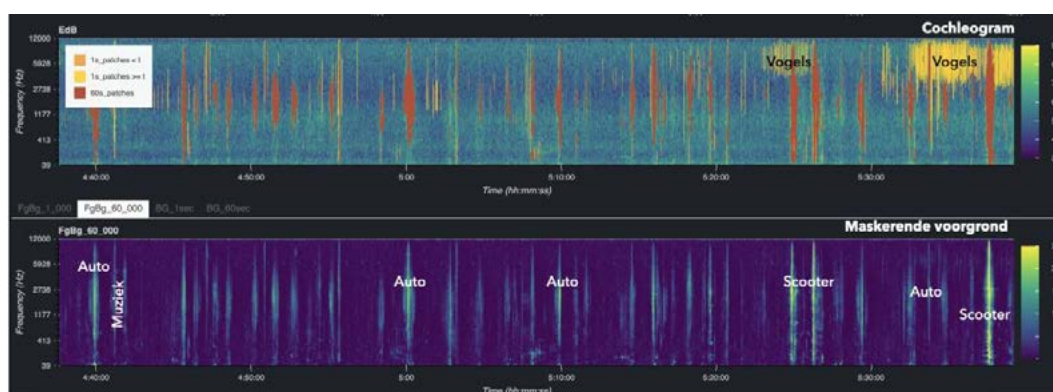
Figuur 13 – Ophelialaan en de westzijde van het Proefstation (woensdag)



Op woensdag wordt dit algehele beeld bevestigd (figuur 13). Bij de Ophelialaan is er in de nacht een flink aantal hoorbare vliegtuigpassages dat aan de detectiecriteria voldoet. Bij het meetpunt aan de westzijde van het Proefstation is er een geheel ander beeld. Zowel luide als hoorbare vliegtuigen voldoen minder vaak aan de detectievoorwaarden. Dat duidt op de potentie van geluidsadaptief bouwen.

Opnieuw wordt duidelijk dat er aan de Ophelialaan van alles meer te horen valt: meer vliegtuigen (luide en hoorbare), meer hoorbare scooters, veel meer activiteiten en ook veel meer vogels. De Ophelialaan is een levendige en soms een chaotische plek (met veel verkeer en vliegtuigpassages). Het is er zelden langdurig stil. De drukte begint al vroeg. Vooral een aantal auto- en scooterpassages is erg hoorbaar, dat kan bijzonder hinderlijk zijn, vooral voor wie graag met een open raam slaapt (figuur 14).

Figuur 14 – De late nacht aan de Ophelialaan

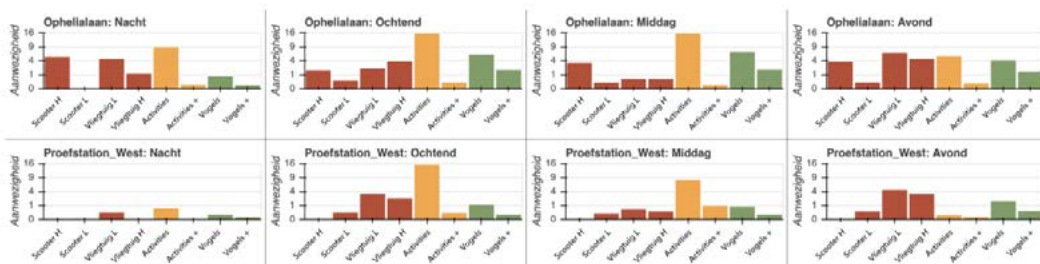


Elke tien à twintig minuten komt er hoorbaar verkeer langs. In het midden van de nacht gebeurt dit minder vaak, maar nog altijd meerdere keren per uur.

3.6 Bronnen vergelijking van de drie locaties

Wanneer we op basis van de beschikbare brondata aangeven welke fractie van de tijd de verschillende bronnen hoorbaar zijn worden de verschillen tussen de drie locaties duidelijk zichtbaar.

Figuur 15 – Overzicht van de verschillen tussen de Ophelialaan en het Proefstation West.



Vergelijking van dezelfde dagen van de Ophelialaan en de Proefstation West. De hoogte van elke blokje geeft aan wat de procentuele bijdrage is van de bron. De hoogte van de blokjes gaat in steeds grotere stappen: van 1 naar 4, 9, 16 en 25 %. Dat houdt in dat kleine verschillen in blokhoogte met aanzienlijke relatieve verschillen overeenkomen. We maken steeds onderscheid tussen twee varianten van de bron; de tweede variant is “meer” of “luider” dan de eerste variant. Het betreft dezelfde dagen, de twee locaties zijn dus eerlijk te vergelijken.

De Ophelialaan heeft de hele dag van alles “veel”. Ook tijdens de nacht zijn er veel hoorbare scooters (scooters_1), veel hoorbare en zelfs luide vliegtuigen, veel activiteiten en zelfs relatief veel vogels. De nachten bij het proefstation zijn daarentegen relatief stil. Gedurende de hele dag zijn er aan de Ophelialaan veel meer activiteiten.

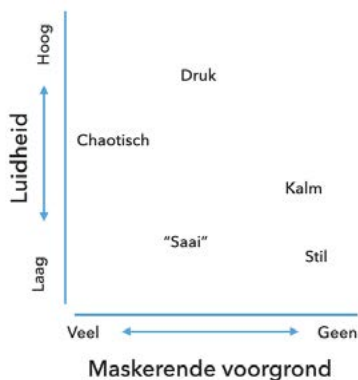
Het effect van geluidsadaptief bouwen blijkt uit de verhouding hoorbare en luide vliegtuigen. Aan de Ophelialaan komen meer luide vliegtuigen voor dan bij Proefstation West. En het totale aantal vliegtuigen, luid en hoorbaar, is aanzienlijk lager bij het Proefstation.

3.7 Storendheid versus luidheid

We hebben al een paar keer gezien dat luidheid en hoorbaarheid beide bijdragen aan hinderlijkheid. Dat komt doordat onze geluidsgevoeligheid wordt bepaald door luidheid en ‘passendheid’: hoort een geluid hier thuis, wijst het op veiligheid of juist op gevaar (zie ook paragraaf 2.2.). Wanneer je moet wennen aan de geluiden van een nieuw huis, speelt de tweede component een grote rol. Veel bewoners in Aalsmeer zijn gewend aan vliegtuigpassages, maar dat betekent niet dat ze het vliegtuiggeluid altijd makkelijk kunnen negeren. Vooral wie moe is of zich in een anderszins kwetsbare situatie bevindt (door bijvoorbeeld ziekte) kan zich veel moeilijker aan geluiden onttrekken.

Eerder constateerden we dat we luidheid kunnen vaststellen op basis van het cochleogram en dat hoorbaarheid (die deels overeenkomt met de tweede component van geluidsgevoeligheid) juist uit de maskerende voorgrond blijkt. Als we daar vanuit gaan, dan maken we voor de geluiden in het maskerende voorgrondmodel (verkeer en vliegtuigen) een inschatting van het gemak waarmee de bronnen in een bepaalde omgeving aandacht trekken. Schematisch hebben we dat aangegeven in Figuur 16.

Figuur 16 – Hinderlijkheid als combinatie van luidheid en de bijdragen van de maskerende voorgrond

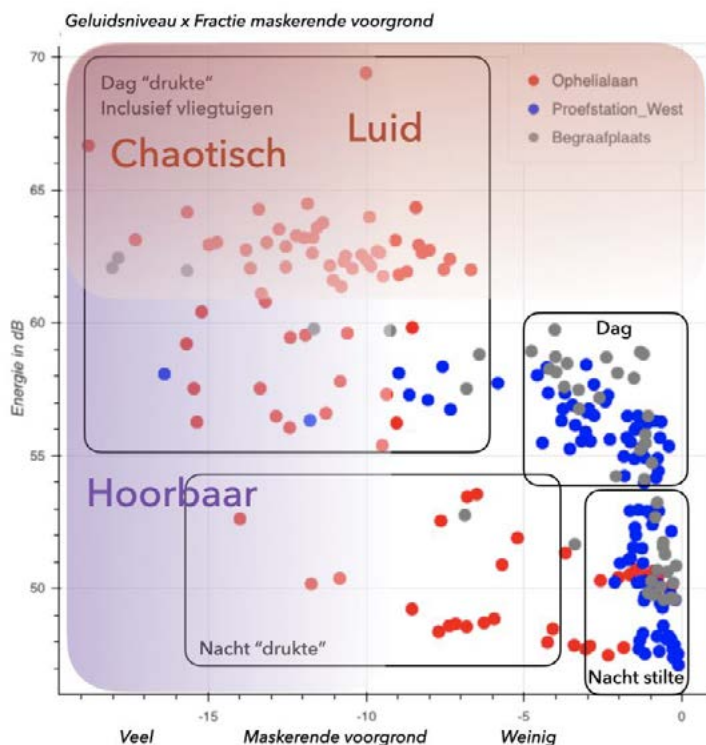


Figuur 16 toont beide vormen van geluidsgevoeligheid. Verticaal staat luidheid. Horizontaal staat de mate waarin stoorgeluiden voorkomen. Een laag geluidsniveau en de afwezigheid van maskerende voorgrond ervaren we als stil. Een iets hoger geluidsniveau met vrij veel maskerende voorgrond voelt als ‘druk’: er treedt chaos op in ons hoofd als er zoveel gebeurt dat we het niet allemaal kunnen bijhouden en dus de veiligheid niet kunnen vaststellen.

Het geluidsniveau hoeft daarvoor niet eens heel erg hoog te zijn. Tot slot: als er alleen maar zachte stoorgeluiden zijn voelt dat wat ongemakkelijk, doordat die stoorgeluiden ons niets brengen (in Figuur 16: saai).

We hebben deze analyse uitgevoerd voor de drie plaatsen. De dagen verdeelden we in intervallen van tien minuten waarbij we steeds keken naar de gemiddelde geluidsenergie in het cochleogram en vaststelden welke fractie van het cochleogramoppervlak tot de maskerende voorgrond hoort. Dat gaf inzichtelijke verschillen tussen de verschillende locaties die in Figuur 17 als spreidingsdiagram zijn weergegeven.

Figuur 17 – luidheid en de fractie maskerende voorgrond van drie locaties in één spreidingsdiagram



De punten van de Ophelialaan zijn meer verspreid, wat inhoudt dat de bronnen in de maskerende voorgrond zowel luid als hoorbaar zijn. Dit geldt voor het Proefstation en de begraafplaats slechts beperkte mate. De Ophelialaan wordt als chaotischer beleefd dan de ander locaties.

Wat direct opvalt, is dat de Ophelialaan een veel grotere spreiding laat zien dan de twee andere locaties. Dat komt doordat er veel meer verkeer en andere drukte is. Ook als het relatief stil is (onder de 55 dB) zijn er veel meer momenten waarop de maskerende voorgrond aanwezig is (zie rode punten aan de linkerkant). Het is er ook gemiddeld luider dan op de andere locaties (rode punten bij hoge energieniveaus). Dat de rode punten zich vooral aan de linkerkant en het midden vertonen, laat zien dat er bijna altijd wel potentieel storende geluiden zijn: ook in de nacht als het verder stil is. Bij de andere locaties is dat niet het geval: de blauwe bolletjes van de westzijde van het Proefstation en de grijze bolletjes van de begraafplaats zien we vooral aan de rechteronderkant.

Wanneer er wordt gevlogen, zitten de waarden van het Proefstation en de begraafplaats ook meer aan de linkerkant. Het aantal grijze bolletjes van de begraafplaats in het midden van het spreidingsdiagram geeft een indicatie van de bijdrage van vliegtuigen die de Aalsmeerbaan vliegtuigen die je (ook) bij de Ophelialaan verwacht. Er zijn echter veel meer rode bolletjes. De drukte van de Ophelialaan is dan ook slechts gedeeltelijk toe te schrijven aan vliegtuigen.

Dit spreidingsdiagram op basis van luidheid en hoorbaarheid lijkt een nuttig instrument om belevingsverschillen tussen locaties te visualiseren. Er zijn echter nog wel verfijningen mogelijk: zo kan de vorm van de punten gebruikt worden om aan te geven om welke voorgrondbronnen het gaat. Daarnaast geldt dat we data van 48 aansluitende uren hebben gebruikt. We kunnen bijvoorbeeld ook dagdelen in kaart brengen.

3.8 Gemeten effect van geluidsbewust bouwen: het Proefstation

We hebben een week lang geluid opgenomen van vier geluidsmeters bij het voormalige Proefstation aan de Linaeuslaan. Een geschikte locatie voor ons onderzoek, omdat het gebouw midden in het gebied ligt, niet te dicht bij dominante geluidsbronnen. Deze locatie beschikt bovendien over eigenschappen die gebruikt kunnen worden bij geluidsadaptief bouwen: in het bijzonder het afschermen van de belangrijkste stoorbronnen.

Figuur 18 – Overzicht van meetopstelling rondom het proefstation



Noord

Deze microfoon heeft 'zicht' op het verkeer van de Linaeuslaan en op de opstijgende vliegtuigen van de Aalsmeerbaan wanneer deze nog vrij laag vliegen. In mindere mate geldt dit ook voor de vliegtuigen die de verder weg gelegen Kaagbaan gebruiken. Daarnaast vangt de microfoon het geruis op van bomen in de buurt en het geluid van werklieden en bezoekers aan het gebouw.

Oost

Deze microfoon is geplaatst in een beschutte tuin die alleen richting het oosten open is. Passages van de Aalsmeerbaan hebben onbelemmerd toegang, maar geluid afkomstig van de de westelijk gelegen Kaagbaan wordt belemmerd door het gebouw.

Zuid

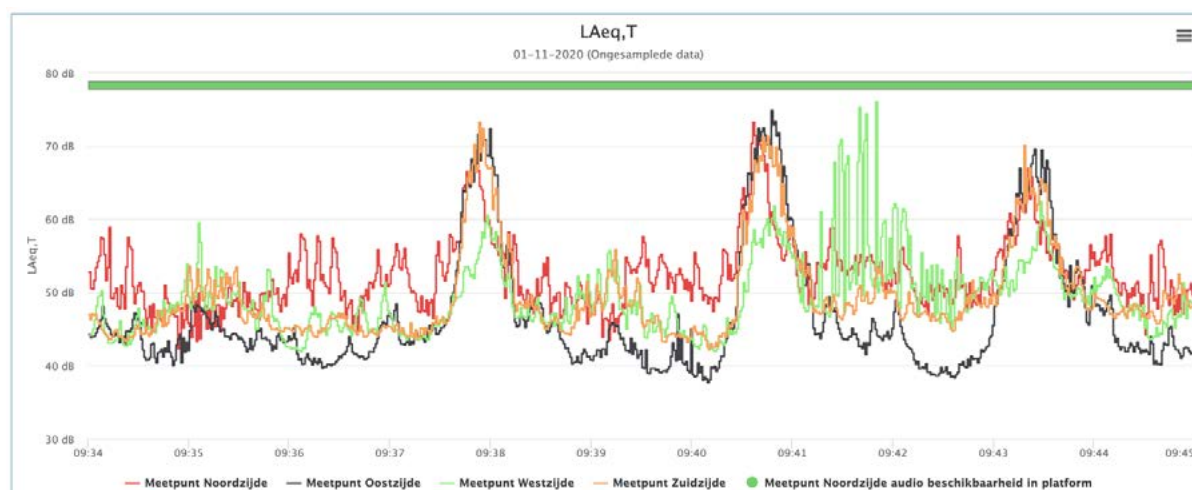
Deze microfoon is net om de hoek van het gebouw geplaatst. De microfoon heeft een nagenoeg onbelemmerd 'zicht' op vliegtuigpassages van de Aalsmeerbaan. Alleen het begin van de start wordt geblokkeerd. Het gebied dat de microfoon bestrijkt, bestaat in het zuiden uit een flink stuk braakliggende grond, waar weinig geluid wordt gemaakt.

West

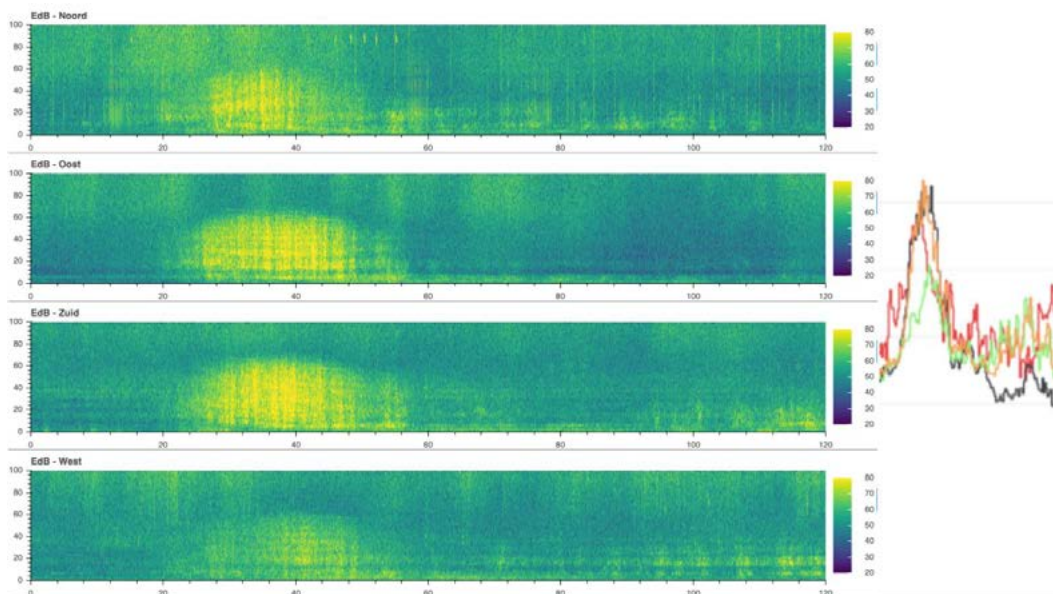
Ook deze microfoon kent een beschutte plek en is ook beschut ten opzichte van de Aalsmeerbaan-passages. De Kaagbaan is hier echter wat beter hoorbaar dan vanuit de oostelijke positie. Deze positie hebben we gebruikt in de vergelijking met de Ophelialaan en de begraafplaats.

Figuur 19 – Foto's van de individuele meetlokaties**Resultaten van de metingen**

Er zijn grote verschillen tussen de vier meetpunten. Figuur 20 laat van drie stijgende vliegtuigen de geluidsniveaus zien. Meter noord (rood) piekt het eerst. Oost (zwart) en zuid (oranje) pieken ongeveer gelijk en even hoog, terwijl zuid (groen) als laatste piekt en een 10-15 L_{Aeq} -niveau lager laat zien. Aan de zuidzijde komt het geluid van de passages veel minder ver boven het achtergrondniveau uit (de metingen tussen de passages), waardoor de passages minder hoorbaar zijn, veel minder aandacht trekken en ook minder storend zijn.



Figuur 20 - Overzicht van de geluidsniveaus ($L_{Aeq,T}$) gemeten door de vier microfoons tijdens drie vliegtuigpassages. Een krassende kraai veroorzaakt het hoge geluidsniveau tussen 9.41 en 9.42 op de locatie west. Voor veel mensen geen onaangenaam geluid. De zwarte lijn van Oost geeft aan dat het achtergrondniveau (het geluidsniveau tussen de passages) ruim lager is dan op de drie andere plekken.



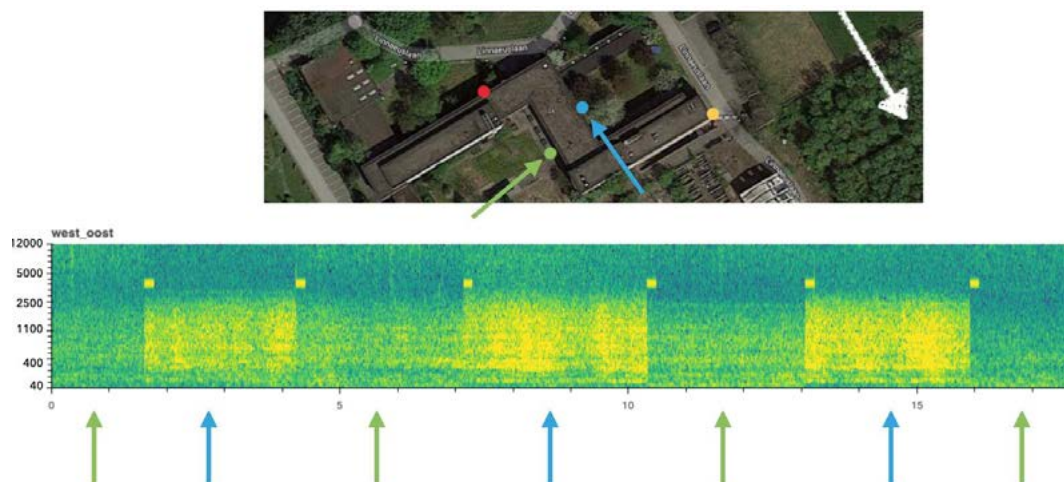
Figuur 21 – gesynchroniseerde cochleogrammen van de eerste vliegtuigpassage in Figuur 16 van de vier geluidsmeters. Bij Noord wordt de tweede helft van de passage door het gebouw geblokkeerd. Bij West wordt de hele passage door het gebouw geblokkeerd. Bij West is de passage nog wel hoorbaar, maar veel minder storend.

Figuur 21 laat één van de passages zien als cochleogram, tussen de twintig en zestig seconden na de start van de weergave. Het vliegtuig is de geel-groene ‘wolk’. Noord is veel gevoeliger voor het begin; west is veel minder gevoeliger dan oost en zuid. Na de passage (tussen de tachtig en honderdtwintig seconden) zijn er duidelijke verschillen tussen de vier plekken. Zo is het opvallend dat de binnentuin van oost tussen de vliegtuigen door aanzienlijk (4 tot 5 dB) stiller is dan de andere plekken (zie de Figuur). Dat komt doordat veel stads- en verkeersgeluiden uit het westen (A4, A5), noorden (lokale wegen en Schiphol) en zuiden (wegen en industrie) worden afgeschermd. Kortom: oost krijgt de volle laag aan vliegtuiggeluid, maar daarbuiten is het stil voor Randstedelijke begrippen. Met wat meer beplanting en rommelplekjes voor insecten kan dit een paradijsje voor vogels worden. Veel mensen zullen het hier aangenaam vinden, ondanks de belasting door de vliegtuigen.

West is, ondanks de bescherming tegen geluid van de Aalsmeerbaanpassages, wat minder stil. Opvallend zijn de ‘banden’ bij lage frequenties, waarschijnlijk veroorzaakt door motoren of machines in de omgeving. Dit geluid draagt bij aan een saaie omgeving. Het is niet bijzonder storend, maar juist een belast gebied als Stommeer heeft baat bij minder saaiheid en meer stiltes (tussen de vliegtuigpassages), zoals bij oost.

De vliegtuigpassages bij oost en zuid lijken veel op elkaar, maar de details verschillen. Oost heeft sterkere horizontale structuren dan zuid. Dat komt doordat het geluid weerkaatst op het gazon (wat tot interferentie leidt).

Een (deels) beschutte plek in een binnentuin kan (als het gaat om geluid van de Aalsmeerbaan) een vermindering van 10 tot 15 dB opleveren. En nog misschien enkele dB's meer met extra maatregelen om het geluid te absorberen. Dat kan een groot verschil uitmaken in het ervaren van hinder. We hebben hier een [YouTube video](#) van gemaakt om het verschil te ervaren.



Figuur 22 – Verschil tussen de cochleogrammen van west (groen) en oost (blauw). Het cochleogram is een screenshot van de video die de verschillen tussen de hoorbaarheid van vliegtuigen aan de west- en oostzijde van het Proefstation hoorbaar maakt. De zes 'blokjes' in het cochleogram zijn toontjes die de overgang tussen het geluid van beide posities aangeven.

Figuur 22 maakt het verschil duidelijk tussen west (groene pijlen) en oost (blauwe pijlen). De gele 'blokjes' geven een 3.000 Hz-toon aan die de overgang markeert. Het kleurverschillen in het cochleogram komt overeen met een hoorbaar verschil in het filmpje. Het vliegtuiggeluid van West trekt veel minder aandacht dan Oost. Het verschil wordt niet alleen bepaald door het geluidsniveau; het is ook de bijdrage van de hoge frequenties in het vliegtuiggeluid die het geluid van de vliegtuigpassage bij West minder snerpnd en doffer maken waardoor het hier veel minder de aandacht trekt.

3.9 Conclusies uit de metingen

De metingen waren erop gericht om belevingsverschillen te objectiveren en in kaart te brengen. We pasten dat toe om het belevingseffect van geluidsbewust bouwen inzichtelijk te maken en om belevingsverschillen tussen verschillende locaties objectief te maken.

Concluderende vergelijking over geluidsbewust bouwen

We gaan nader in op de verschillen tussen de oost- en de westzijde, zodat we twee extremen kunnen vergelijken als het gaat om vliegtuiggeluid: onbeschermt bouwen versus geluidsbewust bouwen.

De oostzijde is chaotischer, drukker, monotoner dan de westzijde waar vliegtuiggeluid door de afscherming van het gebouw 10-15 dB minder luid is. De kwaliteit van leven is aan de westzijde daardoor aanmerkelijk beter. De meting is gedaan tijdens de coronaperiode waarin het vliegverkeer boven Aalsmeer met 75 procent afnam. Het verschil wordt alleen maar groter als er weer meer vluchten zijn. De westlocatie van het proefstation blijkt een plek met een relatief hoge akoestische kwaliteit. En deze kan nog toenemen door maatregelen die meer vogels lokken en iets te doen aan het stationaire achtergrondgeluid in de buurt.

Echter de beschutting die Oost biedt zorgt ervoor dat het er tussen vliegperiodes door relatief stil is (zeker voor de randstad). Dat houdt is dat mensen die hun leven goed aan kunnen passen bij de vliegbewegingen én in huis tijdens de vluchten stilte kunnen ervaren) hier toch een hoge omgevingskwaliteit kunnen realiseren. In deze tijd werd er zo'n 1,5 uur per dag gevlogen. Voor Corona was dat ongeveer 6 uur per dag. Dat is een zeer aanzienlijke belasting.

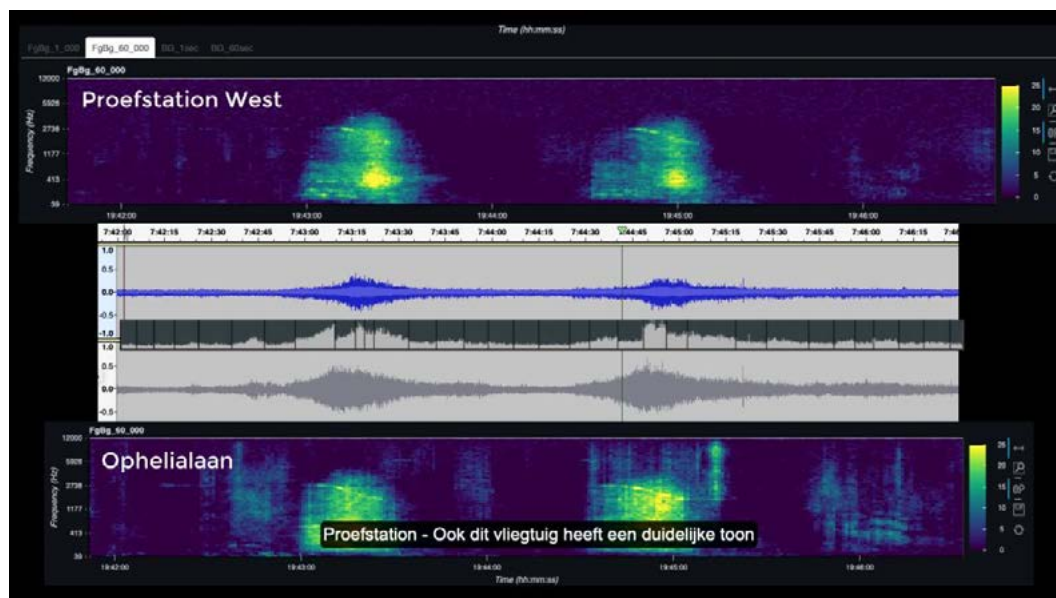
De noordzijde en vooral de zuidzijde hebben een vergelijkbare vliegtuiggeluid belasting als de oostzijde, maar met meer drukte (Noordzijde) of minder stilte tussen de vliegtuigen door (beide). Dit maakt beide niet beter.

Bij geluidsadaptief bouwen is het belangrijk om een aantal zaken gericht te optimaliseren. De combinatie van de voordelen van west en oost zijn vrij ideaal: dan worden de belangrijkste stoorbronnen geblokkeerd door de bouwwijze en wordt er stilte van hoge kwaliteit gerealiseerd op de momenten dat dat mogelijk is.

Vergelijking geluidsomgevingen: subjectiviteit objectief gemaakt

Geluidsomgevingen kunnen lokaal sterk verschillen. In een tweede video hebben we vier minuten met twee vliegtuigpassages van de Ophelialaan en de beschutte westzijde van het Proefstation gemaakt. We wisselen steeds van kanaal (locatie).

De verschillen in beleving zijn groot.



Figuur 23 – Screenshot van de *videovergelijking* van de westzijde van het Proefstation en de Ophelialaan. Bij de Ophelialaan zijn de vliegtuigen veel luider, snerpender en langduriger. Er zijn veel meer geluiden in de omgeving tussen de vliegtuigen door te horen. Bovendien zijn de vliegtuigen van de Kaagbaan ook beter hoorbaar, waardoor het chaotische karakter toeneemt. De geluiden van het Proefstation zijn veel dragelijker en trekken aanzienlijk minder aandacht.

We hebben dit soort verschillen ook geobjectiveerd met onze bronanalyse en de weergave van luidheid versus hoorbaarheid. Dit is weergegeven in Tabel 2. Met uitzondering van de locatieomschrijving kunnen alle gegevens in de tabel door middel van geluidsanalyse objectief vastgesteld worden.

Tabel 2 – Objectief vastgestelde en vaststelbare belevingsrelevante informatie over de drie onderzochte locaties.

Eigenschap	Ophelialaan	Begraafplaats	Proefstation westzijde
Locatie	Weg, fietspad, parkeerterrein, winkels	Parkachtig, parkeerterrein, ver van de weg	Gedeeltelijk beschutte binnentuin, vooral afscherming richting Aalsmeerbaan
Locatie t.o.v. Aalsmeerbaan	900 meter van het vliegpad	Dicht onder het vliegpad	650 meter
Belangrijkste bronnen	Scooters, vogels vliegtuigen, auto's, activiteiten,	Vogels, activiteiten, vliegtuigen	Activiteiten, vliegtuigen, vogels
Nacht	Regelmatig zeer hoorbare verstoringen (scooters, verre vliegtuigen)	Stil, weinig verstoringen	Stil, weinig verstoringen
Dag	Doorgaande diverse activiteiten en verkeer	Natuurlijke en menselijke activiteiten	Vooral menselijke activiteiten, minder natuur
Vogels	Veel	Vrij veel	Minder
Activiteiten	Heel veel en langdurig	Veel, kantoortijden	Minder, kantoortijden
Luide vliegtuigen (Aalsmeerbaan)	Veel	Heel veel	Minder
Hoorbare vliegtuigen (Aalsmeer- en Kaagbaan)	Vrij veel, vooral tijdens de nacht (Kaagbaan)	Weinig	Amper
Hoorbare scooters	Veel, gedurende de hele dag	Weinig	Weinig
Spreiding luidheid x hoorbaarheid	Groot vooral luid, hoorbaar en de combinatie (chaotisch)	Klein, vooral stil en kalm	Klein, vooral stil en kalm
Stilte	Weinig echte stilte, vaak luid	's Nachts stil, overdag vaak kalm	's Nachts stil, overdag vaak kalm of saai door stationair achtergrondgeluid
Ervaring vliegtuigen	Onderdeel van een drukke omgeving, snerpnd en luid	Luide uitzonderingen op de omgeving. Erg luid	Iets minder luide uitzonderingen op de omgeving, gedempter en doffer.
Verwachte algehele lokale beleving	Levendig, druk, met chaotische perioden. Zelden stil	Kalm met erg luide perioden	Saai tot kalm met luidere perioden.

De drie locaties liggen dicht bij de het vliegp pad van de Aalsmeerbaan. Maar de belevingsrelevante beschrijving van de locaties is zeer verschillend. Hoewel de Ophelialaan het verst van de Aalsmeerbaan ligt, lijkt het de meest belaste locatie door het grote aantal andere bronnen (waaronder geluid van de Kaagbaan, scooters, auto's, winkelgeluid, bezoekers, werk activiteiten) en het feit dat het er zelden rustig is. Het enige dat echt spreekt voor de Ophelialaan is het grote aantal vogelgeluiden (ook in de nacht). De geluidsbeleving van de begraafplaats lijkt van goede kwaliteit (relatief aangenaam) met veel natuurlijke en levendige aspecten. Het geluid van vliegtuigen van en naar de Aalsmeerbaan klinkt er echter erg luid. De beschutte westzijde van het Proefstation wordt verrassend goed beschermd tegen geluid van zowel de Aalsmeerbaan als de Kaagbaan. Doordat daar minder vogels zijn, maar wel sprake is van stationair achtergrondgeluid, is het soms wat saai. Maar daar kan door het aantrekken van meer vogels gemakkelijk wat aan worden gedaan.

3.10 Geluidsbewust ontwerpen

Geluidsbewust ontwerpen behelst meer dan het slim situeren van gebouwen ten opzichte van vliegpaden. Het gaat om het creëren van leefbare woongebieden, daarin is geluidsbewust bouwen slechts één (weliswaar belangrijk) ingrediënt. Dat impliceert ook dat bewoners invloed hebben op de kwaliteit van hun leefomgeving en dus mogelijkheden hebben om het effect van negatieve factoren (van akoestische of andere aard) te verminderen. Daarvoor is het nodig dat ontwerpers inzicht hebben in de huidige situatie en op basis daarvan voorstellen kunnen doen die tot verbetering leiden. De technieken die we in deze publicatie beschrijven maken dat mogelijk.

Maatregelen zullen vaak neerkomen op het reduceren van storend geluid en het toevoegen van plezierig geluid. Daarmee is het mogelijk een wijk zo in te richten dat de bewoners beter kunnen omgaan met een hoge geluidsbelasting en minder hinder ervaren. Ondanks het hoge geluid, overstroomt hun denkbeeldige emmer (zie hoofdstuk 1) niet, omdat daarin genoeg ruimte is gemaakt.

Afgaande op ons onderzoek is er voor Stommeer veel winst te behalen door:

- Storende geluiden te beperken:
 - Beperk vliegtuiggeluid door geluidsadaptieve ingrepen in de bestaande bouw en door nieuwe woningen geluidsbewust te ontwerpen en te bouwen.
 - Beperk het geluid van auto's en scooters via een mobiliteitsplan.
 - Breng extra goede isolatie aan in woningen. Soms verdient het aanbeveling om hierin een stap verder te gaan dan het Bouwbesluit aangeeft.
- Prettige geluiden toe te voegen (landschaps- natuurontwikkeling):
 - Voeg bomen toe rondom woningen
 - Voeg groen toe dat ecosystemen dient, zodat er meer insecten en vogels komen.
 - Voeg 'hoorbaar water' toe, zoals beekjes en fonteintjes.
- Variatie in plekken in de wijk te versterken en aan te brengen:
 - Zorg voor afwisseling tussen rustige plekken en plekken waar wat meer drukte is.
 - Verbind en ontsluit hoge kwaliteit plekken via bijvoorbeeld looproutes die ook van behoorlijke kwaliteit zijn.

3.11 De oogst: twee instrumenten voor beter hinderbeleid

Op basis van de soundscape-theorie hebben we twee instrumenten ontwikkeld waarmee we geluidsomgevingen objectief kunnen beschrijven en vergelijken:

- geluidsbronnen in de tijd
- visualisatie luidheid tegen hoorbaarheid

Geluidsbronnen in de tijd

Dit instrument stelt ons in staat om de geluidsomgeving veel rijker te beschrijven dan mogelijk is met alleen geluidsniveaus. Het geeft een belevingsrelevant inzicht in wat er op een bepaalde locatie gedurende de dag gebeurt en het stelt ons in staat om een objectieve vergelijking te maken tussen verschillende posities. Hiermee wordt het mogelijk om op een objectieve manier over belevingsrelevante aspecten van de omgeving te redeneren. Vooral in omstandigheden waarin moeilijke beleidskeuzes moeten worden gemaakt (bijvoorbeeld hoe te bouwen in zwaar belast gebied) is het objectiveren van belevingsrelevante informatie essentieel. Het biedt ons de handvatten om gerichte, effectieve maatregelen te nemen om een aangename(re) geluidsomgeving te realiseren. Althans, dat is onze veronderstelling. Meer onderzoek naar de mogelijkheden die deze informatie ons geeft om doeltreffend hinderbeleid te voeren is noodzakelijk.

Visualisatie luidheid en afgedwongen aandacht

Het tweede instrument stelt ons in staat om een visuele weergave te maken van luidheid in combinatie met 'afgedwongen aandacht': de mate waarin het geluid in de omgeving de aandacht opeist, wat met name het geval is bij geluid dat wat langer maar niet te lang aanhoudt (zeg tussen 1 en dan zestig seconden) en dus in die tijd het omgevingsgeluid maskeert. Als het geluid (veel) langer aanhoudt wennen we er deels aan en zakt het in de achtergrond. Met dit instrument kunnen we vaststellen of een geluidsomgeving hinderlijk is of wordt. Hiervan hebben we verschillende voorbeelden besproken. Dit is een veel eenvoudiger instrument, dat lang niet zo rijk is als het eerste instrument. Het leidt echter tot een relatief eenvoudige weergave die snel een indruk geeft over de te verwachten hinder en waarmee ook een eerste indruk kan worden verkregen de verschillen tussen locaties.

Colofon

Auteur

dr. Tjeerd C. Andringa

Tekstbewerking

Ton Smits, Saffraan communicatie

Inhoudelijke begeleiding en eindredactie

Esther van der Klis, provincie Noord-Holland

Grafische verzorging

Xerox® Mediaservices

BOUWSTENEN