



Vlaanderen
is kwaliteitsvolle
omgeving

Omgevingsgeluid meten in Vlaanderen: In kaart brengen van het omgevingsgeluid in Vlaanderen en de appreciatie van de geluidsomgeving d.m.v. een Proof of Concept meetnet van sensoren

Omgevingsgeluid meten in Vlaanderen: In kaart brengen van het omgevingsgeluid in Vlaanderen en de appreciatie van de geluidsomgeving d.m.v. een Proof of Concept meetnet van sensoren

Deze studie ontwikkelde een Proof of Concept voor een grootschalig citizen science meetnetwerk in Vlaanderen voor het efficiënt meten van geluidsblootstelling en hinderperceptie bij en door burgers. Met een innovatieve, gedistribueerde citizen science aanpak worden sensoren via lokale netwerken zoals scholen en verenigingen beheerd en doorgegeven tussen burgers. De pilot toonde aan dat deze methode technisch haalbaar is, lokale betrokkenheid versterkt en operationele lasten voor het centrale team vermindert. Voor een succesvolle opschaling is een centraal beheerplatform en een gelaagde en gebruiksvriendelijke visualisatie- en rapportagestructuur nodig.

Dit rapport bevat de mening van externe auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys, secretaris-generaal
Departement Omgeving
Koning Albert II-laan 15 bus 553, 1210 Brussel (postadres)
vlaanderen.be/omgeving

Een uitgave van het Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving
vpo.omgeving@vlaanderen.be

Auteurs

Luc Dekoninck – Universiteit Gent
Annelies Duerinckx – Scivil
Charlotte Hens – Scivil
Timothy Van Renterghem – Universiteit Gent

Publicatiedatum

[30 juni 2025]

Depotnummer

[D/2025/3241/257]

Partners



Deze opdracht kadert binnen het Programma Innovatieve Overheidsopdrachten (PIO) Omgevingsgeluid en heeft als doel een Proof of Concept (PoC) op te zetten voor een grootschalig citizen science project rond omgevingsgeluid in Vlaanderen. De centrale vraag in het project luidt:

De PoC richt zich op een beperkte groep gebruikers en laat toe om diverse aspecten van het citizen science protocol te testen: van sensortechnologie en dataverzameling tot model voor participatie, gebruikersbegeleiding en datavisualisatie. Doel is om op kleine schaal te leren wat nodig is voor een efficiënte en beleidsrelevante opschaling.

De nood aan een innovatieve citizen science aanpak

Daarom test dit project een innovatieve, gedistribueerde citizen science aanpak, waarbij een kleiner aantal sensoren doorgegeven wordt tussen burgers - zonder tussenkomst van een centraal coördinatiepunt - via lokale beheerders zoals scholen, lokale verenigingen of lokale besturen. Deze lokale actoren krijgen een set meettoestellen toegewezen en spreken binnen hun netwerk burgers aan die metingen uitvoeren en vragenlijsten invullen over hun geluidservaring. Deze gedistribueerde methode biedt een alternatief, waarbij de beschikbare meettoestellen op een flexibele manier ingezet worden.

Deze gedistribueerde methode brengt specifieke vragen met zich mee, zowel praktisch, technisch als op het vlak van privacy en databeheer. Deze vragen werden tijdens dit project in kaart gebracht, uitgetest en vervolgens in aanbevelingen en een plan voor grootschalige uitrol gegoten.

In de praktijk bleek dat de gedistribueerde aanpak succesvol inzet op bestaande netwerken en het centrale team aanzienlijk kan ontlasten in de operationele uitvoering. Hoewel een efficiënte opschaling niet rechtstreeks werd aangetoond, suggereren de ervaringen uit de PoC dat deze aanpak potentieel schaalbaar is. Tegelijk vraagt deze aanpak om duidelijke rolomschrijvingen, voldoende ondersteuning voor lokale beheerders, en een goed uitgewerkt protocol voor het beheer en doorgeven van de sensoren. De methodiek is bovendien uniek: grootschalige citizen science projecten met dit soort gelaagde structuur zijn momenteel nog zeldzaam, wat het project pionierend maakt.

Belangrijkste leerpunten

- **De gedistribueerde aanpak** verlaagt de kosten doordat lokale beheerders sensoren gericht kunnen inzetten en opvolgen, wat een efficiënte en flexibele inzet mogelijk maakt. Dit is belangrijk omdat de technologie (IoT-platform en sensoren) weliswaar goed functioneert, maar de kostprijs per sensor hoog blijft.
- **Scholen** zijn sterke partners voor het efficiënt beheren en inzetten van de meettoestellen, dankzij hun vaste structuur, educatieve meerwaarde en lokale verankering. Ze kunnen metingen integreren in lesactiviteiten en fungeren als lokaal aanspreekpunt voor rekrutering en begeleiding.
- **Gebruikservaring:** Heldere communicatie, toegankelijke visualisaties en technische ondersteuning (o.a. een snel beschikbare helpdesk voor eerstelijns-ondersteuning) zijn essentieel. Te complexe informatie leidt tot afhaken bij burgers.

Aanbevelingen voor brede uitrol

- Ontwikkel een **gelaagde aanpak voor visualisatie en rapportage** op maat van verschillende gebruikersprofielen.
- Kies voor een **gedistribueerde implementatie**, maar voorzie daarbij voldoende ondersteuning, vorming en begeleiding voor lokale beheerders. Zorg voor een centrale coördinatiefunctie die beheer, analyse en kwaliteitsbewaking op zich neemt en werk met duidelijke rolomschrijvingen, herbruikbare processen en standaardrapporten.
- Voorzie voor de samenwerking met scholen een breed inzetbaar, modulair **educatief pakket** dat zeer duidelijk gelinkt is aan de leerdoelstellingen.

Deze aanpak toont aan dat citizen science rond geluid burgers kan sensibiliseren en activeren om de leefomgeving en, in het bijzonder, de geluidskwaliteit in beeld te brengen, op voorwaarde dat de juiste ondersteuning en keuzes voorzien worden bij opschaling.

MANAGEMENT SUMMARY

This assignment is part of the Programme for Innovative Public Procurement on Environmental Noise (PIO) and aims to develop a Proof of Concept (PoC) for a large-scale citizen science project on environmental noise in Flanders. The central question of the project was:

How can we measure source-specific noise exposure and the associated perception of annoyance among as many citizens as possible in an efficient and reproducible way?

The PoC focuses on a limited group of users and allowed various aspects of the citizen science protocol to be tested, from sensor technology and data collection to participation models, user support, and data visualisation. The goal was to identify, on a small scale, what is needed for efficient and policy-relevant scaling.

This report consolidates the insights and recommendations from the pilot projects and proposes an action plan for rolling out the project to a larger population within the context of an extended citizen science initiative. The pilot projects demonstrated that this approach can yield valuable, policy-relevant insights, provided that the organisation is solid and sufficient support is in place.

The need for an innovative citizen science approach

Noise measurements are technically complex, making sensors relatively expensive. Due to the high cost per device, it is difficult and costly to carry out large-scale measurements using a traditional, centralised approach, which requires a large number of measuring devices that are centrally managed and distributed. Flexible deployment of the costly devices is therefore essential.

To address this, the project tested an innovative, distributed citizen science model in which a smaller number of sensors are passed between citizens - without central coordination - through local managers such as schools, local associations, or municipalities. These local actors receive a set of sensors and engage citizens within their network to conduct measurements and complete surveys about their noise experience. This distributed approach provides an alternative that allows for more flexible use of the available equipment.

This distributed model raises practical, technical, privacy and data management questions. These questions were identified, tested, and translated into recommendations and a plan for large-scale rollout.

Results

In practice, the distributed approach proved effective in leveraging existing networks and can significantly reduce the operational burden on the central team. Although efficient upscaling was not directly demonstrated, the experiences from the PoC suggest that this approach has scalable potential. At the same time, the approach requires clear role descriptions, sufficient support for local coordinators, and a well-developed protocol for managing and transferring sensors. The methodology is also unique: large-scale citizen science projects with this kind of layered structure are currently rare, making this project pioneering.

Key learnings:

- **The distributed model** reduces costs by enabling local coordinators to use and monitor sensors more efficiently and flexibly. This is crucial given that while the technology (IoT platform and sensors) functions well, the cost per sensor remains high.

- **Schools** are strong partners for managing and deploying the devices due to their structured environment, educational value, and local anchoring. They can integrate measurements into lesson plans and act as local points of contact for recruitment and guidance.
- **User experience:** Clear communication, accessible visualisations, and technical support (including readily available first-line help) are essential. Information that is too complex can lead to participant drop-out.

Recommendations for broad rollout:

- Develop a layered approach to visualisation and reporting tailored to different user profiles.
- Opt for a distributed implementation, but provide adequate support, training, and guidance for local coordinators. Ensure there is a central coordination role responsible for management, analysis, and quality assurance, supported by clear role descriptions, reusable processes, and standardised reports.
- Involve schools with a versatile, modular educational package that is clearly linked to curriculum objectives.

This approach demonstrates that citizen science on noise can raise awareness and activate citizens to map their living environment - and particularly, the sound quality - provided that the right support and choices are in place when scaling up.

INHOUDSTAFEL

1	Inleiding	11
1.1	Omschrijving van de opdracht	11
1.2	Opdrachtnemers	12
1.2.1	UGent-Waves	12
1.2.2	Scivil	12
1.3	Structuur van het document	13
2	Citizen science inzetten voor geluidsmetingen.....	15
2.1	Citizen science opzet	15
2.1.1	Citizen science in algemene termen	15
2.1.2	Citizen science als middel voor efficiënte datacollectie	18
2.1.3	Organisatiemethoden voor de citizen science aanpak	20
2.2	Definiëren van de toepassing	24
2.2.1	Doelstelling van het citizen science project	24
2.2.2	Effectieve selectie van gebruikers en gewenste meetlocaties	24
2.3	Geluidspareters en gebruikersdashboard	25
2.3.1	Wat meten en waarom?	25
2.3.2	Geluidsbronherkenning	32
2.3.3	Verklarende factoren en koppeling met externe data	33
2.3.4	Welke informatie is relevant?	34
2.3.5	Informatie voor de burgers	34
2.3.6	Info voor beheerder, analist, en onderzoeker	35
2.4	Subjectieve evaluatie en interacties met de burger	35
2.4.1	Noden en wensen	36
2.5	Geluidssensor en dataflow	43
2.5.1	Noden en wensen	43
2.5.2	Verwerking op de EDGE versus server	44
2.5.3	Kostprijs van de meetketen	51
2.6	Beheerplatform	53
2.6.1	Noden en wensen	53
2.6.2	Beschrijving van de rollen in het beheerplatform	54
2.7	Rollen en doelgroepen	55
2.7.2	Doelgroepen voor de rol van lokale beheerder	61
2.8	Communicatieaanpak	65
2.8.1	Noden en wensen	66
2.8.2	Communicatiestrategieën	67
3	Uitrol PoC en resultaten.....	75
3.1	Aanpak van de PoC pilootmetingen	75
3.1.1	Citizen science opzet	75
3.1.2	Geluidspareters en gebruikersdashboard	75
3.1.3	Subjectieve evaluatie en interacties met de burger	78
3.1.4	Geluidssensor en dataflow	78
3.1.5	Beheerplatform	82
3.1.6	Rollen en doelgroepen	82
3.1.7	Communicatie aanpak	85
3.2	Deelprojecten PoC en geleerde lessen	86
3.2.1	Eerste testen met meetopstelling	86
3.2.2	Overzicht deelprojecten PoC	86
3.2.3	Pilootproject 1: Scholen	87
3.2.4	Pilootproject 2: Lokale verenigingen	88
3.2.5	Pilootproject 3: Individuele burgers	89
3.2.6	Pilootproject 4: Lokale besturen	89
3.2.7	Algemene conclusies uit de pilootprojecten	90
3.2.8	Conclusie	95
4	Plan van aanpak voor grootschalige uitrol.....	96

7.7.4	Eerste Graad Secundair Onderwijs	155
7.7.5	Derde Graad Secundair Onderwijs	157
7.8	Bijlage Achtergrondstudie: Bestaande good practices voor citizen science geluidsmetingen	160
7.8.1	Case Studies	161
7.8.2	Samenvatting inzichten interviews	166
7.8.3	Aanbevelingen	169
7.9	Documenten voor deelnemende burgers	171
7.9.1	Gebruikershandleiding	171
7.9.2	Quick Start Guide: Installatie Geluidssensor	176
7.9.3	Checklist materiaal	177
7.9.4	Burenbriefje	177
7.9.5	Ouderbriefje	178
7.9.6	Handleiding data exporteren	179
7.9.7	Toegang tot dashboard	180
7.9.8	Webpagina met bijkomende info	180
7.10	Vragenlijsten	181
7.10.1	Plaatsingsvragenlijst	181
7.10.2	Algemene vragenlijst geluidshinder	182
7.10.3	Annotatievragenlijst	185
7.11	Gebruikersrapport	186
7.11.1	Beknopt gebruikersrapport	186
7.11.2	Uitgebreid gebruikersrapport	188
7.11.3	<i>Achtergrondinformatie: wat u moet weten over geluid</i>	189
7.11.4	<i>Wat nu?</i>	192
7.12	Participatieve methode om criteria voor locatiebepaling op te stellen	192
7.12.1	Doel van de workshop	193
7.12.2	Verloop van de workshop (1u15 min)	193
7.12.3	Randvoorwaarden & materiaal	193
7.12.4	Output van de workshop	193

1 INLEIDING

1.1 OMSCHRIJVING VAN DE OPDRACHT

Deze opdracht is onderdeel van het Programma Innovatieve Overheidsopdrachten Omgevingsgeluid (PIO). Het doel van deze studie is om een Proof of Concept (PoC) op te zetten voor het uitrollen van een meetnet van sensoren in een citizen science project. Dit citizen science project heeft als uiteindelijk doel om enerzijds het omgevingsgeluid in Vlaanderen in kaart te brengen, met inbegrip van het classificeren van de geluidsbronnen in de (leef)omgeving. Anderzijds wil het de appreciatie van dat omgevingsgeluid capteren. Dit wordt beschreven in het Vlaams ecosysteem voor geluidsindicatoren, een rapport opgemaakt in 2020 voor de VMM binnen het MIRA-traject¹. Deze PoC laat toe de ideale parameterset en de meetopstelling (inclusief meettoestellen) te bepalen bij een kleine groep gebruikers voor de gekozen complexiteit, alvorens die op grotere schaal uit te rollen. Op deze manier kunnen we inzicht verwerven in de meest efficiënte meetstrategie, en meer concreet bij te leren op vlak van metingen (ook meetlocaties), classificatie van types geluid en bronnen en van dataverzending. Daarnaast krijgt ook het capteren van de appreciatie van geluid een centrale rol. De inzichten uit deze PoC worden in een concreet plan van aanpak uitgewerkt. Dat draaiboek moet in een latere fase uitgerold kunnen worden naar een grotere populatie in het kader van een uitgebreid citizen science project. Enerzijds wordt hierbij de omgevingsblootstelling zoveel mogelijk gebiedsdekkend in kaart gebracht via semipermanente meettoestellen. Anderzijds wordt met een bevragingstools de geluidsbeleving in Vlaanderen op grote schaal gemonitord. Tevens dient een kosteninschatting te worden gemaakt voor de verdere brede uitrol in het kader van een citizen science project.

Tot slot dienen concrete, technisch uitgewerkte, innovatieve aanbevelingen te worden geformuleerd over hoe de uiteindelijk verzamelde citizen science data optimaal kunnen worden aangewend bij het in kaart brengen van de omgevingsgeluidblootstelling in Vlaanderen. De interpretatie van deze geaggregeerde informatie en de hieruit voortkomende inzichten moeten het mogelijk maken om onder meer nieuwe mitigerende beleidsmaatregelen op te stellen en gevoerd beleid te evalueren en bij te sturen.

In het PIO-voortraject zijn twee rapporten gemaakt die relevant zijn voor het technisch luik. De informatie uit deze twee rapporten wordt gebruikt om de volgende secties te documenteren.

- Marktanalyse van systemen voor persoonlijke geluidsblootstellingsmeters in functie van de beleidsbehoeften voor het beleidsdomein Omgeving (de Fonseca)².
- Omgevingsgeluid meten in Vlaanderen, Innovatie voor persoonlijke (dynamische) en gebiedsdekkende geluidsblootstelling (Addestino)³.

¹ <https://www.vlaanderen.be/publicaties/geluidshinder-evaluatie-van-de-mira-indicatorenset>

² https://archief.algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/282867/Geluidsblootstelling_rapport.pdf

³ <https://www.vlaio.be/nl/vlaio-netwerk/programma-innovatieve-overheidsopdrachten/omgevingsgeluid-meten-vlaanderen/voorbereiding>

1.2 OPDRACHTNEMERS

1.2.1 UGent-Waves

1.2.1.1 Algemeen

De onderzoeksgroep Waves van de Universiteit Gent (Vakgroep Informatietechnologie, Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur) doet hoofdzakelijk onderzoek naar de impact van geluid(sgolven) op de mens. Naast een uitgebreide wetenschappelijke werking, heeft deze groep ruim 25 jaar ervaring in beleidsondersteunend onderzoek, o.a. in het kader van de MIRA milieuraapportering rond geluid voor de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en met geluidsadvies naar steden. Geluidsplanning, stille zones en luwte in de stad, groene geluidsreducerende en perceptiemaatregelen zijn andere thema's die de brug maken tussen wetenschap en beleid. Ook in de dienstverlening zijn er belangrijke activiteiten (milieueffectenrapporten, geluidskaarten voor Brussels Airport, studies rond de Antwerpse Ring e.a.).

1.2.1.2 Kaderen van de UGent-activiteiten in het beleidsondersteunend onderzoek in Vlaanderen

In 2020 is de werking van de MIRA-indicatoren grondig geanalyseerd. Het resultaat kreeg de vorm van een nieuw kader waarbij alle indicatoren in het DPSIR-kader (Driving forces, Pressure, State, Impact en Response) zijn geplaatst. In 2021 is de MIRA-werking samengevoegd met de werking rond omgeving en gezondheid binnen de Vlaamse administratie. Deze operationele wijziging zorgt voor een betere integratie van de discipline geluid in het beleidsondersteunend en wetenschappelijk beleid van de Vlaamse overheid. Het opzetten van het PIO Omgevingsgeluid is hier een belangrijke stap. Dit project is de tweede component in het PIO Geluid.

UGent ondersteunt het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek (SLO), recent hernoemd naar Burgerbevraging Leefomgevingskwaliteit Vlaanderen (BLV), met suggesties en standaardisatie van de vragen voor geluid. UGent is eveneens partner in het steunpunt Omgeving (FLEHS-V). Deze historiek en ervaring komt de afstemming over deze verschillende trajecten ten goede.

1.2.2 Scivil

1.2.2.1 Algemeen

Als Kenniscentrum Citizen Science zet Scivil zich sinds haar opstart in 2019 in voor het promoten, ondersteunen en innoveren van citizen science. Naast het geven van lezingen en opleidingen over citizen science, het ondersteunen van projecten met advies op maat, het verbinden van Vlaamse en internationale stakeholders, en het in kaart brengen van het Vlaamse citizen science landschap, gaat Scivil ook zelf met citizen science aan de slag in innovatieve projecten zodat het afgestemd blijft op de nieuwste wetenschappelijke en maatschappelijke evoluties.

1.2.2.2 Kaderen van de Scivil activiteiten in het kader van PIO Geluid

In het kader van die laatste doelstelling treedt Scivil ook als partner op in onderzoeksprojecten, zoals het PIO Geluid. Scivil is betrokken in het uitwerken van de pilootprojecten met verschillende doelgroepen en het opstellen van een draaiboek voor een grootschalige uitrol. Scivil doet daarvoor beroep op eerdere ervaringen zoals amai!⁴, het citizen science draaiboek

⁴ <https://amai.vlaanderen/>

voor lokale besturen⁵ en de werking voor bibliotheken, en haar contacten binnen de citizen science community in Vlaanderen en internationaal.

Binnen amai! ontwikkelde Scivil, samen met Kenniscentrum Data en Maatschappij, een unieke aanpak om burgers te betrekken bij onderzoek en innovatie in artificiële intelligentie in elke stap van het proces, van idee tot realisatie. Binnen amai! wordt sterk ingezet op het betrekken van specifieke doelgroepen, het inzetten van een breed netwerk van maatschappelijke actoren, en het vertalen van complexe informatie op maat van burgers. Deze ervaringen zullen worden vertaald naar de context van de PoCs binnen PIO Geluid.

Bij het uitwerken van het citizen science draaiboek voor lokale besturen, bevroeg Scivil heel wat lokale besturen over de motivaties, knelpunten en noden om met citizen science aan de slag te gaan en welke rollen ze daarin zichzelf zagen opnemen. Dit vormt een goede basis voor een PoC binnen dit project met lokale besturen.

Scivil werkt ook al regelmatig samen met bibliotheken, een doelgroep die voor de PoCs binnen PIO Geluid ook een belangrijke piste is. Zo heeft Scivil een expo over citizen science die rondreist langs bibliotheken en werden er al meerdere workshops voor bibliotheken rond citizen science⁶ georganiseerd.

1.3 STRUCTUUR VAN HET DOCUMENT

In dit document wordt de kennis verzameld rond het thema omgevingsgeluid in een citizen science context. Binnen dit project wordt een pilootstudie uitgewerkt waarbij de vooropgestelde eigenschappen van een citizen science project rond omgevingsgeluid op een kleinschalige manier in de praktijk worden gebracht.

De informatie wordt uitgesplitst in een aantal hoofdstukken:

- H2: Citizen science inzetten voor geluidsmetingen: Dit hoofdstuk bevat informatie over de verschillende aspecten nodig voor het opzetten van een citizen science campagne. Elke sectie beschrijft een aspect:
 - Citizen science opzet: Hoe kan de inzet van burgers op een zo efficiënt mogelijke manier worden georganiseerd?
 - Geluidsparemeters en gebruikersdashboord: Welke geluidsmetingen zijn relevant voor de burgers, wetenschappers en beleidsmakers?
 - Subjectieve evaluatie en interacties met de burger: Welke vragenlijsten zijn relevant en welke interactie wensen we in te bouwen met de burgers?
 - Geluidssensor en dataflow: Informatie over de meettechnologie en het dataplatform. Hoe zal het geluid gemeten worden en hoe zal de data worden verwerkt?
 - Beheerplatform: Hoe worden meetcampagnes, deelnemers en sensorgegevens centraal opgevolgd en ondersteund?
 - Rollen en doelgroepen: Welke actoren zijn betrokken bij het project, wat zijn hun verantwoordelijkheden en hoe worden zij geselecteerd?
 - Communicatieaanpak: Hoe worden burgers en lokale beheerders bereikt, gemotiveerd en geïnformeerd gedurende de volledige looptijd van het project?

⁵ Veekman, C., Van Herck, B. & Carpentier, M., Van Laer, J. & Sterken, M., (2021). Draaiboek citizen science voor lokale besturen. Een praktische handleiding over citizen science met en door steden en gemeenten. SCIVIL, Leuven, België. <https://www.scivil.be/book/citizen-science-voor-lokale-besturen-online-gids>

⁶ <https://www.scivil.be/event/workshop-citizen-science-en-bibliotheken>

- Om de leesbaarheid te bevorderen zullen een aantal onderdelen enigszins worden samengevat. De volledige documentatie wordt toegevoegd in de bijlagen (H6).

2 CITIZEN SCIENCE INZETTEN VOOR GELUIDSMETINGEN

Omgevingsgeluid en de perceptie van de omgeving door de burgers is een combinatie van zowel fysische elementen als psychologische componenten. Slechts een deel van de gerapporteerde (subjectieve) hinder wordt verklaard door de blootstelling aan geluid. De blootstelling aan geluid wordt in dergelijke studies voornamelijk bepaald op basis van simulaties ('geluidskaarten'). Binnen het concept van de geluidskartering zijn er verschillende voor- en nadelen. Een belangrijk voordeel is dat de methode relatief lage personele inzet vereist en gebruikmaakt van beschikbare geluidspropagatiesoftware. Het voornaamste nadeel is de beschikbaarheid en kwaliteit van de verkeergegevens. Deze invoergegevens zijn gevoelig aan wijzigende methodes voor het verzamelen van de data. Daarboven komen de beperkingen van de rekenmethodes zelf, zowel intrinsiek als in een tekort aan rekenkracht. Vooral het opvoeren van het aantal reflecties op gebouwen in de berekeningen is een grote beperking. Het fundamenteel probleem is de geluidsindicator L_{den} , de Europese standaard voor geluidsblootstelling. Een gestandaardiseerde indicator op zich is een positief gegeven, maar de gevoeligheid van de indicator voor het verklaren van de perceptie is laag. Dit probleem wordt versterkt door geluidsbronspecifieke eigenschappen van de perceptie. De werkelijke blootstelling is een combinatie van bronnen met elk hun eigen tijdruimtelijke dynamiek en relatie met de menselijke perceptie. Om de perceptie van hinder beter te begrijpen is er nood aan een dataset waarbij zowel de geluidsblootstelling als de individuele subjectieve hinder van de bewoners van de gemeten locatie wordt gecombineerd. Deze informatie moet verzameld worden in een voldoende geografische resolutie, voldoende tijdsresolutie en moet bronspecifiek zijn. Op deze manier wordt informatie verzameld die past bij het relevant beleidsniveau. Het concept citizen science is een ideale aanpak om deze ontbrekende informatie te verzamelen. De algemene doelstelling van deze opdracht kan als volgt worden samengevat:

Hoe meten we de bronspecifieke blootstelling aan geluid en de bijhorende hinderrespons (op een herhaalde manier) bij zoveel mogelijk burgers op een zo efficiënt mogelijke manier?

Deze informatie heeft tot doel om de leefomgevingskwaliteit voor geluid te begroten in een gebiedsdekkend kader en op deze manier een beleidsondersteunend instrument te voeden.

2.1 CITIZEN SCIENCE OPZET

2.1.1 Citizen science in algemene termen

Citizen science of burgerwetenschap verwijst naar wetenschappelijk onderzoek dat in zijn geheel of gedeeltelijk wordt uitgevoerd door niet-professionele wetenschappers, oftewel burgers. Via participatie en samenwerking kunnen burgers bijdragen aan de verschillende fasen van de wetenschappelijke cyclus zoals het helpen definiëren van relevante onderzoeksvragen en onderzoeksmethoden, het verzamelen van data, het analyseren en interpreteren van gegevens, en het rapporteren en communiceren over onderzoeksresultaten.

Citizen science is bijzonder relevant in situaties waar grootschalige dataverzameling nodig is, zoals bij milieumonitoring, biodiversiteitsstudies en in het geval van deze studie: het meten van omgevingsgeluid. Via citizen science kunnen op kostenefficiënte wijze uitgebreide datasets verzameld worden door de inzet van vele burgers verspreid over een groot geografisch gebied. Daarnaast biedt citizen science ook de mogelijkheid om data te verzamelen op moeilijk

Inspirerende modellen voor het uitwerken van een grootschalige geluidsmonitoring via citizen science zijn de succesvolle verhalen van de internationale Sensor.community, wat geleid heeft tot heel wat lokale burgerinitiatieven zoals LeuvenAir, TruienAir, GentenAir ... voor het meten van luchtkwaliteit met goedkope DIY-sensoren, en Telraam⁷, die erin geslaagd zijn een duurzaam vergoedingsmodel uit te werken voor verkeerstellingen via citizen science door een aanpak op maat van de noden van lokale besturen uit te werken.

Een voorstudie naar citizen science projecten met betrekking tot het brede thema 'geluid' leverde verschillende relevante projecten, zowel in België als internationaal. We onderzochten onder andere NoiseTube⁸ (Frankrijk en België), SONYC - Sounds of New York City⁹ (Verenigde Staten), BitLab Noise Maps¹⁰ (Spanje), het RIVM-onderzoek naar geluid rond luchthaven Schiphol¹¹ (Nederland), en Sensor.community¹² (Nederland), evenals het Zuid-Koreaanse project van Shim et al.¹³ over duurzame geluidskaartontwikkeling en het project van Zipf et al.¹⁴ over geluidsmetingen via smartphones. In België bekeken we onder meer het CLAIRE-project¹⁵ van de Universiteit Antwerpen en COMPAIR¹⁶ van VMM en Digitaal Vlaanderen als voorbeelden van het doorgeven van sensoren en materialen tussen burgers. Deze projecten verschillen in opzet, gebruikte technologie, mate van burgerparticipatie en omgang met privacy. Daarnaast deden we interviews met initiatiefnemers van enkele Vlaamse citizen science projecten rond geluid. Op basis van gepubliceerde artikelen over deze projecten en output van de interviews zijn hieronder de meest relevante bevindingen voor dit project samengevat. Voor een uitgebreider verslag, zie bijlage 7.8.

In het merendeel van de bestaande citizen science geluidsprojecten worden smartphones van burgers gebruikt als meetinstrument. De argumentatie hiervoor is onder andere dat sensoren erg kostbaar zijn om uit te lenen aan burgers en dat het bezorgen en terugkrijgen van deze sensoren veel tijd en geld kost. Aangezien smartphones over bruikbare microfoons beschikken, wordt vaak deze optie verkozen. Hier staat tegenover dat de kwaliteit van de metingen met smartphones niet zo hoogstaand is en dat het kalibreren van de metingen tussen verschillende burgers en toestellen moeilijk is.

Binnen dit project zijn we specifiek geïnteresseerd in de mogelijkheid om sensoren rechtstreeks door te geven van de ene burger aan de andere, dus zonder tussenkomst van een centrale organisatie of coördinatiepunt. Deze peer-to-peer overdracht van sensoren roept specifieke vragen op, zowel praktisch (bijvoorbeeld het ophalen en afgeven van het toestel), technisch (herinstellen, opladen, enz.) als op het vlak van privacy en databeheer. Bij onze analyse van

¹⁶ <https://www.wecompair.eu/>

bestaande citizen science projecten merkten we dat nagenoeg alle projecten werken met een centrale beheerstructuur: sensoren worden opgehaald of verdeeld via een organisatie (zoals een universiteit, onderzoeksinstituut of bibliotheek) en na gebruik teruggebracht, waarbij burgers meestal slechts tijdelijk eigenaar zijn van een sensor. We vonden geen duidelijke voorbeelden van projecten waarin burgers volledig zelfstandig en op continue basis sensoren aan elkaar doorgeven. In die zin is het doorgeefmodel dat dit project onderzoekt relatief nieuw binnen het domein van citizen science, en kan het dus beschouwd worden als een verkennende en innovatieve benadering.

Praktische inzichten rond rekrutering en participatie

Bij de analyse van bestaande projecten kwamen ook heel wat praktische aanbevelingen naar boven rond rekrutering en selectie van deelnemers. Zo is het belangrijk om duidelijke verwachtingen te stellen naar alle partners, inclusief de burgers, over welke resultaten het project zal genereren en hoe het een win-win voor alle deelnemers beoogt. Overweeg vooraf welke specifieke voordelen of leerervaringen het project de burger biedt. Openbare instellingen, zoals scholen, kunnen waardevolle partners zijn voor rekrutering, mits er rekening gehouden wordt met de knelpunten voor deze partners. Indien nodig kan een samenwerking met survey panels of een loting op basis van rijksregisternummers worden overwogen om een representatieve deelnemersgroep te garanderen.

Indien mogelijk en wenselijk, kunnen burgers in meer stappen dan enkel datacollectie betrokken worden. Zo kunnen ze bijvoorbeeld waardevolle lokale expertise bieden bij het formuleren van onderzoeksvragen of het bepalen van meetlocaties. Dit vergroot hun eigenaarschap en versterkt vaak de motivatie. Hiervoor dienen activiteiten aangepast te worden aan de (mogelijk diverse) groep van burgers die deelnemen aan het onderzoek. Denk hierbij bijvoorbeeld aan bepaalde voorkennis of nodige materialen. Niet elke activiteit is haalbaar voor elke burger.

2.1.2 Citizen science als middel voor efficiënte datacollectie

2.1.2.1 Inleiding

Relevante input vanuit het rapport van Addestino is voornamelijk de evaluatie van meetnetwerken. Twee pistes werden daar onderzocht: verspreide metingen via een citizen science aanpak enerzijds, en ‘best-class’ sensoren die langetermijnevoluties meten op een beperkt aantal (strategisch gekozen) meetlocaties (zie 4.2) anderzijds. In dit project wordt de piste van de citizen science aanpak onderzocht.

2.1.2.2 Kostenreductie

De mogelijkheden van citizen science en de bijdragen aan wetenschappelijk onderzoek en beleidstoepassingen zijn divers. De basis van dit project is de wens om - binnen het Vlaams ecosysteem van indicatoren voor omgevingsgeluid - de karakterisatie van de kwaliteit van de geluidsomgeving te voeden met metingen.

In een basisvorm kan citizen science toegepast worden om via de inzet van vrijwilligers bepaalde meettaken op te schalen en kosten te beperken (ook bekend als ‘crowdsourcing’). Geluidsmetingen kunnen op die manier efficiënt en op grote schaal verzameld worden. Deze verhoogde efficiëntie en kostenreductie kan gerealiseerd worden in meerdere componenten:

- Beperkte operationele kosten voor het plaatsen van de meetapparatuur
- Lagere kost door het inzetten van niet-professionele meetapparatuur

- Dezelfde apparatuur gebruiken op verschillende plaatsen door een roulatiesysteem onder de deelnemende burgers (transport, administratieve kost, persoonlijke communicatie)

Hoewel citizen science inderdaad kansen biedt voor kostenreductie door het gebruik van vrijwilligers voor dataverzameling, brengt het opzetten van dergelijke grootschalige meetcampagnes ook andere kosten met zich mee die in rekening gebracht moeten worden. Zo zijn er logistieke kosten verbonden aan het uitwisselen van sensoren en het coördineren en opvolgen van deelnemers en hun vragen. Daarnaast zijn investeringen nodig in communicatie, om burgers te informeren en te betrekken, evenals in rekrutering en training, zodat deelnemers op een effectieve manier kunnen bijdragen aan het onderzoek.

2.1.2.3 Activering van de burgers door meerwaarde voor de burger

Een belangrijk aspect in het potentieel succes van een citizen science gestuurde datacollectie is het enthousiasmeren en activeren van burgers om aan een dergelijk project mee te werken. Een belangrijke voorwaarde om tot een succesvolle opzet te komen is het aspect 'beloning' voor de geleverde inspanning. In het geval van het meten van geluid aan de gevel van hun woning of in hun tuin is de voornaamste beloning toegang tot de eigen uitgevoerde metingen, een goede visualisatie inclusief interessante en makkelijk interpreteerbare overzichtsrappporten. Andere motivatoren die voor burgers belangrijk zijn bij deelname aan dergelijke projecten zijn het gevoel hebben deel uit te maken van een grotere gemeenschap van burgers die eenzelfde doel nastreven, het verwerven van nieuwe kennis, in dit geval over geluid en geluidsmetingen, en het gevoel hebben om bij te dragen aan een belangrijk maatschappelijk en wetenschappelijk thema. Naast een helder en laagdrempelig dashboard waarop de burgers hun metingen kunnen volgen, is dus ook een sterke communicatiecampagne die inzet op community-building van belang voor de uitrol van een grootschalige meetcampagne.

2.1.2.4 Beleidsondersteunende factor

In de eerste plaats is citizen science een onderzoeksmethodiek zoals een andere om onderzoeksvragen op een wetenschappelijk gefundeerde manier van een antwoord te voorzien. Burgers worden echter actief betrokken bij het onderzoeksproces en voeren wetenschappelijke taken uit die in klassiek onderzoek door een professionele wetenschapper zouden gedaan worden (bv. verzamelen van data, analyseren van de resultaten, onderzoeksvraag vormgeven).

Naast de wetenschappelijke impact van citizen science, kan het ook een belangrijke beleidsondersteunende rol spelen door het leveren van waardevolle data en inzichten voor beleidsvoering die anders moeilijk of kostbaar te verkrijgen zouden zijn. Door burgers actief te betrekken bij dataverzameling en analyse, kunnen beleidsmakers gebruik maken van gedetailleerde en lokale gegevens of longitudinale metingen. Deze informatie kan ingezet worden om beter geïnformeerde beslissingen te nemen en het beleid te monitoren en aan te passen. Het zorgt tegelijkertijd voor een breder maatschappelijk draagvlak door burgers een actieve rol te geven in het oplossen van gemeenschappelijke uitdagingen.

Voor beleid, zowel lokaal als Vlaams, federaal of internationaal, biedt citizen science heel wat nieuwe data en inzichten om beleidskeuzes te onderbouwen, te maken en op te volgen. Zo tonen heel wat internationale studies¹⁷ bijvoorbeeld aan dat citizen science een belangrijke datakloof kan invullen bij het monitoren van de Duurzame Ontwikkelingsdoelen (SDG's). Daarnaast kan citizen science zorgen voor meer burgerbetrokkenheid bij maatschappelijke kwesties, en dus meer draagvlak voor veranderingen daarrond.

¹⁷ <https://theoryandpractice.citizenscienceassociation.org/collections/contributions-of-citizen-science>

Privacy is een bijzonder belangrijk aandachtspunt bij geluidsmetingen via citizen science. In tegenstelling tot metingen van luchtkwaliteit, water, verkeer of meteorologische gegevens, roepen geluidsmetingen vaak meer bezorgdheden op bij burgers, zowel op juridisch vlak als in de publieke perceptie. Geluid wordt immers snel geassocieerd met geluidsopnames die kunnen worden afgespeeld, wat tot vrees voor afluisteren of identificeerbare opnames leidt. Geluidsopnames in de publieke ruimte, zonder voorafgaande toestemming van de betrokkenen, zijn echter een zware inbreuk op de privacy. Binnen het ontwerp en ontwikkeling in deze context wordt uitdrukkelijk gekozen om nooit geluidsopnames bij te houden. Er worden alleen geluidsniveaus opgeslagen voor verdere verwerking en aggregatie tot specifieke geluidsindicatoren. De resolutie van de gecapteerde data wordt bewust beperkt gehouden zodat het niet mogelijk is om deze direct of indirect te gebruiken voor de herkenning van bijvoorbeeld spraak.

2.1.2.6 Conclusie

- Het is een efficiënte methode om zowel in ruimte als in tijd gegevens te verzamelen.
- Het is een manier om kostenbesparend nuttige informatie te verzamelen.
- Het levert de nodige data aan om beleidsondersteunende maatregelen te selecteren en te evalueren.
- Het activeert de burgers in relevante maatschappelijke thema's.
- Het ondersteunt de algemene wetenschapseducatie en sluit perfect aan bij de STEM-doelstellingen en noden in een breder socio-economisch kader.

De efficiëntie en effectiviteit van de datacollectie in een citizen science aanpak wordt bepaald door de gekozen organisatiemethode. Hier stellen we twee methodes van aanpak voor, een gecentraliseerde methode en een gedistribueerde methode.

2.1.3.1 Gecentraliseerde methode

In een gecentraliseerde aanpak wordt met een eenvoudig stappenplan gewerkt. Het doel is om zowel subjectieve respons als fysieke geluidsblootstelling te meten. Subjectieve respons verzamelen is eenvoudiger en sneller uit te voeren dan de fysieke metingen. Een efficiënte en

Basis: Bevraging van hinder in een groot bevolkingssample

1. Selectie van vrijwilligers voor metingen
2. Contacteren vrijwilligers
3. Eén-op-één communicatie voor leveren en ophalen meetapparatuur
4. Verwerking en rapportering



Voorbeelden uit de praktijk:

2.1.3.2 Dynamische gedistribueerde methode

Deze structuur wordt gevisualiseerd in Figuur 2.

- In een **gedistribueerde opstelling** zijn de investeringen lager, aangezien met een kleiner aantal toestellen gewerkt wordt die flexibel en herhaald kunnen ingezet worden over langere periodes. De ondersteuning krijgt een continu karakter, maar is beter gespreid en schaalbaar door het inschakelen van lokale beheerders. Deze aanpak verlaagt de loonkost voor centrale ondersteuning en maakt het mogelijk om meetcampagnes op een kostenefficiënte manier langer en doelgerichter te organiseren. Bovendien biedt de voorgestelde 'edge-hybride' variant (zie sectie 2.5) extra kostenvoordelen, doordat gegevens lokaal worden verwerkt en enkel samengevatte data doorgestuurd worden. Dit verlaagt de belasting op de centrale infrastructuur en zorgt voor een robuust en schaalbaar systeem.

2.2.1 Doelstelling van het citizen science project

De basistoepassing is het begroten van en door een herhaalde meetcampagne het detecteren van trends in geluidsblootstelling in de bevolking in Vlaanderen zoals uitgewerkt in het Vlaams ecosysteem voor geluidsindicatoren²² (zie hoofdstuk 5 Blootstellingsindicator). In de volgende hoofdstukken wordt de methodologie van het gebruik van citizen science uitgewerkt zonder de specifieke randvoorwaarden van deze basistoepassing systematisch af te toetsen. Het is evident dat de randvoorwaarden van de toepassing de selectie van gebruikers zal beïnvloeden en/of sturen naar de gewenste steekproef.

In de workflow voor de intake van een burger (zie 3.1.6.3) is een onderdeel voorzien waarbij de selectie van meetpunten wordt gestuurd op basis van de randvoorwaarden van de toepassing. In de basistoepassing betekent dit dat vooral de aard van de geluidsomgeving het voornaamste criterium is. We wensen voldoende meetplaatsen in de voornaamste situaties, dus minder gebaseerd op bevolkingsdichtheid. Als tweede randvoorwaarde is het noodzakelijk om meetreeksen te verzamelen in een voldoende socio-economische variatie. Dit gebeurt bij voorkeur via selectie van een breed socio-economisch spectrum binnen de geselecteerde burgers, maar meetreeksen in wijken met een afwijkende socio-economische status is eveneens een te weerhouden piste. De steekproefstrategie voor de basistoepassing is beschikbaar in het Vlaams ecosysteem geluid. Het bereiken van de gewenste steekproef is onderdeel van het ontwerp en beheer van de specifieke toepassing.

pagina 24 van 193

De dataverzameling voor geluid met citizen science voedt meerdere, niet-onafhankelijke doelen:

- Beleidsondersteuning: identificeren van knelpunten is de basis van efficiënte maatregelen
- Bewustwording binnen de bevolking
- Versterken van het wetenschappelijk onderzoek

Deze innovatieve aspecten van het PIO Omgevingsgeluid past volledig in het thema 'verzamelen van ontbrekende informatie voor verder onderzoek' zoals geformuleerd binnen de WHO Noise Guidelines in 2018.

2.3.1.2 Types van geluidsindicatoren

In bijlage 7.2 wordt een volledige lijst van indicatoren opgenomen. In deze sectie wordt een overzicht gegeven van de verschillende types indicatoren in die lijst en wordt een voorbeeld gegeven van de functie en toepassingen.

Ogenblikkelijk geluid

Het ogenblikkelijk geluid wordt gemeten in L_{Aeq} in een resolutie van 1/8 seconde, uitgesplitst in tertsbanden. Tertsbanden geven informatie over de spectrale inhoud van het geluid (hoog- of laagfrequent). De geluidsenergie wordt uitgesplitst in spectrale banden van 20 Hz tot 20 kHz. Voor een gebruikersinterface is dat een te groot detail. Voor visualisatie wordt voorgesteld om $L_{Aeq,10sec}$ en eventueel $L_{Aeq,1sec}$ te visualiseren.

Basisparameters in de wetgeving en hinderevaluatie

De basisparameters in de wetgeving en hinderevaluatie zijn $L_{Aeq,1uur}$, L_{dag} , L_{avond} , L_{nacht} en L_{den} . $L_{Aeq,1uur}$ middelt de totale geluidsenergie voor het A-gewogen geluidssignaal uit over een periode van één uur. De A-weging is een standaard spectraal filter die de gevoeligheid van het menselijk oor simuleert.

De $L_{Aeq,1uur}$ wordt (energetische) geaggregeerd naar een dag-, avond- en nachtperiode, respectievelijk de periodes 07:00 tot 19:00; 19:00 tot 23:00 en 23:00 tot 07:00 uur. Deze aggregatie is niet hetzelfde als een numeriek gemiddelde. Luidere episodes zijn dominant in de aggregatie.

L_{den} is een gestandaardiseerde parameter vastgelegd in de END-richtlijn. Het is een geaggregeerde waarde voor een volledig etmaal waarbij een penaliserende factor van respectievelijk 0 dB, 5dB en 10 dB voor de dag, avond en nacht wordt toegepast. De dosis-effect relatie voor hinder wordt uitgedrukt als functie van L_{den} . Bij berekende parameters op basis van jaargemiddelde invoergegevens resulteert dit in één enkele waarde. Bij metingen zullen de parameters variatie vertonen in functie van de eigenschappen van de lokale geluidssituatie (zie Figuur 6).

Niet-officiële indicatoren voor de gebruikers

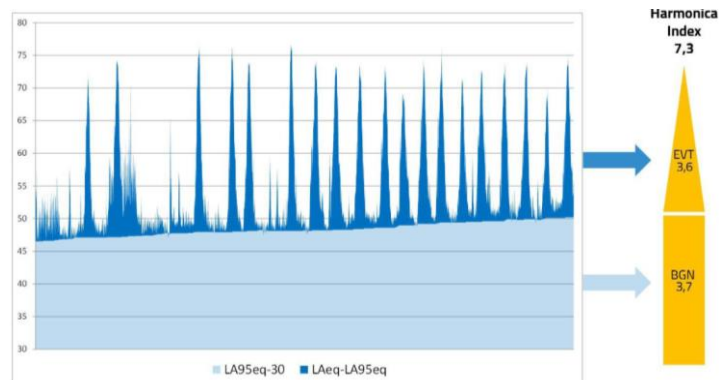
Het visualiseren van de complexe inhoud van geluidsmetingen voor leken is een uitdaging. Op dit gebied zijn er een aantal ontwikkelingen. In een Europees project werd de HARMONICA-Index (HARMONised Noise Information for Citizens and Authorities) voorgesteld en deze parameter en visualisatiemethode wordt nu meer en meer toegepast in de communicatie naar gebruikers²⁵.

De Harmonica-index (HARM) bestaat uit twee componenten: BGN (BackGround Noise) + EVT(Events); het achtergrondgeluidniveau L_{A95} voedt BGN en L_{Aeq} kwantificeert de geluidspieken en voedt EVT. De som geeft de Harmonica-index.

²⁵ Mietlicki, Christophe, Fanny Mietlicki, Carlos Ribeiro, Piotr Gaudibert, and Bruno Vincent. "The HARMONICA project, new tools to assess environmental noise and better inform the public." In Proceedings of the forum acusticum conference, Krakow, Poland, pp. 7-12, 2014.

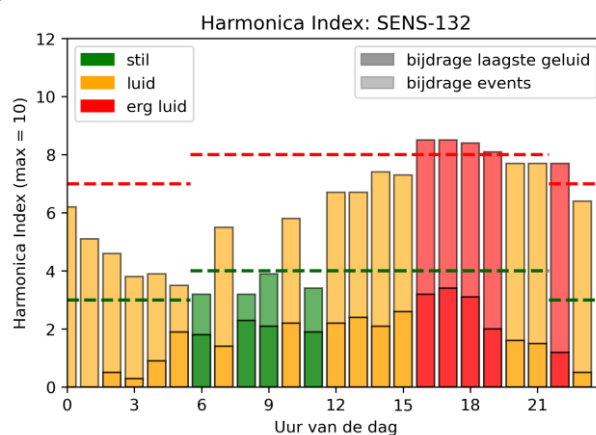
HARM = BGN+EVT

De twee componenten worden in een eenheidsloze schaal omgezet die resulteert in een score tussen 0 en 10 (zie Figuur 3).



Figuur 3: Harmonica-index, figuur overgenomen uit publicatie (zie voetnoot 25).

De indicator wordt berekend op uur basis en wordt omgezet in een drie kleuren code afhankelijk van de dag- of nachtperiode (zie Figuur 4). De harmonica-index geeft geen aparte evaluatie van de avondperiode zoals in L_{den} .



Figuur 4: Visualisatie van de harmonica-index voor een volledige dag, inclusief een variabele kleurencodering (stil, luid, erg luid) die strenger is tijdens de nacht (aangegeven in stippellijn).

Statistische parameters op geluidsniveau

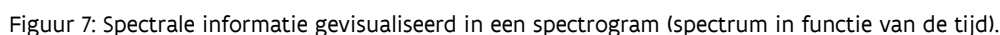
De variatie van het geluid wordt berekend en gevisualiseerd via statistische geluidsniveaus. Deze statistische parameters zijn ook een onderdeel van de regelgeving voor geluid in Vlaanderen. Een statistische parameter $L_{A,T}$ geeft de A-gewogen waarde die X % van de tijd T wordt overschreden weer. Let wel: deze notatie is het inverse van de statistische definitie van een percentielwaarde. $L_{A95,1uur}$ geeft de $L_{Aeq,1seconde}$ waarde die 95% van de tijd wordt overschreden gedurende één uur.

Deze parameters geven een goed visueel inzicht in de dynamiek van het geluidsklimaat. In Figuur 5 wordt een tijdsreeks weergegeven van statistische geluidsniveaus en de L_{Aeq} in een resolutie van 15 minuten. Op weekdays tijdens de ochtendspits is zowel $L_{A95,15min}$ als $L_{A50,15min}$ verhoogd wat een indicatie is van continu verkeer. L_{A01} geeft aan wat de hoogste waarden zijn per 15 minuten. Hier wordt geen L_{Amax} gebruikt omdat deze waarde zeer gevoelig is aan toevalligheden en daardoor minder representatief voor een typische situatie. Een dynamisch

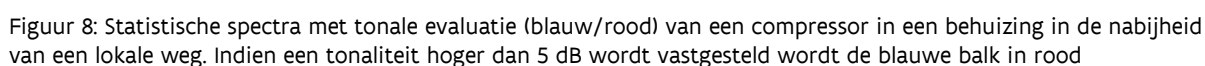
Enkele voorbeelden:

- MP07: dicht bij een snelweg; MP15: op grote afstand van een snelweg; geen lokale

- De meest typische manier om spectra te visualiseren zijn spectrogrammen. Een voorbeeld wordt getoond in Figuur 7. De x-as is de tijd in seconden, de y-as de bijdrage in de tertsbanden. L_{Aeq} en een laagfrequente detector vormen de twee bovenste lijnen. Dit spectrum bevat twee segmenten met spraak, één vliegtuigevent op grote afstand en kwetterende vogeltjes.



Een innovatieve manier om spectrale informatie te visualiseren is een statistisch spectrum (zie Figuur 8). Voor elke set statistische geluidsniveaus wordt het (numeriek) gemiddeld spectrum berekend (LA0_10 = gemiddelde van de luidste 10 percentielwaarden in L_{Aeq}). Indien de geluidsniveaus andere geluidsbronnen weerspiegelen, dan wordt de vorm van het spectrum bepaald door die geluidsbron. Figuur 8 toont een situatie waarbij een compressor met sterke tonale componenten de verstorende geluidsbron is. Op basis van de statistische gegevens is de compressor ongeveer 25% van de tijd actief (beïnvloedt L_{A50} maar niet L_{A25} of L_{A75}). De luidste periodes worden bepaald door lokaal verkeer en vertonen het corresponderend spectrum van verkeer op korte afstand, inclusief de hoge frequenties van rolgeluid. Het spectrum van de stilste periodes (LA75_90 - groen en LA90_100 - grijs) is de bijdrage van wegverkeer op grote afstand.



2.3.2 Geluidsbronherkenning

2.3.2.1 Identificatie van geluidsbronnen

Een belangrijke component in het behalen van de doelstellingen is het uitsplitsen van de blootstelling in de verschillende geluidsbronnen. De primaire doelstelling is de geluidsblootstelling uit te splitsen naar de verschillende hindercategorieën, conform de hinderbevestigingen van het Departement Omgeving (SLO en BLV): wegverkeer, railverkeer, vliegverkeer, burelen, industrie en KMO's, landbouw en recreatie. Dergelijke methodes zijn niet standaard beschikbaar, maar de mogelijkheden op dit gebied zijn in volle ontwikkeling binnen de wetenschappelijke wereld. De relatie naar de perceptie van geluidsbronnen stuurt de implementatie van de bronherkenning. Is de hinderlijke bron de dominante geluidsbron in het totale geluidsniveau? Of zijn occasionele specifieke gebeurtenissen de voornaamste triggers voor de hinderrespons? Is het continu achtergrondgeluid de oorzaak van de hinder en niet de lokale geluiden?

2.3.2.2 Inzetten van artificiële intelligentie

Artificiële intelligentie is een belangrijke evolutie. Ook binnen de discipline omgevingsgeluid vindt deze technologie zijn eerste implementaties. Een cruciaal aspect in de kwaliteit van een AI-systeem is de onderliggende databank van geannoteerde geluiden, ook ontologie genoemd. Verschillende initiatieven zijn beschikbaar als 'open-source'. Er zijn hier een aantal belangrijke kanttekeningen. Wat is de bron van de geluidsfragmenten en hoe en voor welk doel zijn deze fragmenten geannoteerd? Is de set van geluidsfragmenten uit deze databanken voldoende representatief voor de bronherkenning binnen een Vlaamse context?

Een illustratief voorbeeld van dit probleem is Audioset²⁸, een ontologie gebaseerd op fragmenten uit de audiotracks van YouTube-filmpjes. Veel van die annotaties focussen zich op eerder speciale geluiden en herkenning van muziekinstrumenten. De klassieke omgevingsgeluiden zoals “wegverkeer” zijn veel minder terug te vinden.

De AI-gebaseerde methodes maken gebruik van technieken om het volledige geluidssignaal om te zetten in een set gereduceerde parameters die voldoende informatie bevatten om de gewenste herkenning te realiseren.

Eén van de meest gebruikte methodes om geluidsbronnen te herkennen zijn de Mel-frequency-Cepstrums²⁹. Hierbij wordt een specifiek deel van het geluidsspectrum in een hoge tijdsresolutie (orde 25 milliseconden) opgeslagen voor later gebruik. Deze parameters zijn ontworpen om spraakherkenning te doen. Hier is een conflict met de bovenstaande juridische voorwaarde inzake privacy. Elke implementatie van geluidsmonitoring in een citizen science context moet voldoen aan deze randvoorwaarde, met andere woorden er zijn zeer strenge voorwaarden voor het uitvoeren van geluidsoptnames. De meeste bronherkenningstechnieken zijn minstens deels gebaseerd op geluidsoptnames. Dit betekent dat nieuwe technieken - zonder geluidsoptnames - noodzakelijk zijn voor het uitrollen van deze functionaliteit in een groter kader. Dit vergt innovatief onderzoek.

2.3.2.3 Eventdetectie met classificatie

Een technologisch eenvoudigere methode is het identificeren van events en deze events classificeren volgens de relevante informatie: duur van het event en de spectrale inhoud. Dergelijke methodes kunnen ook mikken op het isoleren van heel specifieke events en kunnen zo mogelijk specifieke hinderlijke situatie kwantificeren. Interactie met burgers wordt belangrijk om dergelijke methodes te ondersteunen. Dit wordt in meer detail besproken in hoofdstuk 2.4 'Subjectieve evaluatie en interacties met de burger'.

²⁸ <https://research.google.com/audioset/ontology/index.html>

²⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Mel-frequency_cepstrum

Geluid aan de woning is een complexe combinatie van omgevingsbronnen. Bovenop die complexiteit zijn er een aantal verstorende factoren. De voornaamste factor is wind. Windruis in de microfoon, een klapperende microfoonkabel en dergelijke verstoren de meting. Windsnelheid en windrichting zijn ook verklarende factoren en spelen een zeer grote rol in het evalueren van de impact van geluidsbronnen op grote en middelgrote afstanden. De weersomstandigheden temperatuur en vochtigheid beïnvloeden de atmosferische absorptie. Temperatuur- en windgradiënten in de lage atmosfeer beïnvloeden het propagatiepad van de geluidsgolven door afbuiging en kunnen zowel een positief als negatief effect hebben. Neerslag heeft onder de vorm van een nat wegdek ook invloed op de geluidsbronnen zelf. Het is evident dat dergelijke factoren in een grondige evaluatie moeten worden opgenomen.

2.3.3 Verklarende factoren en koppeling met externe data

2.3.3.1 Ruimtelijke structuur, wegeninfrastructuur en andere geluidsbronnen

2.3.3.2 Meteorologische gegevens

Gerelateerde citizen science projecten: WOW-BE³⁰, Vlaanderen IN DE weer³¹

³¹ <https://vlinder.ugent.be/>

Verkeersgegevens en snelheidsregimes zullen één van de belangrijkste parameters zijn om de langetermijnpact van het beleid op de geluidsmetingen te evalueren. In het Vlaams ecosysteem van indicatoren voor omgevingsgeluid wordt beschreven hoe de beschikbare informatie bij de Vlaamse overheid kan worden geïntegreerd.

Gerelateerde citizen science projecten: Telraam³²

Een andere drukindicator beschrijft de impact van de (akoestische) kwaliteit van de wegdekken. Dit is een zeer relevante parameter om de variatie in en de evolutie van de geluidsmetingen te evalueren. In het Vlaams ecosysteem van indicatoren voor omgevingsgeluid wordt beschreven hoe de beschikbare informatie bij de Vlaamse overheid kan worden geïntegreerd.

Het is de ambitie om zoveel mogelijk parameters te berekenen (Zie sectie 2.5) en zoveel mogelijk verklarende factoren in rekening te brengen in de analyses, zoals besproken in deze sectie. In het Vlaams ecosysteem geluid wordt een overzicht van beleidsrelevante indicatoren toepassingen uitgetekend waarbij deze indicatoren worden gevalideerd via de combinatie van meetcampagnes en externe gegevens. Met andere woorden: kunnen we de theoretisch verwachte effecten van de beleidsmaatregelen ook effectief meten in werkelijke situaties?

- **Wagenpark snelwegen:** Evoluties van verkeer en de impact op de geluidsomgeving waarbij meteorologische variatie, wijzigingen van wegdektypes en wegdekdegradatie nodig zijn om de langetermijntrend te detecteren (MIRA Indicatoren Rapport hoofdstuk 4.2).
- **Wagenpark stedelijk gebied:** Heeft de implementatie van mobiliteitsprojecten en het implementeren van LEZ en/of snelheidsbeperkingen de verwachte impact op blootstelling en hinder?

- De rapportering naar de burger dient waar mogelijk zo conform mogelijk te zijn met de algemeen gebruikte geluidsparemeters, L_{dag} , L_{avond} , L_{nacht} en L_{den} . Dit vereenvoudigt de communicatie en de rapportering.
- Anderzijds is het heel belangrijk om innovatieve informatie te capteren. Een selectie van goed gekozen niet-gestandaardiseerde paremeters voor de gebruikers is noodzakelijk voor verder onderzoek.
- Rapportering van specifieke hinderlijke gebeurtenissen is een belangrijke tool voor het lokale beleid.

Meetresultaten beschikbaar stellen voor de burger is een belangrijk aspect van citizen science. Dergelijke visualisaties tonen een beperkte set parameters die voldoende informatie geven om de burgers te motiveren om mee te werken. Resultaten kunnen zowel in een online dashboard als in een rapport worden gebruikt. Dashboards kunnen in varianten ter beschikking gesteld

pagina 34 van 193

worden, van elementair tot geavanceerd. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden, de prioriteit en de vorm waarin informatie het best wordt gecommuniceerd.

Parameter en visualisatie			
Data type	Info	Prioriteit	Dashboard of rapport?
Tijdsreeks korte termijn	Kortetermijn $L_{Aeq, 10 \text{ sec}}$ en/of $L_{Aeq, 1 \text{ sec}}$ $L_{Aeq, 1 \text{ uur}}$	Essentieel	Dashboard
Tijdsreeks statistische geluidsniveaus	Zie voorbeeld Figuur 5	Optioneel	Dashboard Statistische evaluatie in het rapport
Spectrogram	Kortetermijn spectrogram (zie 0)	Optioneel	Dashboard
Statistische spectra	Evaluatie tonale bronnen	Optioneel, innovatief	Enkel in een geavanceerd dashboard
Langetermijnindicatoren	L_{dag} , L_{ev} , L_{night} , L_{den} , ...	Essentieel	
Dagpatroon per statistisch geluidsniveau	Zie Figuur 5 en/of Figuur 6	Innovatief	Enkel in een geavanceerd dashboard
Meteorologische variatie		Innovatief	Enkel in een geavanceerd dashboard na data-enrichment met meteorologische gegevens

Tabel 1: Overzicht van mogelijk visualisaties voor de burgers (niet-exhaustief).

Uit de bovenstaande opties moet een selectie worden opgenomen in een dashboard. De opties en finale keuzes worden deels geëvalueerd in de PoC (zie hoofdstuk 3).

2.3.5.2 Informatie in een gebruikersrapport

Na de voltooiing van een meetreeks wordt een samenvatting van de resultaten aan de deelnemende burger bezorgd. In dergelijk (geautomatiseerd) rapport kan gekozen worden om een aantal meer complexe visualisaties te voorzien. Het uitsplitsen van de bijdrage van verschillende geluidsbronnen is één van de ultieme doelstellingen. Het gebruikersrapport wordt meer in detail besproken in hoofdstuk 2.8.

2.3.5.3 Kaderen en nuanceren van de resultaten

Geluidsdata zijn gevoelig aan de meetomstandigheden. Wind en regen kunnen de metingen verstoren. Het is belangrijk om deze informatie in een algemene vorm mee te geven. Het is ook mogelijk om dit in de rapportering in rekening te brengen. Zo zouden de resultaten kunnen getoond worden in functie van de windsnelheid (zie voorbeeld in Figuur 8). In de rapporten moet een begeleidende tekst komen om de complexiteit van de verwerking mee te geven aan de burger.

2.3.6 Info voor beheerder, analist, en onderzoeker

Het is evident dat voor de beheerders van een toepassing specifieke visualisaties nuttig zullen zijn voor de analyse van individuele tijdsreeksen en het gebruik van de gegevens. Dit wordt verder behandeld in hoofdstuk 2.8.

2.4 SUBJECTIEVE EVALUATIE EN INTERACTIES MET DE BURGER

Een centraal doel van dit project is het verzamelen van subjectieve hinderrespons in combinatie met de geluidsmetingen. Deze combinatie is interessante wetenschappelijke informatie. In deze sectie wordt het verzamelen van informatie bij de burgers in detail behandeld.

Er zijn verschillende types interactie met de burger:

- Invullen van de metadata voor het meetpunt in plaatsingsvragenlijst
- Invullen van de algemene vragenlijst geluidshinder
- Annotatie van hinderlijke gebeurtenissen en van geluidsgebeurtenissen voor geluidsbronherkenning vanin annotatievragenlijst
- Bijkomende vragenlijsten
- Inbrengen van contextuele factoren

2.4.1 Noden en wensen

2.4.1.1 Metadata

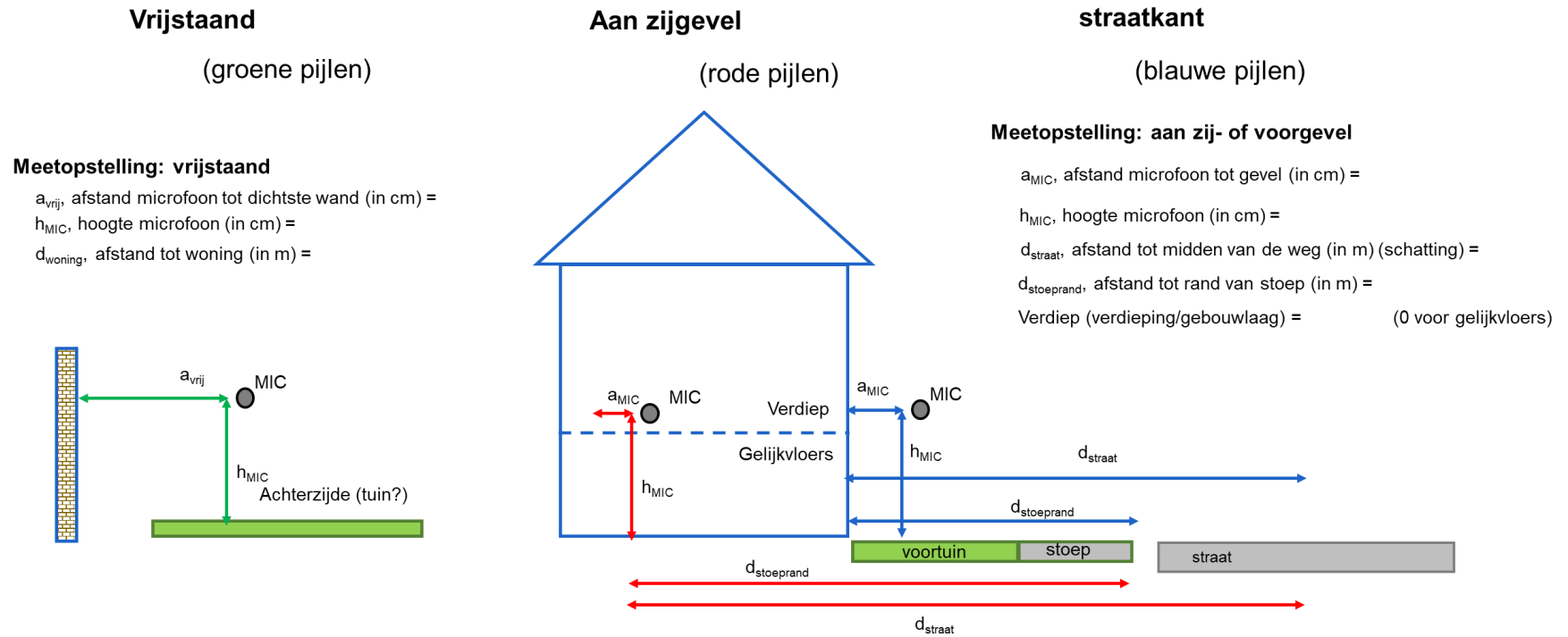
Er zijn drie typische configuraties voor een meetpunt: (1) **straatkant**, (2) **zijgevel** en (3) vrijstaand (**open ruimte, tuin ...**). Deze drie mogelijkheden zijn voorgesteld in Figuur 9.

Een meetpunt kan aan de gevel worden gemonteerd of op een statief los van de gevel. Reflecties van geluid op gevel en wanden beïnvloeden de meetresultaten en dus ook de interpretatie van de resultaten.

Om die reden vragen we een aantal gegevens op over de opstelling.

- We hebben altijd een afstand tot de wand nodig (a_{MIC}). Bij montage op een vensterbank is dit meestal enkele centimeter. Vrijstaand op een statief, bijvoorbeeld in een tuin, is dit de afstand tot dichtste muur of wand, onafhankelijk van de eigenaar. We voeren de waarden in cm in.
- We hebben altijd de hoogte van de microfoon nodig (h_{MIC}). Vanaf de eerste verdieping is een goede schatting voldoende (afwijking ± 0.5 m). Geef ook de verdieping van de microfoon mee.
- Voor een meetopstelling aan de straatkant hebben we de afstand tot de stoeprand en een (geschatte) afstand tot het midden van de weg nodig. Een typische breedte van één rijvak is 3.5 m. Dezelfde informatie is relevant voor een opstelling aan een zijgevel.

Als laatste element vragen we ook één of twee foto's van de opstelling waarvan één met zicht op de microfoon en één met zicht op de straatkant.



Zes velden in metatdata: type opstelling (vrij, straat of zijgevel), v (verdieping), a (afstand mic tot dichtste wand), h (hoogte mic), d_R (stoeprand) en d_S (straat)

Figuur 9: Visueel overzicht van de metadata over de positie van de microfoon.

2.4.1.2 Algemene vragenlijst geluidshinder

Een algemene vragenlijst met de subjectieve evaluatie van de geluidsomgeving is een essentiële pijler van dit project. De Vlaamse overheid heeft grote ervaring met bevragingen voor geluidshinder via het Schriftelijk Leefomgevingsonderzoek (SLO)³³. In 2018 werd de vijfde cyclus uitgevoerd (SLO-4, SLO-0 is de referentie). De resultaten van de zesde cyclus, die is hernoemd naar Burgerbevraging Leefomgevingskwaliteit Vlaanderen (BLV-O), waren eind 2024 beschikbaar. In vergelijking met de vorige SLO-metingen werden in de laatste burgerbevraging enkele belangrijke methodologische aanpassingen doorgevoerd. Zo is de bevragingsmethodologie grondig gewijzigd en werd de vragenlijst uitgebreid en geactualiseerd. De bevraging zelf werd uitgevoerd in het najaar, terwijl deze bij vorige edities (SLO) telkens in het voorjaar plaatsvond. Mede door deze verschillpunten werd de naam van de bevraging gewijzigd in Burgerbevraging Leefomgevingskwaliteit Vlaanderen. De resultaten van deze survey kunnen dan ook beschouwd worden als nulmeting voor de vernieuwde burgerbevraging.

De vragenlijst heeft al meerdere aanpassingen ondergaan waarbij zowel rekening gehouden wordt met de continuïteit als met voortschrijdende inzichten. In de BLV wordt meer aandacht besteed aan slaapverstoring. Een typische bevraging heeft tussen de 5000 en 8000 respondenten. De selectie van deze personen gebeurt op basis van een statistische bevolkingssample (20 000 personen), gevoed vanuit het bevolkingsregister op basis van het rijksregisternummer, om zo representatief mogelijk samengesteld te worden over meerdere factoren: leeftijd, woonplaats

Deze vragenlijst is een goede basis en het kiezen van een vragenlijst in het citizen science project die aansluit bij deze bestaande bron van informatie is niet alleen een goede keuze, maar ligt ook in lijn met de onderliggende toepassing van het citizen science project zoals beschreven in het Vlaams ecosysteem geluid.

Geluidsmetingen uitvoeren is een zware budgettaire oefening zodat het aantal meetposten altijd lager zal zijn dan een typische BLV-bevraging. Dit leidt tot een logische vraag: kunnen we meerdere bevragingen koppelen aan één meetpunt? Aangezien er een belangrijke subjectieve component is in het beantwoorden van hinderenquêtes, is het interessant om die variatie aan subjectieve hinder te relateren aan een vergelijkbaar geluidsklimaat. Bij wie is het nuttig om deze bevraging nog voor te leggen en op basis van welke criteria kan de bevraging worden gekoppeld aan een bestaand meetpunt:

1. De burger die een meeteenheid gebruikt
2. Gezinsleden
3. Mensen uit de directe omgeving: burens of in een wijdere omgeving?

Suggesties voor implementatie:

- In de instructies voor de burger wordt best verwezen naar een mogelijkheid voor de andere gezinsleden om eveneens toegang te krijgen aan een rechtstreeks gekoppelde bevraging.
- In de instructies van de burger is ook een document of flyer voorzien om eventuele vragen van burens over de meetpost te beantwoorden. In deze instructies kan ook een procedure worden voorzien om andere geïnteresseerde burgers een bevraging te laten invullen.
- In de communicatie naar een groter publiek kan een kaart met de meetlocaties beschikbaar worden gesteld. Omwille van de beperkingen door het GDPR is het beter

³³ <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/schriftelijk-leefomgevingsonderzoek-slo-4-2018>

om niet de exacte locatie te visualiseren, maar dergelijke visualisaties kunnen ook andere burgers activeren om een bevraging in te vullen. De meegeleverde adresinformatie kan gebruikt worden om een best passende geluidsmetpost te selecteren en zodoende de datacollectie verder te verrijken.

- Het is een kleine uitbreiding van het vorige punt om iedere vrijwilliger op een eenvoudige manier toegang te geven tot de geluidsbevraging.

Een cruciaal aspect van een strak georganiseerde enquête zoals BLV is het behalen van een representatieve steekproef van de bevolking. Dit ontbreekt doorgaans in een citizen science project omdat de typische bevolking die via dergelijke initiatieven wordt gerekruteerd per definitie een sterke bias heeft. Deelnemers aan citizen science projecten zijn vaker hoogopgeleid, mannelijk, blank, van middelbare leeftijd, wetenschappelijk geletterd of sterk geïnteresseerd in wetenschap en technologie. Dit blijkt zowel uit internationale studies³⁴ als uit een bevraging bij Vlaamse burgerwetenschappers³⁵.

In de geluidsbevragingen via “De Oorzaak” bijvoorbeeld is deze bias naar sterk gehinderde personen goed zichtbaar. Het is normaal dat mensen die sterk gehinderd zijn, sneller reageren op campagnes via sociale media. De resultaten moeten dus genuanceerd worden behandeld. Het voornaamste argument voor gecombineerde geluidsmetingen en hinderperceptie is kennis over werkelijke blootstelling naast de hinderperceptie. Dit betekent dat de steekproef minder moet gericht zijn op representativiteit in de bevolking, maar vooral de variatie in blootstelling moet capteren. Daarbij blijft het belangrijk om de socio-economische bias te vermijden, maar om ook de woonomgevingen van ondervertegenwoordigde bevolkingsgroepen te includeren. De algemene resultaten over de perceptie in dergelijke steekproef zijn geen alternatief voor de gestructureerde, bevolkingsgestuurde enquêtes. Het aantal deelnemers is veel te laag om een vergelijkbare kwaliteit te bekomen. Het doel is om de meetresultaten op verschillende manieren te gebruiken. De twee belangrijkste paden in de context van algemene hinder zijn:

- Metingen kunnen worden gebruikt om de hinderperceptie te verklaren.
- Metingen worden gebruikt om via ruimtelijke modellen de werkelijke blootstelling te voorspellen op andere woningen. Dergelijk model toepassen op de SLO- en/of BLV-bevragingen is opgenomen in het ecosysteem van indicatoren voor een leefbaar geluidsklimaat in Vlaanderen³⁶.

Conclusie: Het verzamelen van een uitgebreide set vragenlijsten heeft een grote toegevoegde waarde. In de verwerking van de gegevens zullen, in functie van de toepassing, passende acties en nuancerings van de resultaten nodig zijn om de mogelijke bias in de bevragingen te evalueren. Het innovatieve karakter is de combinatie van metingen en perceptie in een grote variatie van omgevingssituaties. De dataset voedt verdere analyses, modellering en effectvoorspelling.

2.4.1.3 Annotatie van hinder en geluidbronherkenning

In het overzicht in 2.4.1.1 wordt annotatie uitgesplitst in een component voor hinder en een component voor het versterken van een (toekomstige) geluidbronherkenningsmodule. Het principe van deze twee toepassingen is zo gelijklopend dat het efficiënter is om deze twee functionaliteiten in één sectie te behandelen. De enige verschillen zijn het doel van de annotatie en de complexiteit van de gebruikersinterface om die functie te implementeren.

³⁴ Samu Paajanen, Emilia Lampi, Joni Lämsä, & Raija Hämäläinen. (2021). White paper: Themes, objectives and participants of citizen science activities. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5026192>

³⁵ Duerinckx, A., Hens, C., Kerckhoffs, S., Van Laer, J., & Verstraelen, K. (2021). De burger in Vlaamse burgerwetenschap: Demografie, motieven en ervaringen (Versie 1). Scivil. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5776553>

³⁶ <https://www.vlaanderen.be/publicaties/geluidshinder-evaluatie-van-de-mira-indicatorenset>

Kortetermijnaspecten van subjectieve hinder

Om de subjectieve hinder te begrijpen, is het belangrijk om de hinderrespons op specifieke situaties te capteren. Hierbij wordt de focus gelegd op een kortetermijnrespons die in sterk contrast staat met de algemene hinderenquête die 'by design' een langetermijnevaluatie vraagt. Deze informatie kan in een wetenschappelijke context gebruikt worden om de relatie tussen kortetermijnhinder en langetermijnhinder verder te onderzoeken. Tegelijk zullen deze kortetermijnhinderannotaties zeer relevante informatie aanleveren voor lokale overheden. De verzamelde informatie is een aanvulling van bestaande klachtenbeheersystemen. Een hinderannotatie moet worden gezien als een zeer korte vragenlijst waarbij de volgende informatie wordt ingevoerd.

Overzicht functionaliteit voor hinderannotatie		Aard
Bron van hinder: lijst (bullet) met categorie van geluidsbronnen	Verkeer in straat; trein (pass/goederen); vliegtuig; industrie; recreatie; bouw; bureu	Essentieel
Bron van hinder: - vrij invulveld voor andere geluidsbronnen - Optie: vrij invulveld ingevulde waarden van andere burgers weergeven (stap naar standaardisatie?)		Essentieel
Subjectieve evaluatie van de hinder	Vergelijkbaar met een hinderannotatie	Essentieel
Start-datumtijd	Automatische invoer, maar vrij aan te passen voor retroactieve invoer	Essentieel
Duur en/of einddatum		Essentieel
Wederkerend fenomeen?	Keuzelijst: - Eenmalig, - Weekdagen, - Weekends - Wekelijks ...	Optioneel
Wederkerend fenomeen	Typische duur via een keuzelijst: gehele nacht, ...	Optioneel
Wederkerend fenomeen – aard	aan-en-af, duur aan/af, duur stille periode?	Optioneel
Plaats van waarneming	Keuzelijst: - Binnen - Slaapkamer - Buiten: straat - Buiten: tuin	Optioneel

Bij het uitrollen van dergelijke functionaliteit moet wel met zorg worden gecommuniceerd. Het is niet de bedoeling dat burgers 's nachts opstaan om een hinderlijke bron te annoteren. De hinderannotatie moet ook retroactief kunnen worden ingevoerd.

Annotatie van geluidsbronnen voor ondersteuning bronherkenning

Om geluidsherkenning tot een hoger niveau te tillen, kan een annotatiemodule voor relevante geluiden interessante gegevens opleveren. Bemerkt dat dit reeds een zeer doorgedreven functionaliteit is van een citizen science meetsysteem. Het principe is identiek aan de annotatie van hinderlijke bronnen, alleen hoeft de bron nu niet hinderlijk te zijn maar ‘aanwezig en interessant’ om een relevante kandidaat te zijn voor de geluidsbronherkenning.

De kwaliteit van de geluidsbronherkenning wordt bepaald door beschikbare geannoteerde geluidsfragmenten waarop AI-technieken kunnen trainen. De gebruikers van het citizen science platform, mits voorzien van de passende gebruikersfunctionaliteit, kunnen een grote rol spelen in het verzamelen van de ontbrekende informatie.

Bemerk dat in de klassieke aanpak dergelijke annotatie wordt uitgevoerd op (werkelijke) geluidsopnames. In de citizen science context is gekozen om geen geluidsopnames uit te voeren met het meetplatform om op een eenvoudige manier aan de GDPR-regelgeving te voldoen (zie 2.1.2.5). De annotatie zal alleen kunnen worden uitgevoerd op de ruwe data (1/8 sec tertsbanden). Dergelijke methodes zijn echter in ontwikkeling en resulteren niet dadelijk in bruikbare applicaties. Implementatie in de dashboards van Thingsboard blijkt niet mogelijk.

Een mogelijke workflow voor een annotatie is:

1. Burger hoort opvallende geluidsgebeurtenis (event of continu geluid).
2. Burger opent interface met sterke visualisatie (spectrogram) en kiest het passende tijdsvenster.
3. Burger kiest een overkoepelende categorie, maakt nieuwe categorie indien relevant
4. Burger voert een tekstuele omschrijving van de bron in (optioneel)
5. Burger voert - optioneel - een hinderevaluatie in (conform basisfunctionaliteit)

Deze informatie stroomt door naar het dataplatform voor verdere verwerking (zie hoofdstuk 2.5 en hoofdstuk 5).

2.4.1.4 Bijkomende kleine vragenlijsten

De algemene vragenlijst is vrij lang en neemt ongeveer 30 minuten in beslag. Zowel vanuit het standpunt van de wetenschapper als vanuit het standpunt van de beleidsmaker kan het nuttig zijn om bijkomende vragen te kunnen stellen. De eerste optie is het uitbreiden van de algemene vragenlijst maar het lijkt efficiënter om bijkomende vragen thematisch te bundelen in kleine bijkomende bevragingen.

Enkele voorbeelden:

- Specifieke vragen over slaapgewoontes en geluidsblootstelling tijdens de slaap
- Waarneembaarheid van specifieke geluidsbronnen zonder impact op de hinderevaluatie
- Specifieke vragen over de beleidsdoelstelling binnen de citizen science toepassing
 - Evaluatie van (lokale) beleidsmaatregelen zoals wijzigingen in verkeersstromen en snelheidsregimes.
 - Evaluatie van grootschalige wijzigingen (plaatsing van geluidsscherm, ...)

Hier kan gespecificeerd worden of dergelijke actie mag getriggerd worden op basis van de verzamelde informatie via de andere interactiemodules. Dit kan de vorm krijgen van *“U meldde slaapverstoring door ...; kunnen we hier bijkomende informatie over vragen?”*.

Een meetlocatie bevindt zich altijd binnen een specifieke (akoestische) context. Deze context kan toegevoegde waarde leveren voor de kwaliteit van de bronherkenning. Een aantal illustratieve voorbeelden:

- Het is van belang om zoveel mogelijk dergelijke contextuele factoren te capteren als ‘metadata’ voor de meetlocatie. Deze metadata kunnen zowel afkomstig zijn van de burger als via annotatie via externe bronnen, veelal geografische informatie over de relatieve positie van het meetpunt ten opzichte van typische geluidsbronnen. De mogelijkheden tot externe ‘data enrichment’ en de relatie met de rapportering wordt besproken in hoofdstuk 2.3.3.

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van prioriteit van de bovenstaande componenten. Metadata, de algemene vragenlijst en de hinderannotatie zijn essentieel.

pagina 42 van 193

Hinder	Invoer van een (kortetermijn) hinder evaluatie	Essentieel
Annotatie	Invoer van een (kortetermijn) annotatie voor het voeden van een bronherkenningssysteem	Optioneel en innovatief
Survey	Invoer van (vrijwillige) bijkomende vragenlijsten	Optioneel en innovatief
Verrijking meetpositie	Ruimtelijke en administratieve verrijking van de meetpositie	Innovatief

Tabel 2: Overzicht invoer door burger.

2.5 GELUIDSSENSOR EN DATAFLOW

2.5.1 Noden en wensen

2.5.1.1 Technologische noden

De keuzes van de geluidssensor, de verwerking van de gegevens en de opslag van data op het dataplatform zijn niet onafhankelijk zodat deze aspecten worden besproken in een geïntegreerde aanpak. Geluidsmetingen vragen geavanceerde technologie zodat op vlak van de sensor een vrij performant platform nodig is. In het voortraject is vastgelegd dat de metingen spectraal gevoelig moeten zijn en dat een tijdsresolutie van typisch 1/8 seconde nodig is voor het behalen van de doelstellingen rond bronherkenning en de evaluatie van geluidsevents³⁷. Naast de gedetailleerde informatie is ook geaggregeerde informatie nodig. De eerste technologische keuze hangt samen met de plaats waar deze geaggregeerde informatie wordt berekend, of in technische termen: gebeurt dit op de geluidmeter (de node of *edge*) of op het dataplatform (de server). Deze keuze heeft ook impact op andere elementen in de opstelling:

- Welke informatie wenst men te visualiseren bij de gebruiker?
- In welke tijdsresolutie moet dit beschikbaar zijn bij de gebruiker?
- Welke datatransmissiekost genereert de opstelling?
- Welke dataopslagcapaciteit is nodig voor de opstelling (zowel op de server als op de node)?
- Hoe zijn de technische specificaties van de geluidssensor gekoppeld aan deze technologische keuze?

2.5.1.2 Juridische beperkingen

De eerste vraag, ook van de burgers die in contact komen met de citizen science opstellingen, is “Worden er geluidsopnames gemaakt?”. In de context van omgevingsgeluid en de restricties op de privacy mag een meetopstelling nooit geluidsopnames maken en/of opslaan. Dit is een ‘no-go’ voor iedere citizen science geluid project. Alle technieken die worden ingezet moeten voldoen aan de eisen om geen opnames of spraakherkenning mogelijk te maken. De functionele noden worden dus juridisch beperkt.

2.5.1.3 Functionele noden

Standaard geluidsparemeters met uitbreiding paremeters bruikbaar voor de evaluatie van perceptie

De meetnode moet zowel standaardparemeters aanleveren als geavanceerde paremeters die bruikbaar zijn voor het evalueren van hinder. De hoogste resolutie in de metingen wordt vastgelegd op tertsbandspectra in 1/8 seconde. Deze resolutie bevat voldoende informatie voor geavanceerde analyse zonder spraakherkenning.

³⁷ <https://www.vlaio.be/nl/vlaio-netwerk/programma-innovatieve-overheidsopdrachten/omgevingsgeluid-meten-vlaanderen/voorbereiding>

- Berekent lokaal kortetermijnindicatoren, statistieken en eventdetectie (tijdsresolutie tussen één seconde tot één uur). Daarvoor is een vorm van lokale opslag nodig.
- De indicatoren, statistieken en eventdetectie worden doorgestuurd naar het IoT-platform (zonder de ruwe data). Het datavolume blijft hierdoor (relatief) klein.
- De bronherkenning met een AI-methode classificeert het geluid lokaal (on-edge) en stuurt nooit informatie door die kan gebruikt worden voor spraakherkenning.
- De gebruikersinterface kan alle indicatoren visualiseren vanuit het IoT-platform en zonder significante vertraging door post-processing stappen.
- De indicatoren worden doorgestuurd naar het dataplatform (kleine databank).
- De rapporteringsmodule verwerkt de data vanuit het dataplatform en levert de resultaten op voor de toepassing an sich (= toepassingsbeheerder). Burgers hebben geen toegang tot algemene statistieken (tenzij de gebruikersinterface ook toegang krijgt tot de rapporteringsmodule).

Maximale verwerking ‘on-server’: alle data gaan naar de server, alle verwerking gebeurt op de server

Een eenvoudige unit:

- Dataverwerking om te komen tot een geluidsdrukniveaumeting
- Stuurt alle ruwe data door (tertsbanden en Mel-Frequency cepstrum³⁹ (of mfcc) voor AI-herkenning). *Deze opstelling is principieel in strijd met de juridische beperking.* De mfcc's vormen een risico voor spraakherkenning zodat extra maatregelen nodig zijn om de privacy te beschermen.
- De geluidsmetingen in hoogste resolutie (tertsbanden in 1/8ste seconde) worden doorgestuurd naar het IoT-platform (geen geluidsopnames). Het datavolume is hoog.
- Alle ruwe data worden doorgestuurd naar het dataplatform (databank met hoogste resolutie aan informatie). Dit detail aan informatie wordt niet gevisualiseerd voor de burgers.
- Een server met toegang tot het dataplatform verwerkt de ruwe data (tertsbanden en mfcc's) en slaat deze informatie op in een geaggregeerde set resultaten.
- De gebruikersinterface moet toegang krijgen tot de geaggregeerde data en zal de verwerkte meetresultaten kunnen ophalen in het dataplatform.
- De rapporteringsmodule verwerkt de data vanuit het dataplatform en levert de resultaten op voor de toepassing an sich (= toepassingsbeheerder).

Op basis van deze twee extreme scenario's is het duidelijk dat veel varianten kunnen worden opgezet, elk met hun sterktes en zwaktes. Het maximaal ‘on-server’ scenario is moeilijk te realiseren zonder inbreuk op de juridische randvoorwaarde.

2.5.2.2 ‘Edge’ versus ‘Server’: impact op implementatiestrategie

In deze sectie worden vijf varianten voor de implementatie opgesteld waarbij, op basis van de beschrijving in de vorige paragraaf, het eerste scenario het maximale ‘on-server’-scenario weergeeft en het laatste scenario het ‘on-edge’-scenario.

In deze tabel valt de voorgestelde methode voor de PoC opgenomen onder scenario 4. Dit wordt voor de leesbaarheid van het document al in deze fase meegegeven aan de lezer. Het overzicht wordt weergegeven in Tabel 3.

1. Maximaal server: indicatoren en geluidsherkenning op server, minimalistische meetapparatuur

³⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Mel-frequency_cepstrum

	Scenario				
	Scenario 1 SERVER maximaal 1	Scenario 2 SERVER maximaal 2 – geen herkenning	Scenario 3 EDGE herkenning, server tertsbanden (2 paden)	Scenario 4 EDGE – hybride	Scenario 5 EDGE maximaal
Omschrijving	Server maximaal 1: 1/3 octaaf, 8 keer per seconde en MFCC	Server maximaal 2: 1/3 octaaf, 8 keer per seconde	Herkenning op edge, 1/3 octaaf, 8 keer per seconde	Verwerkte indicatoren worden doorgestuurd Tertsbanden voor herkenning op server (methode niet beschikbaar)	Alles op edge, bronherkenning/mfcc lokaal verwerkt. Enkel verwerkte indicatoren worden doorgestuurd
Door te sturen data volume (edge naar server): ruwe data (floats per seconde)	$8 \cdot (30+1) + 100 \cdot 128 = 13048$ Hoogste datavolume Afhankelijk van de compressietechnieken	$8 \cdot (30+1) = 248$ Hoog datavolume	$8 \cdot (30+1) + 256 = 504$ Hoog datavolume (2 paden)	$8 \cdot (30+1) + = 248$ Hoog datavolume	Geen
Door te sturen data volume: indicatoren	Geen	Geen	Geen	Variabel, afhankelijk van de keuze van de indicatoren Complexe data mogelijk (json/dict) Schatting: 1 tot 10k per uur	Variabel, afhankelijk van de keuze van de indicatoren Complexe data mogelijk (json/dict) Schatting: 1 tot 10k per uur
Accuraatheid herkenning	Best beschikbaar	Voldoende voor omgeving (zie Universit� Gustave Eiffel)	Zeer dicht bij best beschikbaar door pruning (zie AI4sound)	Zeer dicht bij best beschikbaar door pruning (zie AI4sound)	Zeer dicht bij best beschikbaar door pruning (zie AI4sound)
Privacy	Gevoelig, mfcc worden niet langdurig opgeslagen en verbinding moet veilig zijn	Veilig, geen bijkomende vereisten	Veilig, geen bijkomende vereisten	Veilig, geen bijkomende vereisten	Veilig, geen bijkomende vereisten
Edge vereisten	Minimaal bv. Rpi3	Minimaal bv. Rpi3	Bewezen op Jetson nano, mogelijks op Rpi4, mogelijks Tinkerboard (32 bit only)	Mogelijk op Rpi4, mogelijks op Tinkerboard S (32 bit only) Opstelling Tinkerboard S in PoC	Bewezen op Jetson nano, mogelijks op Rpi4. <i>Huidige opstelling (tinkerbaord) mogelijk indien herkenning op 32 bit systeemkan worden ge�implementeerd.</i>
Interactie met gebruiker	Interactie via verrijkingsserver kan vertraging opleveren	Interactie via verrijkingsserver kan vertraging opleveren	Interactie via verrijkingsserver kan vertraging opleveren	Eenvoudig, kortetermijnresultaten rechtstreeks beschikbaar	Eenvoudig, kortetermijnresultaten rechtstreeks beschikbaar
Vereisten verrijkingsserver	Te bepalen	Bandbreedte en rekenkracht voldoende op 1 hardware server voor 50 nodes	Bandbreedte en rekenkracht voldoende op 1 hardware server voor 50 nodes	Bandbreedte en rekenkracht voldoende op 1 hardware server voor 50 nodes	Geen
Flexibiliteit toekomst	Nieuwe bronnen en indicatoren, effect van betere server hardware kan snel ge�implementeerd worden	Nieuwe bronnen en indicatoren, effect van betere server hardware kan snel ge�implementeerd worden	Nieuwe indicatoren/toepassingen eenvoudig, maar nieuwe bronnen vereisen edge deployment; geen voordeel van nieuwe hardware	Geen edge update nodig voor nieuwe indicatoren in post-processing op server Edge update voor indicatoren wenselijk	Edge update nodig voor nieuwe bronherkenning en indicatoren; geen voordeel van nieuwe hardware

Tabel 3: Overzicht van de varianten voor implementatie “Edge” of “Server” gebaseerd.

2.5.2.3 'Edge' versus 'Server': impact op kosten- en risicostructuur

Elk van de bovenstaande opties heeft een impact op de kostenstructuur. De weergegeven cijfers zijn indicatief en zijn sterk afhankelijk van het te kiezen implementatiepad. Het is evident dat bij iedere gekozen strategie verdere optimalisatie mogelijk is.

De scenario's worden geëvalueerd op basis van:

- Datakost communicatie
- Datakost serverinfrastructuur - ruwe data
- Datakost serverinfrastructuur - indicatoren
- Processingkost server infrastructuur
- Impact van beperkingen door privacywetgeving op de ontwikkeling
- Ontwikkelkosten voor serverimplementatie
- Ontwikkelkosten voor edge-implementatie
- Operationele kosten voor serverimplementatie
- Operationele kosten voor edge-implementatie
- Software updates server en edge
- Ontwikkelkost visualisatieresultaten met de gebruiker
- Flexibiliteit naar de toekomst

Veel van deze kosten zullen eerder kwalitatief worden besproken, aangevuld met een - zeer voorzichtige - schatting van de werkelijke kost (zie bijlage 7.1).

Scenario					
	Scenario 1 SERVER maximaal 1	Scenario 2 SERVER maximaal 2 – geen herkenning	Scenario 3 EDGE herkenning, server tertsbanden (2 paden)	Scenario 4 EDGE – hybride	Scenario 5 EDGE maximaal
Omschrijving	Server maximaal 1: 1/3 octaaf, 8 keer per seconde en MFCC	Server maximaal 2: 1/3 octaaf, 8 keer per seconde	Herkenning op edge, 1/3 octaaf, 8 keer per seconde	Verwerkte indicatoren worden doorgestuurd Herkenning via tertsbanden op server (methode niet in open vorm beschikbaar)	Alles op edge, enkel verwerkte indicatoren worden doorgestuurd
Datavolume per dag Datakost per maand	>1000 Mb/dag Mogelijk te reduceren door compressie Extreem hoog datavolume	± 20 Mb/dag Hoog datavolume	± 42Mb/dag Hoog datavolume +	± 20 Mb/dag ruwe data + 0.5 Mb/dag indicatoren Hoog datavolume	0.5 Mb/dag indicatoren (1 sec waarden voor <5Mb) Laag datavolume
Opslagkost server – ruwe data	Extreem hoog Afhankelijk van opslag historiek	Hoog Afhankelijk van opslag historiek	Hoog (scen x 2) Afhankelijk van opslag historiek	Hoog Afhankelijk van opslag historiek	Geen
Opslagkost indicatoren	Identiek voor alle scenario's maar de plaats van opslag kan wijzigen van dataplatform (indicatoren in Thingsboard i.p.v. dataplatform)				
Processingkost server	Zeer hoog Kritisch	Hoog, herkenning via tertsbanden minder intensief Kritisch	Hoog, herkenning via tertsbanden minder intensief (=2) Kritisch	Hoog, herkenning via tertsbanden minder intensief Minder kritisch wegens beschikbaarheid indicatoren	Niet van toepassing
Impact privacy	Risico voor spraak Bijkomende strategieën nodig	Geen	Geen	Geen	Geen
Ontwikkelkost server - herkenning	Zeer hoog	Hoog	Hoog (=2)	Hoog (=2)	Niet van toepassing
Ontwikkelkost server - indicatoren	Matig	Matig	Matig	Laag (grotendeels beschikbaar)	Laag (grotendeels beschikbaar)
Ontwikkelkost edge - herkenning	Matig MFCC berekeningen + privacy beveiliging	Niet van toepassing	Hoog (op basis van tertsbanden)	Geen	Hoog (state-of-the-art) (= 3 of afgeslankte versie)
Ontwikkelkost edge - indicatoren	Niet van toepassing	Niet van toepassing	Niet van toepassing	Laag (grotendeels beschikbaar) Eventindicatoren te ontwikkelen	Laag (grotendeels beschikbaar) Eventindicatoren te ontwikkelen
Software update server	Modellen kunnen worden aangepast	Zie (1)	Modellen kunnen worden aangepast	Modellen kunnen worden aangepast	Aangepaste modellen doorsturen naar edge is belangrijk

	Historische data herberekenen is mogelijk (afhankelijk van opslag historiek)				Geen mogelijkheid om historische data te herberekenen
Software update edge	NVT	NVT	Aangepaste modellen doorsturen naar edge is belangrijk Geen mogelijkheid om historische data te herberekenen	Update van indicatorberekeningen zijn nuttig maar minder kritisch bij goede voorselectie	Update van indicatorberekeningen zijn nuttig maar minder kritisch bij goede voorselectie
Onderhoudskost server - herkenning	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog	Laag – software updates only
Onderhoudskost server - indicatoren	Hoog	Hoog	Hoog	Laag	Laag
Onderhoudskost edge - herkenning	NVT	NVT	Matig	NVT	Matig
Onderhoudskost edge - indicatoren	NVT	NVT	Hoog	Laag	Laag
Gebruikersinterface - visualisatie	Te visualiseren data beschikbaar op één platform (dataplatform). Postprocessing is zeer kritisch voor de gebruikersinterface Vertragingen en verlies aan functionaliteit zijn een groot risico			Te visualiseren data beschikbaar op één platform (Thingsboard). Informatie van indicatoren is ogenblikkelijk beschikbaar. Annotatie in (4) zelfde risico als (1,2,3)	

Tabel 4: Overzicht van de kostenstructuur en operationele risico's van varianten voor implementatie "Edge" of "Server" gebaseerd.

Zelfs zonder de kosten in het segment 'server' in detail te begroten dringt een vrij algemeen beeld zich op. Grote hoeveelheden ruwe data doorsturen veroorzaakt hoge kosten op verschillende fronten: datacommunicatie, dataopslag en postprocessing naar indicatoren. Deze structuur betekent ook softwareontwikkeling en processingfunctionaliteit op het dataplatform. Zoveel mogelijk van de verwerking van de meetresultaten uitvoeren op de 'edge' is hierdoor een interessante piste. Deze keuze betekent wel dat de meetunit duurder wordt maar deze meerkost van €50 tot €150 is laag in vergelijking met de centrale kost voor zowel het dataplatform als de centrale verwerkingseenheden. De eerste twee scenario's vallen af.

De verschillen tussen de andere scenario's zijn subtieler en worden vooral bepaald door de beschikbaarheid en kwaliteit van de bronherkenning. Bronherkenning, en de ontwikkeling ervan, blijft een knelpunt via de verschillende methodes. De kwaliteit van de huidige ontwikkelingen in deze markt is nog niet gegarandeerd. Om die reden wordt de ruwe data wel opgeslagen op de server om de ontwikkeling van de herkenningsoftware te ondersteunen. Verbeterde methodes kunnen dan retroactief worden toegepast op beschikbare meetgegevens.

Voor het ultieme scenario, alles on-edge, is de beschikbare technologie nog niet beschikbaar in open vorm waardoor zowel scenario 3 als scenario 5 nog niet kunnen worden geïmplementeerd. Het weerhouden scenario is scenario 4 waarbij een uitgebreide set indicatoren 'on-edge' wordt berekend en doorgestuurd wordt naar het IoT-platform voor visualisatie en rapportering. De hoge resolutie tertsband meetresultaten worden op het dataplatform bijgehouden voor aparte verwerking met - nog niet in open vorm beschikbare - methodes voor bronherkenning op basis van tertsbanden.

2.5.3 Kostprijs van de meetketen

2.5.3.1 Algemeen

Een eerste element in de evaluatie van de gehele operationele kost is de kostprijs van de geluidmeter zelf. Een eerste vaststelling is dat de basisvereiste, verwerken van de geluidsdata naar tertsbanden in 1/8ste s op zich een vrij grote performantie van de meeteenheid vraagt. Er is in alle scenario's een single-board computer nodig. Veel van de onderdelen in de geluidmeter zijn bijna identiek voor de verschillende varianten. Er is steeds een goede microfoon nodig, windbescherming, datacommunicatie e.d. Een belangrijke technologische beperking is het koelen van de CPU/GPU. In normale toepassingen wordt actief gekoeld met behulp van een ventilator. Een ventilator is geen optie in een geluidmeter zodat altijd een grote warmte-dissipator (koelvinnen) moet worden voorzien voor de koeling. Voor bepaalde hardware keuzes kan dit een harde technische limiet worden. Vooral bij implementatie van bronherkenning kan de energievraag en dus de warmteproductie kritisch worden in het technologische ontwerp. Een alternatieve piste is het ontwerpen van een low-cost unit die door gebruikers kan worden samengesteld. Dit is een standaard aanpak in veel citizen science projecten. Dergelijke pistes zijn – gezien de complexiteit – minder evident voor geluidsmetingen, zeker als het absoluut geluidsniveau en dus de kalibratie een kritische factor wordt.

2.5.3.2 Tinkerboard – voorgestelde opstelling van PIO 'citizen science'

De basiskost wordt bepaald door de meetketen zelf tot en met het punt dat de meetketen operationeel zijn. Dit omvat verschillende onderdelen die niet altijd schalen met het aantal te bouwen meetketens.

- Kost voor elk van de componenten (schaalt per aantal indien niet anders vermeld)
- Assembleren, inclusief positioneren in de meetbox (schaalt per aantal maar is efficiënter bij grotere aantallen)
- Installeren van de software, testen en kalibreren (schaalt per aantal maar is efficiënter bij grotere aantallen)

Tinkerboard ⁴¹ + heat dissipation	Heat dissipation is ook een indoor casing	190€
MEMS op PCB	Nieuwe ontwikkeling – wordt goedkoper bij hogere productie Noise floor: 24 dBA	< 20€
Modem	HAT inclusief GPS	60€
GPS antenne	(kleiner model dan meegeleverd)	10€
Realtime clock (RTC)		5€
Datakost	Apart begroten - geen onderdeel van de hardware	
3D prints microfoonhouders		5 €
Outdoor casing		50 €
Windbol		15 €
Voeding en kabel		35 €
Totale hardware kost		390 €
Assemblage	1/3 dag. software en kalibratie	200 €
Montage (consumables)	Tape, strips	5-10€

Impact op kost van de meetketen voor de verschillende scenario's

Tinkerboard S R2.0 incl 16 Gb eMMC	158€ + 29€ = 187€
Raspberry Pi 4	62€ + 15€ heatsink + 30€ Highspeed SD-card 64 Gb = 107€
Raspberry Pi 3	42€ + 15€ heatsink + 30€ Highspeed SD-card 64 Gb = 87€
Jetson Nano	High-end Edge 200€, ± 15€ heatsink + 30€ Highspeed SD-card 64 Gb = ± 245€ (indien herkenning kan werken met heatsink)

De voordelen van een DIY oplossing zijn:

- De nadelen van een DIY-oplossing zijn:

⁴¹ <https://www.tinytronics.nl/shop/en/development-boards/single-board-computers/asus-tinker-board-s-r2.0-2gb-16gb-emmc>

- Zelf verantwoordelijk voor de technische stabiliteit en kwaliteitscontrole. Met de nieuwe technologie (digitale MEMS) is dit haalbaar.

De voordelen van een commerciële oplossing is de bewezen kwaliteit en mogelijk gecertificeerde geluidsmeter. De nadelen zijn de afhankelijkheid van de geleverde functionaliteit.

Samenvatting geluidsmeter

Algemeen kan gesteld worden dat de verschillen in kostprijs van de meetketens waarbij de DIY oplossing op standaard beschikbare SBC's wordt gebouwd, weinig gevoelig zijn aan de totale kost van de rekeneenheid.

Industriële opties zijn een alternatief maar zullen minder toepassingspecifieke indicatoren mogelijk maken. Dit nadeel kan worden opgelost door een groter aandeel van de verwerking van de resultaten op het serverplatform uit te voeren. De ontwikkelkost van de indicatoren verschuift van de meetnode naar het serverplatform met de bijhorende operationele en financiële consequenties.

2.6 BEHEERPLATFORM

2.6.1 Noden en wensen

Een succesvol beheerplatform speelt een essentiële rol in het efficiënt uitvoeren van een grootschalige uitrol. Dit platform moet de communicatie en coördinatie tussen de verschillende rollen optimaliseren. De lokale beheerders moeten toegang hebben tot cruciale gegevens, zoals contactinformatie van de deelnemende burgers, een overzicht van de gebruikte apparatuur, en de mogelijkheid om snel in te grijpen wanneer zich problemen voordoen. De centrale coördinator heeft nood aan een overkoepelend overzicht van de verschillende deelprojecten die door lokale beheerders beheerd worden, inclusief een logistiek overzicht met de verdeling van sensoren en het monitoren van de meetdata in de verschillende deelprojecten. Daarnaast moet hij op een overzichtelijke en efficiënte manier contact kunnen houden met alle lokale beheerders en om te kunnen bijsturen waar nodig.

Een centraal beheerplatform biedt hierbij niet alleen de mogelijkheid om problemen snel te signaleren, maar helpt ook in het actief opvolgen van de data en de benodigde ondersteuning voor de lokale beheerders. Dit zorgt ervoor dat het project soepel verloopt en de data correct en op tijd verzameld wordt. Het beheerplatform dient dus als de ruggengraat van de operationele processen en moet voldoen aan de behoeften van zowel lokale beheerders als de centrale coördinatie.

2.6.1.1 Aard van de toepassing, deelnemersselectie en risico op bias

Een belangrijk aspect bij de berekening van de gebiedsdekkende blootstellingsindicator is het capteren van een representatieve steekproef van de bevolking.

Een onderdeel van deze discussie zijn de types bias die worden in rekening gebracht:

- Algemene bevolkingsdichtheid
- Ruimtelijke ordening
- Typisch omgevingsgeluid
- Socio-economische status

Deze randvoorwaarden betekenen dat ook op het niveau van de geselecteerde gebruikers een vorm van rapportering moet gebeuren met als expliciet doel het evalueren van de potentiële bias in de gebruikersselectie.

Bij de intake van vrijwilligers als actieve gebruikers (zie stappenplan in 3.1.6.3) wordt een stap voorzien waarbij, op basis van een aantal parameters, een evaluatie wordt gedaan van de ruimtelijke karakteristieken van de meetplaats en indien mogelijke ook de socio-economische status. Het resulterende profiel wordt getoetst aan de beoogde populatie binnen de lopende toepassing. Indien het profiel geen toegevoegde waarde meer heeft in de lopende toepassing wordt de vrijwilliger niet geselecteerd voor de toepassing.

2.6.2 Beschrijving van de rollen in het beheerplatform

Voor de beschrijving van de verschillende acties worden een aantal rollen gedefinieerd. In deze fase beperken we ons tot de basis, met zeven rollen:

- **Lokale beheerder:** verantwoordelijk voor het beheren van de lokale meetcampagne waarin een aantal burgers metingen uitvoeren.
- **Deelnemende burger:** plaatst de meetketen en vult relevante vragenlijsten in.
- **Beheerder van databanken en vragenlijsten:** Deze rol zorgt ervoor dat de data beschikbaar is en correct wordt beheerd.
- **Centrale coördinator:** bewaakt het geheel van het project.
- **Beheerder IoT:** verantwoordelijk voor het beheer van het IoT-platform (Thingsboard in deze studie) en meetapparatuur.
- **Data-analist/rapporteur:** verantwoordelijk voor de verwerking van meetgegevens en vragenlijsten om inzichten te genereren over geluidsblootstelling en ondersteuning bij opstellen van gebruikersrapporten.
- **Eerste-lijn support:** Deze rol biedt technische ondersteuning aan gebruikers, monitort de werking van sensoren en het IoT-platform en lost praktische problemen op.

De verantwoordelijkheden van elke rol worden in meer detail beschreven in sectie 2.7.

Het beheerplatform moet verschillende functionaliteiten bieden die het beheer van de meetapparatuur, communicatie tussen de verschillende rollen en logistieke processen vergemakkelijken.

Voor de rol van lokale beheerder zijn de volgende functies essentieel:

- **Contacteren van deelnemers:** Het platform moet de lokale beheerder toelaten efficiënt contact op te nemen met alle deelnemers binnen het lokale meetproject dat hij beheert. Zo kan hij snel en effectief communiceren met de deelnemers.
- **Overzicht van apparatuur en meetdata:** De lokale beheerder moet op het platform kunnen zien welke apparatuur aan welke deelnemer is gekoppeld en of de sensoren actief gegevens verzamelen. Dit maakt het mogelijk om proactief te reageren op mogelijke problemen, zoals een defecte sensor, en deelnemers tijdig te ondersteunen.
- **Terugbetaling van onkosten:** Het platform moet de mogelijkheid bieden om onkosten te registreren en declaraties in te dienen, zoals vervoerskosten of de aankoop van extra materialen (bijvoorbeeld tape, touw). Deze functie is belangrijk om de lokale beheerders financieel te ondersteunen en hen gemotiveerd te houden.
- **Contact met centrale coördinator:** De lokale beheerder moet een eenvoudig toegankelijke communicatielijn hebben met de centrale coördinator via het platform. Dit is cruciaal voor het oplossen van problemen of het signaleren van kansen en uitdagingen tijdens de uitvoering van het project.
- **Communicatiekanalen:** Naast het faciliteren van communicatie via het platform, moeten lokale beheerders ook kunnen communiceren met hun deelnemers via externe kanalen

mogelijke doelgroepen om deze rol als lokale beheerder te vervullen, zoals scholen, lokale verenigingen, lokale besturen en bibliotheken.

2.7.1.1 Taakverdeling in de gedistribueerde citizen science aanpak

De structuur van de gedistribueerde methode is gelaagd. Waar bij een klassieke, gecentraliseerde aanpak de meeste taken bij één centrale coördinator liggen, worden in deze methode bepaalde verantwoordelijkheden doorgeschoven naar vrijwillige lokale beheerders. Dit is een alternatieve aanpak die lokale betrokkenheid kan versterken. Of deze werkwijze ook leidt tot een verhoogde efficiëntie, wordt onderzocht in de PoC van deze studie. Enkele van deze taken zijn:

- **Communicatiecampagne naar burgers** in het kader van rekrutering: Lokale beheerders starten zelf communicatiecampagnes op binnen hun lokale netwerk of vereniging om burgers te rekruteren voor deelname aan het project.
- **Selectie van burgers voor deelname:** Lokale beheerders kunnen, mits voorzien van goede richtlijnen, zelf burgers selecteren uit een lijst van kandidaten en zetten hiervoor hun lokale expertise in zoals kennis van de omgeving en van de eigenschappen van de kandidaat-meetlocaties.
- **Eerste contactpunt voor burgers** die vragen hebben: Lokale beheerders fungeren als het eerste aanspreekpunt voor deelnemers bij vragen of problemen. Veel vragen van burgers zijn eenvoudig op te lossen zonder veel nood aan gespecialiseerde technische kennis. Op deze manier ontlasten de lokale beheerders de centrale coördinator door eenvoudige vragen zelf op te lossen en enkel de moeilijkere vragen door te spelen naar de Eerste-lijn support.
- **Verdeling van de sensoren:** Lokale beheerders zijn verantwoordelijk voor het uitdelen en terug verzamelen van sensoren, evenals het maken van logistieke afspraken hiervoor. Zij staan dicht bij de deelnemende burgers, waardoor het contact voor deze afspraken vlotter verloopt.

Deze gelaagde aanpak zorgt voor een efficiënte verdeling van verantwoordelijkheden en maakt gebruik van de sterke punten van verschillende betrokkenen om het project succesvol te laten verlopen.

2.7.1.2 Het profiel van de deelnemende burger

De deelnemende burger is verantwoordelijk voor het verzamelen van meetdata via installatie van de sensor en het invullen van vragenlijsten. De deelnemende burger staat in voor:

- **Data verzameling:**
 - Installatie van sensoren: De burger installeert de sensoren op de aangegeven locaties volgens de instructies in de handleiding.
 - Verzamelen van meetdata: De burger zorgt ervoor dat de sensoren correct functioneren en verzamelt meetdata gedurende de meetperiode.
 - Gebruik van dashboard: De burger raadpleegt het online dashboard om meetdata te bekijken en vragenlijsten in te vullen
 - Invullen van vragenlijsten: De burger vult vooraf en tijdens de meetperiode vragenlijsten in over de geluidsomgeving en eventuele hinder.
 - Annotatie van geluiden: De burger noteert interessante geluiden en gebeurtenissen tijdens de meetperiode, indien gevraagd.
- **Communicatie:**
 - Probleemoplossing: De burger meldt eventuele problemen bij de installatie aan de lokale beheerder.
 - Feedback geven: De burger geeft feedback over de installatie en het gebruik van de sensoren, evenals over de algemene ervaring met het project.

- **Teruggeven van sensoren**
 - Overdracht van sensoren: De burger zorgt voor de veilige terugkeer van sensoren aan de lokale beheerder of de volgende deelnemer, volgens de afgesproken tijdlijn.
 - Controle van materialen: De burger controleert of alle materialen, zoals tape en touw, worden teruggegeven.

Om zijn rol als meetpunt goed te kunnen vervullen, dienen volgende noden vervuld te zijn:

- **Technische ondersteuning:** De burger krijgt technische ondersteuning van de lokale beheerder en eerste-lijn support bij problemen met de sensoren.
- **Informatie en training:** De burger ontvangt duidelijke instructies over het gebruik van de sensoren en het invullen van vragenlijsten.
- **Gebruikersrapport:** De burger ontvangt een individueel rapport met een overzicht van de meetresultaten op een voor hem/haar begrijpbare manier.

2.7.1.3 Het profiel van de lokale beheerder

De lokale beheerder speelt een cruciale rol in het succes van de uitrol van de gedistribueerde methode. Deze persoon is verantwoordelijk voor de coördinatie van een lokale meetcampagne en de communicatie met de deelnemende burgers. Een lokale beheerder is een veelzijdige en betrokken persoon die verschillende taken op zich neemt om ervoor te zorgen dat het project soepel verloopt. De lokale beheerder doet dit alles als vrijwilliger, en dient dus over een goede motivatie tot deelname te beschikken.

De lokale beheerder neemt volgende taken op zich:

- **Rekruteren en selecteren van deelnemende burgers:** De lokale beheerder werft nieuwe deelnemers via eigen communicatiekanalen en zorgt voor de selectie van deelnemers volgens aangeleverde richtlijnen.
- **Opstellen van meetcirkels:** De lokale beheerder zorgt voor het opstellen van efficiënte meetcirkels van deelnemende burgers en zorgt voor de verdeling van sensoren onder burgers.
- **Verdeling van sensoren onder deelnemers:** De lokale beheerder maakt afspraken met deelnemende burgers over het ophalen en terugbrengen van sensoren en andere materialen.
- **Eerste contactpersoon bij problemen:** De lokale beheerder is het eerste aanspreekpunt voor deelnemers bij technische of organisatorische problemen. Hij lost zelf eenvoudige problemen op en speelt moeilijkere problemen door naar de eerste-lijn support.
- **Beheren van reservemateriaal:** De lokale beheerder zorgt voor het beheer van extra materialen zoals tape en touw en eventuele bijkomende apparatuur.

Om deze rollen goed te vervullen dient een lokale beheerder over volgende eigenschappen te beschikken:

- **Goede coördinatievaardigheden:**
 - o Moet in staat zijn om verschillende taken en mensen te organiseren en te coördineren.
 - o Kan effectief plannen en afspraken maken met deelnemers.
 - o Heeft ervaring of affiniteit met het organiseren van vrijwilligerswerk.
 - o Kan projecten beheren zonder formele training, maar met een sterke motivatie en betrokkenheid.
- **Communicatieve vaardigheden:**

- Probleemoplossend vermogen:

Om zijn rol als lokale beheerder goed te kunnen vervullen, dienen volgende noden vervuld te zijn:

- Contactgegevens van deelnemers:

- Overzicht apparatuur:

- **Terugbetaling van onkosten:**

- Contact met centrale coördinator en centrale ondersteuning

Een centraal beheerplatform waarin deze functionaliteiten zijn opgenomen kan de lokale beheerder hierbij ondersteunen (zie hoofdstuk 2.6)

2.7.1.4 Het profiel van de centrale coördinator

De centrale coördinator is verantwoordelijk voor de algehele planning, coördinatie en communicatie binnen het project. Door nauw samen te werken met lokale beheerders en andere betrokkenen, zorgt de centrale coördinator ervoor dat alle aspecten van het project soepel verlopen. Van technische ondersteuning en logistiek tot monitoring en rapportage, de centrale coördinator bewaakt het geheel.

De centrale coördinator staat in voor:

- Algemene coördinatie:

- Verzameling van vragenlijstgegevens: Verzamelt de ingevulde vragenlijsten en zorgt ervoor dat de gegevens correct worden opgeslagen in de databanken.
- **Technische ondersteuning**
 - Onderhoud van software: Zorgt voor het onderhoud en de updates van de software die wordt gebruikt voor het verzamelen en analyseren van data.
 - Ondersteuning bij problemen: Biedt technische ondersteuning bij problemen met de databanken of vragenlijsten, zoals fouten in de data-invoer of problemen met de toegang tot de databanken.

2.7.1.6 Het profiel van de beheerder IoT

De IoT-beheerder speelt een essentiële rol in het technische beheer van het project, zorgt voor de correcte werking van het IoT-platform en biedt ondersteuning aan lokale beheerders en deelnemers.

- **Beheer van het IoT-platform**
 - o Configuratie en onderhoud: Zorgt voor de configuratie, onderhoud en updates van het IoT-platform dat wordt gebruikt voor het verzamelen en beheren van data van de sensoren.
 - o Integratie van apparaten: Integreert nieuwe sensoren en andere IoT-apparaten in het platform en zorgt ervoor dat ze correct functioneren.
- **Datamanagement**
 - o Dataverzameling: Beheert de data-invoer van de sensoren naar het IoT-platform, zorgt ervoor dat de data correct en tijdig wordt verzameld.
 - o Dataopslag en beveiliging: Zorgt voor de veilige opslag van data en beschermt deze tegen ongeautoriseerde toegang of verlies.

2.7.1.7 Het profiel van de data-analist/rapporteur

De data-analist staat in voor het verwerken van de verzamelde informatie. Dit omvat:

- **Data-analyse**
 - Analyse van meetdata: Voert analyses uit op de verzamelde meetdata om trends en patronen te identificeren.
 - Analyse van vragenlijstgegevens: Analyseert de antwoorden op vragenlijsten om inzicht te krijgen in de hinderervaringen van deelnemers en de impact van omgevingsgeluid.
- **Rapportage**
 - Gebruikersrapporten: staat in voor het automatisch genereren van individuele rapporten voor deelnemers, waarin de meetresultaten en hinderervaringen worden samengevat en voor overzichtsrapporten per deelproject voor de lokale beheerders.

2.7.1.8 Het profiel van de eerste lijn support

De eerste-lijn support is eerste aanspreekpunt van lokale beheerders bij problemen en staat in voor de technische ondersteuning. Dit omvat:

- **Ondersteuning van gebruikers**
 - o Technische ondersteuning: Biedt technische ondersteuning aan lokale beheerders en deelnemende burgers bij het gebruik van het IoT-platform en de sensoren.
 - o Training en instructies: Zorgt voor training en duidelijke instructies voor lokale beheerders en deelnemers over het gebruik van het IoT-platform.
- **Monitoring en ondersteuning**

In de praktijk kunnen sommige van deze rollen door één en dezelfde persoon worden vervuld. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk dat de databankbeheerder en de IoT-beheerder één en hetzelfde profiel zijn, afhankelijk van de schaal en organisatie van het project.

2.7.2 Doelgroepen voor de rol van lokale beheerder

Het succes van de gedistribueerde citizen science aanpak hangt sterk af van de betrokkenheid en inzet van lokale beheerders. Deze personen spelen een cruciale rol in het coördineren van lokale meetcampagnes, communiceren met deelnemers, en het beheren van sensoren en materialen. De knelpunten en motivatoren van de beoogde doelgroepen werden in kaart gebracht via surveys en interviews. In de volgende secties bespreken we de bevindingen van onze surveys en interviews met scholen, lokale verenigingen, lokale besturen en bibliotheken, en analyseren we hun potentieel om de rol van lokale beheerder op zich te nemen. Een uitgebreidere rapportering van de resultaten, is terug te vinden in de bijlage 7.5 en 7.6.

2.7.2.1 Overkoepelende motivatoren en knelpunten voor alle doelgroepen

Motivatoren tot deelname

Uit de analyse van de verschillende doelgroepen blijkt dat er enkele overkoepelende motivatoren zijn die deelname aan citizen science projecten rond geluid stimuleren, ongeacht de specifieke doelgroep.

- **Maatschappelijke relevantie:** Geluidshinder is een herkenbaar probleem dat burgers en organisaties dagelijks ervaren. Het thema leeft en roept betrokkenheid op, wat bijdraagt aan de motivatie om hieraan mee te werken.
- **Educatieve meerwaarde:** Er is veel potentieel om kennis over geluid en de impact ervan op gezondheid en leefomgeving te verspreiden binnen hun netwerken.
- **Versterken van de sociale cohesie en lokale betrokkenheid:** Door samen te werken rond een concreet, lokaal probleem kunnen deelnemers zich meer verbonden voelen met elkaar en met hun leefomgeving.
- **Zichtbaarheid van de organisatie:** Deelname aan een innovatief burgerwetenschapsproject kan de reputatie van de organisatie versterken, zeker wanneer deze inzet via eigen communicatiekanalen breed gedeeld wordt.

Knelpunten voor deelname

Naast gedeelde motivatoren zijn er ook verschillende overkoepelende knelpunten die bij meerdere of alle doelgroepen terugkomen.

- **Tijd en capaciteit:** Het opnemen van een extra rol als lokale beheerder of organisator van een meetcampagne wordt vaak als een bijkomende belasting ervaren.
- **Technische kennis en ondersteuning:** De werking van de sensoren, het oplossen van problemen tijdens het meten, en het correct interpreteren van de data, worden vaak als potentieel moeilijke aspecten beschouwd waarvoor bijkomende begeleiding of opleiding noodzakelijk is. Hierbij is het belangrijk om een goede ondersteuning en training te voorzien voor de lokale beheerders zodat ze steeds met vragen ergens terecht kunnen. Ook een basisopleiding (bijvoorbeeld onder de vorm van een handleiding, webinar, of

MOOC⁴²⁾ kan het gevoel van competentie bij de lokale beheerders versterken en hen helderheid geven in hun taken en de werkwijze.

- Onzekerheid over projectduur, verwachtingen en verantwoordelijkheden: Zonder duidelijke communicatie over het engagement dat verwacht wordt, de taken die gepaard gaan met de rol van lokale beheerder, en de praktische regeling van zaken zoals sensorbeheer, zijn veel organisaties terughoudend om zich te engageren.
- Deelnamekost: Er leeft een duidelijke vraag naar financiële ondersteuning of het gratis ter beschikking stellen van alle nodige materialen, zoals sensoren, handleidingen of informatief materiaal. Ook het terugbetalen van eventuele onkosten, bijvoorbeeld voor vervoer of het organiseren van bijeenkomsten, wordt als een belangrijke voorwaarde gezien om deelname haalbaar te maken.
- Data-eigendom en privacy: Organisaties willen duidelijkheid over wie eigenaar is van de verzamelde data, hoe deze wordt verwerkt en gedeeld, en welke verantwoordelijkheden zij hierin dragen. Het maken van transparante en juridisch onderbouwde afspraken over databeheer is dan ook cruciaal om vertrouwen te creëren en mogelijke terughoudendheid weg te nemen.

2.7.2.2 Scholen: de leerkracht als lokale beheerder

Leerkrachten zijn goede kandidaten voor de rol van lokale beheerder. Leerkrachten hebben sterke coördinatievaardigheden, zijn communicatief vaardig en hebben een hands-on mentaliteit, wat essentieel is voor het succesvol uitvoeren van deze rol. Bovendien zijn zij gewoon om problemen snel te identificeren en op te lossen, wat hen helpt bij het beheren van sensoren en het ondersteunen van deelnemers.

Leerkrachten kunnen instaan voor het verdelen van de sensoren onder de leerlingen van de klas. Leerlingen – samen met hun ouders – nemen de rol van deelnemende burger op zich en verzamelen data aan hun woning. Samen met de leerkracht, kunnen de leerlingen de resultaten in de klas interpreteren en begrijpen. Zo leren ze bij over het thema van omgevingsgeluid. Dit kan gekoppeld worden aan verschillende vakken (bv. aardrijkskunde, STEM-vakken, algemene maatschappelijke vakken) en leeftijdsgroepen (van eerste tot derde graad secundair onderwijs).

Motivatoren tot deelname: een win-win voor scholen

De belangrijkste motivator voor leerkrachten is het kunnen aanbieden van een authentieke leercontext. Leerlingen kunnen hun onderzoeksvaardigheden ontwikkelen door met actuele, realistische situaties aan de slag te gaan. Dit helpt hen zich te ontwikkelen tot kritische denkers en actieve burgers, wat belangrijke onderwijsdoelen zijn. Daarnaast kan het project gekoppeld worden aan verschillende leerdoelen binnen het curriculum, waardoor het een waardevolle aanvulling vormt op het bestaande onderwijsaanbod (zie bijlage 7.7).

Door deel te nemen aan het project, kunnen scholen ook bijdragen aan het vergroten van de bewustwording over geluidsproblematiek en de impact ervan op de leefomgeving. Dit kan alle leerlingen, inclusief cognitief sterk functionerende leerlingen en minderheidsgroepen, in hun kracht zetten en hen betrekken bij wetenschap en onderzoek.

Aanbevelingen

Voor een samenwerking met leerkrachten dienen er 'kant-en-klare' flexibele en modulaire lespakketten beschikbaar te zijn die afgestemd zijn op de te behalen leerdoelen bij leerkrachten. Daar bij aansluitend dienen ook navormingen hierover gegeven te worden, om leerkrachten te

⁴² Massive Open Online Course, een gratis online cursus die voor een groot publiek toegankelijk is, meestal aangeboden door onderzoeksinstituten of educatieve platforms

helpen eventuele kennis- of ervaringshiaten te overbruggen zodat ze met zelfvertrouwen dit project met hun leerlingen kunnen aangaan.

2.7.2.3 Lokale verenigingen als lokale beheerder

Lokale verenigingen, zoals fanfares, sportclubs, jeugdwerkingen en andere buurtorganisaties die in vrijwel elke gemeente aanwezig zijn, vormen interessante kandidaten om de rol van lokale beheerder op zich te nemen. Deze verenigingen hebben een sterk lokaal netwerk, een gestructureerde werking gebaseerd op vrijwilligers en een breed, divers ledenbestand. Ze komen vaak op regelmatige tijdstippen samen, wat het doorgeven van sensoren vergemakkelijkt, en hun ervaring met coördinatie en communicatie maakt hen goed geplaatst om de logistiek en communicatie rond meetcampagnes efficiënt te beheren. Binnen deze structuur kunnen individuele leden van de vereniging optreden als deelnemende burgers.

Ook lokale actiegroepen rond thema's als geluid, stilte en leefomgeving kunnen een waardevolle rol spelen, hoewel ze niet in elke gemeente aanwezig zijn en vaak vanuit een specifieke invalshoek naar het thema 'geluid' kijken. Daartegenover staat dat zij doorgaans sterk gemotiveerd zijn om geluidsmetingen uit te voeren, wat het risico op uitval tijdens de meetperiodes vermindert.

Motivatoren tot deelname

Een belangrijke motivator voor lokale verenigingen is de versterking van de gemeenschapsbetrokkenheid en het positief bijdragen aan maatschappelijk relevante problemen. Door samen te werken aan een gemeenschappelijk doel, kunnen verenigingen de band binnen hun netwerk versterken en een gevoel van samenhang creëren. Dit project biedt ook een kans om de bewustwording over geluidsproblematiek en de impact ervan op de leefomgeving te vergroten. Voor veel burgers en verenigingen is dit een interessante problematiek die dicht bij hun dagelijkse leefwereld ligt.

Daarnaast biedt het project een educatieve waarde. Het uitvoeren van geluidsmetingen geeft leden de kans om nieuwe vaardigheden te leren en hun kennis te vergroten. Dit kan vooral aantrekkelijk zijn voor verenigingen die zich richten op educatie en persoonlijke ontwikkeling of een link hebben met geluid zoals muziekverenigingen.

Knelpunten voor deelname en aanbevelingen

Een van de grootste uitdagingen is de beperkte tijd en middelen die beschikbaar zijn binnen deze verenigingen. Veel verenigingen draaien op vrijwilligers die al een aanzienlijke hoeveelheid tijd en energie investeren in hun reguliere activiteiten. Het opnemen van extra verantwoordelijkheden, zoals het beheren van sensoren en coördineren van meetcampagnes, kan een te grote belasting vormen. Hierbij is het heel belangrijk om vooraf helder te communiceren over de op te nemen taken door de lokale beheerder, de verwachte tijdsinvestering hiervoor en de periode waarin de persoon als lokale beheerder zal optreden.

2.7.2.4 Lokale besturen als lokale beheerder

Lokale besturen beschikken over een combinatie van lokale expertise, een uitgebreid lokaal netwerk, infrastructuur en communicatietools. Ze hebben gedetailleerde kennis van de lokale omgeving en zijn bekend met specifieke geluidsoverlast-problemen, wat helpt bij het strategisch plaatsen van sensoren op relevante locaties. Daarnaast kunnen zij door hun brede netwerk van contacten, zoals buurtcomités, scholen, en organisaties, de betrokkenheid van burgers versterken en deelname aan het project stimuleren. Ook beschikken ze over de nodige infrastructuur zoals lokalen en communicatiemiddelen (sociale media, maandblad van de

gemeente, ...) die ingezet kunnen worden voor het project. Voor de lokale besturen is geluid vaak een relevant thema en kan deelname aan een dergelijk citizen science pilootproject relevante informatie opleveren voor het lokaal beleid.

Lokale besturen kunnen de rol van lokale beheerder op zich nemen. Daarnaast kunnen lokale besturen ook meer passieve rollen opnemen zoals het ter beschikking stellen van lokalen voor workshops of afhalen en terugbrengen van sensoren of het inzetten van hun communicatiekanalen.

Motivatoren tot deelname

De belangrijkste motivator tot deelname voor lokale besturen zijn de relevante beleidsdata die een dergelijk project kan opleveren. Deze data kunnen ingezet worden voor gerichte maatregelen rond geluid of om de effectiviteit van maatregelen in kaart te brengen met ‘voor en na’ metingen. Voornamelijk lokale besturen in grotere steden reageerden op onze survey, mogelijks omdat de problematiek van geluidsoverlast daar hoger op de agenda staat.

Andere motivatoren voor lokale besturen zijn het versterken van burgerparticipatie bij lokale beleidsvorming en zo ook het vertrouwen van de burger in het beleid laten groeien. Daarnaast zetten grotere steden ook in op innovatie via de ontwikkeling van slimme steden en datagedreven besluitvorming, waaraan deelname aan een project zoals dit kan bijdragen.

Knelpunten voor deelname en aanbevelingen

Lokale besturen hebben echter ook heel wat knelpunten voor deelname en dan vooral voor het opnemen van de actieve rol van lokale beheerder waarbij ze instaan voor de verdeling van sensoren bij hun bewoners. De grootste knelpunten zijn het niet beschikken over voldoende mankracht of budget om bijkomende taken op zich te nemen. Daarnaast leeft soms de indruk dat ook de analyse en beleidsmatige interpretatie van de data tot hun verantwoordelijkheden zou behoren, wat een drempel vormt wegens beperkte expertise. Dit hoeft echter niet het geval te zijn: afhankelijk van het opzet kunnen deze taken ook centraal of extern ondersteund worden.

Voor lokale besturen is een duidelijke link met lokale beleidsdoelstellingen belangrijk, waarbij ze zelf voldoende beslissingsvrijheid hebben over de locaties en doelstellingen van de metingen (bv. in probleembuurt wat betreft omgevingsgeluid). Uitgebreide ondersteuning en begeleiding bij het opstellen van een goede (beleidsgerichte) onderzoeksvraag en onderzoeksmethode, alsook bij de analyse van de meetdata kunnen helpen om deze knelpunten weg te nemen. Tenslotte is het betrekken van verschillende perspectieven binnen het lokaal bestuur een grote meerwaarde voor lokale besturen. Denk hierbij aan thema's als gezondheid, participatie, smart city, en de veiligheids- en preventiedienst.

Voor het louter ter beschikking stellen van infrastructuur zoals lokalen of communicatiekanalen bleek er een grotere bereidheid uit onze survey bij lokale besturen, dan voor het opnemen van de rol van lokale beheerder.

2.7.2.5 Bibliotheken als lokale beheerder

Ook bibliotheken werden verkend als lokale beheerder. Als laagdrempelige ontmoetingsplekken in de gemeenschap hebben zij toegang tot een divers publiek en spelen ze een centrale rol in het verspreiden van kennis en bewustwording.

Communicatie is dus een centrale bouwsteen in citizen science projecten. Het bepaalt in grote mate de participatiegraad, de kwaliteit van de verzamelde data en het vertrouwen in het project.

- **Gemeenschapsgevoel:** spreek deze doelgroep aan op hun groepsgevoel (bv. "we doen dit samen als vereniging")
- **Bestaande netwerken:** Verenigingen hebben vaak al bestaande communicatiekanalen (nieuwsbrieven, WhatsApp-groepen), die kunnen worden ingezet voor het vinden van kandidaten voor de rol van lokale beheerder. Ook een oproep op sociale media in lokale groepen of groepen rond thema's gelinkt aan geluid en milieu kunnen gebruikt worden om lokale beheerders te rekruteren.

Als alternatief voor een formele vereniging kan ook een gemotiveerde individuele inwoner optreden als lokale beheerder. In deze aanpak vertrekt het project vanuit een burger die binnen zijn of haar persoonlijke netwerk zelf een meetcirkel opzet en coördineert. De initiële rekrutering van zulke beheerders gebeurt best via centrale oproepen op sociale media, massamedia zoals kranten, radio of televisie, en via bestaande netwerken of organisaties. Succesvolle communicatie benadrukt de laagdrempeligheid van het engagement en de maatschappelijke meerwaarde ervan.

Lokale besturen

Voor het rekruteren van lokale besturen als lokale beheerder zijn volgende aandachtspunten belangrijk in de communicatie:

- **Beleidsmatig nut:** communicatie moet strategisch zijn, met aandacht voor het maatschappelijk en beleidsmatig nut van het project.
- **Verwachtingen en ondersteuning:** communiceer helder over het doel van het project, de verwachte tijdsinvestering, de rol van het lokale bestuur als lokale verantwoordelijke en de beschikbare ondersteuning, niet alleen voor praktische en technische problemen maar ook voor het opnemen van de resultaten van de metingen in het beleid (data-analyse ondersteuning, data-integratie ondersteuning, ...)
- **Timing:** Interne besluitvormingsprocessen bij lokale besturen en afhankelijkheid van verschillende beleidsniveaus vragen een langere voorbereidingstijd waar rekening mee gehouden moet worden. Geef zoveel mogelijk vrijheid in de timing voor de uitrol aan het lokale bestuur.

Een samenwerking met lokale besturen als lokale beheerder binnen een project vraagt om een intensievere voorbereiding en samenwerking om de concrete lokale vraagstelling en aanpak helder te krijgen. Regelmatige updates helpen om het vertrouwen te behouden.

2.8.2.2 Rekrutering van deelnemende burgers

De manier waarop deelnemende burgers worden gerekruteerd, hangt sterk samen met de gekozen doelgroep van lokale beheerders en de context waarin het project ingebed is. Een aanpak op maat verhoogt de kans op succesvolle deelname en betrokkenheid. Hieronder worden de rekruteringsstrategieën per doelgroep van lokale beheerders toegelicht.

Leerlingen en hun ouders als deelnemers via leerkrachten en scholen

Binnen schoolcontexten loopt de rekrutering van deelnemende burgers grotendeels via de leerkracht als lokale beheerder. Eens een gemotiveerde leerkracht is gevonden, volgt de participatie van leerlingen doorgaans vanzelf. Belangrijke elementen hierbij zijn:

- **Heldere communicatie** naar leerlingen en hun ouders over het doel van het project en wat er verwacht wordt. Hierin moeten zeker ook de privacyaspecten voldoende helder belicht worden.
- **Betrek de ouders:** Betrek bij voorkeur ook ouders via een ouderbrief, zeker indien metingen aan huis plaatsvinden.

- **Heldere communicatie:** Het is belangrijk dat besturen duidelijk communiceren over hun eigen rol en engagement, om verwachtingen goed te managen.

2.8.2.3 Communicatie voor een continu engagement

Om deelnemers en lokale actoren langdurig betrokken te houden in een citizen science project, is een goed georganiseerde en continue communicatie essentieel. Deze communicatie gebeurt op verschillende niveaus: tussen de centrale coördinator en de lokale beheerders, tussen lokale beheerders en deelnemende burgers, tussen burgers onderling, en via centrale kanalen naar alle betrokkenen.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillende communicatieniveaus, met per niveau het doel en de gebruikte middelen. Deze gelaagde aanpak ondersteunt een duurzaam engagement van alle betrokkenen.

Communicatieniveau	Doel	Middelen/Tools
Centrale coördinator ↔ lokale beheerders	Ondersteuning & opvolging van lokale werking	- Communicatiepakket met richtlijnen - FAQ en voorbeeldteksten - Intern platform (bv. Slack, Teams)
Lokale beheerder ↔ deelnemende burgers	Begeleiding tijdens meetcampagne	- Handleidingen en snelstartgidsen (zie bijlage 7.9) - Buren- en ouderbriefjes (zie bijlage 7.9) - Toegang tot dashboard - Helpdesk
Burgers onderling	Informele ondersteuning en groepsgevoel	- WhatsApp-groepje of buurtchat - Lokale afspraken over sensoroverdracht
Centrale communicatie naar alle deelnemers	Engagement behouden, gevoel van impact versterken	- Nieuwsbrieven - Updates via sociale media en website - Resultaten en verhalen uit andere meetgroepen

Interne communicatie: centrale coördinator ↔ lokale beheerders

Lokale beheerders hebben een kernrol als lokale aanspreekpunten en hebben nood aan duidelijke ondersteuning van de centrale coördinator. Daarom is het essentieel dat bij de start van een meetcampagne een communicatiepakket wordt voorzien met richtlijnen, voorbeeldberichten, FAQ's, materiaaloverzichten en instructies. Deze tools helpen lokale beheerders om hun rol efficiënt op te nemen en goed te communiceren met hun lokale groep van burgers.

Voor de onderlinge afstemming en opvolging is een betrouwbaar en laagdrempelig intern communicatieplatform nodig (zoals Slack, Microsoft Teams of een geïntegreerd onderdeel van het beheerplatform – zie ook het hoofdstuk 2.6 over het beheerplatform). Hier kunnen lokale beheerders terecht met vragen, updates en terugkoppelingen, en kan de centrale coördinator vlot informeren en ondersteunen.

Lokale beheerders begeleiden de burgers die metingen uitvoeren. Hiervoor moeten ze beschikken over duidelijke en gebruiksvriendelijke overzichten:

- Ook hier kunnen digitale tools en platformfunctionaliteiten de communicatie stroomlijnen, zoals het automatisch verzenden van herinneringen of updates via e-mail of berichtensystemen (zie ook hoofdstuk 2.6).

Hoewel informele communicatie tussen deelnemers geen verplicht onderdeel is van het project, blijkt uit de praktijk dat spontane uitwisseling, bijvoorbeeld via WhatsApp-groepjes of buurtchats, motiverend kan werken. Zulke communicatie stimuleert het groepsgevoel, helpt bij praktische afspraken zoals de overdracht van sensoren, en verlaagt de drempel om vragen te stellen of ervaringen te delen. Indien wenselijk kan dit door de lokale beheerder aangemoedigd worden met een suggestie voor een gezamenlijke chatgroep. Vanuit de centrale coördinator kunnen hiertoe richtlijnen meegegeven worden met de lokale beheerders over hoe dit te faciliteren.

Om het engagement van deelnemers hoog te houden, is het belangrijk hen regelmatig op de hoogte te houden van de voortgang van het project. Dit kan via een centrale nieuwsbrief, korte updates op sociale media, of nieuwsberichten op de projectwebsite (zie ook 2.8.2.5). Dergelijke communicatie versterkt het gevoel dat deelnemers deel uitmaken van een groter geheel en helpt hen te begrijpen welke impact hun bijdrage heeft binnen het volledige project. Korte verhalen of resultaten van andere meetgroepen kunnen hierbij inspirerend werken.

2.8.2.4 Communicatie over de resultaten

- **Informer**: Het verstrekken van duidelijke en begrijpelijke informatie over de individuele meetresultaten van de burger.
- **Sensibiliser**: Het vergroten van het bewustzijn over geluidsproblematiek en de mogelijke impact ervan.
- **Betrekken**: Het stimuleren van actieve betrokkenheid en participatie van burgers en lokale beheerders.

pagina 71 van 193

- ## Gebruikersrapport voor burgers

Het bevat daartoe een gemiddeld geluidsniveau per dagdeel (dag, avond, nacht) en een totale waarde (L_{den}) en een vergelijking met algemene referentiegegevens. Burgers zijn hierbij vooral geïnteresseerd in hoe ze scoren ten opzichte van een referentie en of de metingen hun hinderperceptie bevestigen of niet. Aanvullend kan het gebruikersrapport wat uitgebreidere informatie bevatten zoals de harmonica index, of grafieken met de variatie in geluidsniveaus doorheen de tijd of voor verschillende frequentiebanden. Hierbij dient echter veel zorg besteed te worden aan het aanbieden van de informatie op een laagdrempelige manier. Dergelijke rapporten zijn ook een gelegenheid om op educatieve manier basiskennis over hoogfrequent en laagfrequent geluid aan te brengen (vogeltjes vs. vliegtuigen)

Naast individuele rapporten voor burgers is het ook aangewezen om een samenvattend gebruikersrapport op maat van lokale beheerders te voorzien. Deze lokale beheerders coördineren een meetcampagne binnen een school, vereniging, buurtkring of andere context, en hebben nood aan een overzicht van de geaggregeerde resultaten van hun meetgroep. Dit rapport bevat bijvoorbeeld het gemiddelde geluidsniveau over alle meetlocaties binnen de campagne, een samenvatting van de Harmonica-scores over alle meetlocaties, trends of opvallende patronen per dagdeel, en een geanonimiseerde samenvatting van gerapporteerde hinder.

Rapportering op toepassingsniveau

pagina 72 van 193

- De communicatie naar een breed publiek moet heel toegankelijk, visueel aantrekkelijk en inhoudelijk boeiend zijn, en kan onder andere storytelling, infografieken en getuigenissen inzetten om betrokkenheid en draagvlak te versterken.

3 UITROL POC EN RESULTATEN

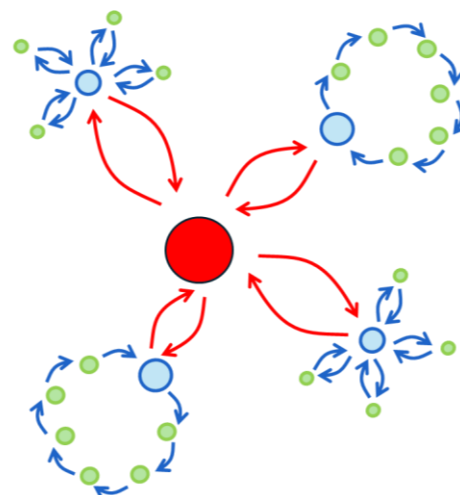
Dit hoofdstuk omschrijft de pilootmetingen die in het kader van de Proof of Concept (PoC) uitgevoerd werden om de gedistribueerde citizen science aanpak in de praktijk te testen. Dit om te verifiëren of de aanpak effectief functioneert in realistische omstandigheden en om technische, organisatorische en gebruikergerelateerde obstakels te identificeren en aan te passen voordat een grootschalige uitrol plaatsvindt. Op basis van de pilootmetingen in deze PoC worden inzichten verzameld en aanbevelingen gedaan voor een grootschalige uitrol (zie hoofdstuk 4).

In het vorige hoofdstuk werden de verschillende elementen van de citizen science aanpak besproken. Dit hoofdstuk geeft voor elk element de beslissingen weer voor de implementatie in de PoC. Vervolgens worden de uitgerolde pilootmetingen besproken en de geleerde lessen hieruit.

3.1 AANPAK VAN DE POC PILOOTMETINGEN

3.1.1 Citizen science opzet

De PoC volgt de gedistribueerde citizen science methode die de basis vormt van de innovatieve opzet van deze studie. In de gedistribueerde methode (zie Figuur 10) organiseren lokale beheerders (blauwe bollen) de inzet van sensoren door deelnemende burgers (groene bollen). Door gebruik te maken van bestaande lokale netwerken wordt de inzet van de relatief dure meetapparatuur flexibeler en beter schaalbaar. De lokale beheerders worden ondersteund door een centrale coördinator (rode bol).



Figuur 10: Burgers aanspreken in een gedistribueerde methode

3.1.2 Geluidsparementers en gebruekersdashbord

3.1.2.1 Geluidsindicatoren

Er wordt gekozen om een maximale set aan indicatoren te berekenen. Deze rekenmethodes zijn beschikbaar en zijn eenvoudig te implementeren. De voornaamste parameters zijn $L_{Aeq,1/8sec}$ en de bijhorende tertsbanden als hoogste resolutie. Aggregaties naar $L_{Aeq,1sec}$, $L_{Aeq,10sec}$ en statistische geluidsniveaus per 15 minuten en per uur zijn beschikbaar alsook meerdere spectrale indicatoren. Het volledige overzicht is beschikbaar in Bijlage 7.2.

3.1.2.2 Visualisatie voor de gebruiker

Voor de PoC werd een eerste versie van het gebruikersdashboard (zie verder, Figuur 11 voorbeeld van het gebruikersdashboard) ontwikkeld op het Thingsboard-platform van de opdrachtgever. Dit dashboard visualiseert de meetgegevens van de geluidsensoren en biedt inzicht in de voortgang en kwaliteit van de metingen.

Het dashboard visualiseert volgende set van indicatoren:

- Ogenblikkelijke geluidswaarde van 10 seconden L_{Aeq}
- Alternatieve weergave voor de geluidsevaluatie via de Harmonica index (15 min)

- Elk onderdeel bevat ook een beknopte omschrijving waarin de betekenis van de visualisaties uitgelegd wordt op maat van de burger. De lange-termijn indicator L_{den} kan binnen de PoC moeilijk worden gevisualiseerd door de nood aan verwerking van de meetgegevens. In de individuele rapportering wordt deze parameter beschikbaar gesteld.

Geluidsensor gel_0007

Geluid gehoord? Vul deze vra...

Meettoestel opgehangen? V...

Wat is er in je omgeving? Vul...

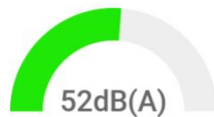
Vlaanderen
is omgeving

annotatievragenlijst

vragenlijst plaatsing

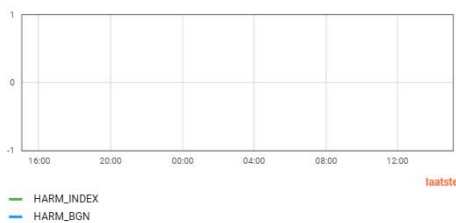
vragenlijst omgeving

Real-time geluidswaarde (elke 10s)



Harmonica index

Geschiedenis - laatste day

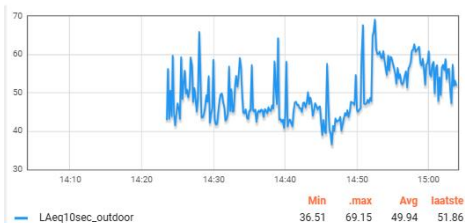


Harmonica-index

De Harmonica-index laat het achtergrondgeluid en de piekgeluiden die deze achtergrond overschrijden zien. De Harmonica-index wordt berekend voor tijdsintervallen van één uur, zodat het mogelijk is om veranderingen over een dag weer te geven. De index wordt hier weergegeven door een lijn die overeenkomt met de achtergrond en de balk erboven die overeenkomt met de piekgeluiden. De kleuren van de balk (groen/oranje/rood) geven aan hoe de geluidsomgeving zich verhoudt tot de milieukwaliteitsdoelstellingen van de WHO (Wereldgezondheidsorganisatie) en de waarden die als kritisch voor lawaai worden beschouwd.

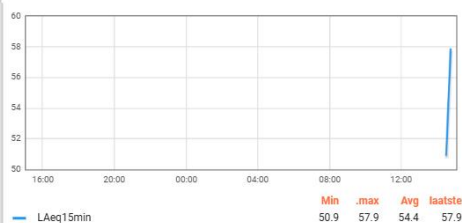
LAeq 10 seconden

Geschiedenis - laatste 1 hour



LAeq 15 minuten

Geschiedenis - laatste day

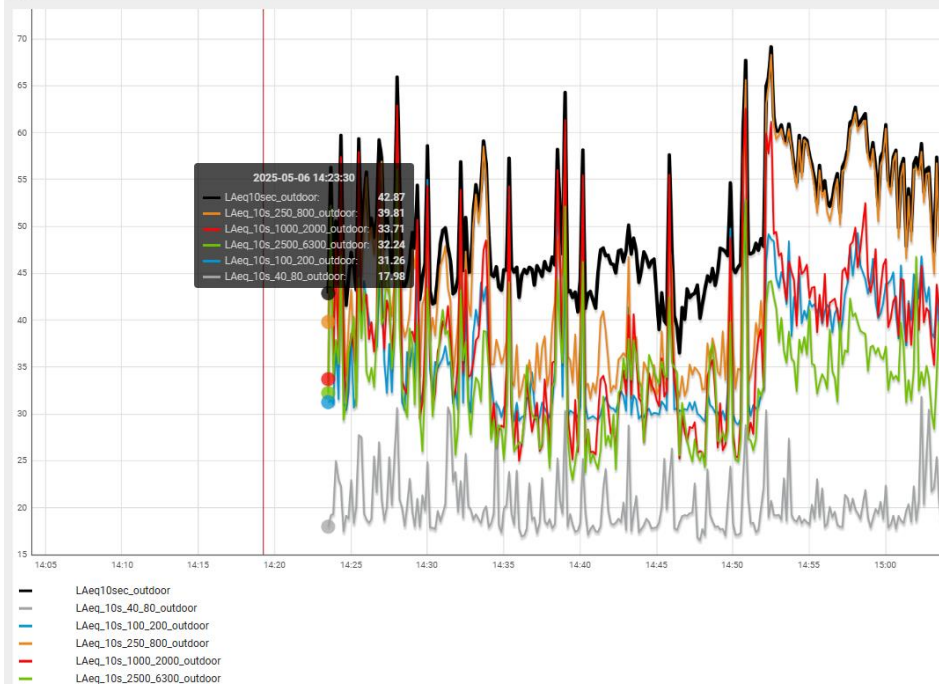


Geluidswaarden - 10 seconden en 15 minuten

Bovenstaande grafieken geven geluidswaarden weer in LAeq (10 seconden en 15 minuten). Geluidswaarden in LAeq worden vaak gebruikt als indicator voor geluidsoverlast. Uit onderzoek blijkt een verband tussen LAeq en ervaren geluidsoverlast. De waarden worden uitgemiddeld over 10 seconden en 15 minuten waardoor korte pieken worden uitgemiddeld.

Geluidswaarden in vijf frequentiebanden

Geschiedenis - laatste 1 hour



Figuur 11 voorbeeld van het gebruikersdashboard

3.1.3 Subjectieve evaluatie en interacties met de burger

3.1.3.1 Vragenlijsten

In de PoC worden drie vragenlijsten geïmplementeerd, via de bij de opdrachtgever beschikbare tool 'Vragenlijsttoepassing' (zie bijlage 7.10):

- Algemene vragenlijst geluidshinder: subjectieve evaluatie van de geluidsomgeving door de deelnemer, in te vullen bij de start van de meetperiode
- Plaatsingsvragenlijst: vragenlijst met informatie over de plaatsing van de geluidssensor (locatie, hoogte, omgeving), in te vullen bij de start van de meetperiode
- Annotatievragenlijst: annotatie van geluidsgebeurtenissen met vermelding van tijdstip, aard van de hinder en vermoedelijke bron, in te vullen gedurende de hele meetperiode

Deze vragenlijsten vormen een cruciaal onderdeel van de dataverzameling en zorgen voor de koppeling tussen objectieve meetgegevens van de sensoren en subjectieve ervaringen of omgevingskenmerken via de vragenlijsten. Kortetermijnannotatie van specifieke geluidsbronnen - de basis om bronherkenning te voeden - wordt niet geïmplementeerd omdat hiervoor complexere gebruikersinterfaces nodig zijn.

De links naar de drie vragenlijsten werden geïntegreerd in het dashboard (zie Figuur 11 voorbeeld van het gebruikersdashboard). Een belangrijk aandachtspunt is de koppeling tussen de verzamelde gegevens van de vragenlijsten en de meetgegevens van de sensor. Voor een efficiënte en foutloze integratie in het dataplatform is het essentieel dat sleutel informatie (meetperiode – deviceId) automatisch meegegeven wordt in de vragenlijsten. Deze automatische koppeling was in deze fase nog niet geïmplementeerd, maar is essentieel voor een grootschalige uitrol.

3.1.4 Geluidssensor en dataflow

3.1.4.1 De geluidssensor

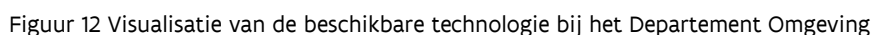
Voor de uitrol van de PoC werden er 10 meettoestellen voorzien. De keuze voor de PoC is de EDGE-hybride oplossing, beschreven in scenario 4 – 'EDGE-hybride' van sectie 2.4.

- De geluidsmeter kan (bijna) alle verwerking lokaal uitvoeren, heeft hiervoor voldoende rekenkracht, werkgeheugen en tijdelijk opslag.
- De keuze voor de ASUS Tinkerboard S R2.0 is voornamelijk gestuurd door de hoge prestaties en technische stabiliteit. Het product komt uit de portfolio van een professionele computerbouwer (ASUS) waar dit product gepositioneerd wordt in een langetermijnvisie voor professioneel gebruik.
- Dit toestel is gebruikt in een opstelling voor het meten van de biologische respons op omgevingsgeluid tijdens de slaap (PIO "Slaap en geluid") waarbij simultaan binnen- en buitengeluidsmetingen worden verwerkt op één meeteenheid en de buitenmicrofoon verbonden is via een WIFI hotspot op de ASUS Tinkerboard. Het technisch meest kritische element is de snelheid van het interne opslagmedium (eMMC) dat een hogere schrijfsnelheid heeft dan de SD-kaart (en enige opslaggeheugen in de Raspberry Pi).
- De geluidsmeter stockeert lokaal de 1/8s tertsbanden. In de uiteindelijke PoC wordt geen ruwe data doorgestuurd (1/8sec tertsbanden) omwille van de beperkingen van het IoT-platform. Er worden geen dataformaten opgeslagen die privacy-gevoelig zijn.
- De eerste implementatie voorzag in het doorsturen van oudere meetgegevens voor de periodes waarin de datacommunicatie (tijdelijk) niet beschikbaar was. Deze procedure bleek sterke piekbelasting te veroorzaken op het IoT-platform en werd omwille van deze beperking gewijzigd. De implementatie is aangepast zodat bij een tijdelijke onderbreking

De technische details van de geluidsmeter zijn beschikbaar in bijlage 7.3. De voorziene implementatie van scenario 4 'EDGE-hybride' werd tijdens de PoC afgezwakt omwille van beperkingen van het beschikbare IoT-platform. Dit wordt in meer detail besproken verderop in 3.1.4.5. Deze beslissingen reduceren ook de datacommunicatie en de bijhorende beperkingen en kosten.

De opdrachtgever wenst de implementatie van de IoT-infrastructuur uit te voeren met in-huis technologie. De IoT-infrastructuur bestaat uit vier componenten:

- Deze elementen en de samenhang tussen deze elementen wordt in Figuur 12 en Figuur 13 gevisualiseerd.



Een laatste technologische tekortkoming is het tijdelijk falen van de interne hardware clock in de geluidsmeter. Indien dit voorvalt staat de datum van het linuxsysteem op de geluidsmeter op een oude datum en tijd (de default waarde voor linux). Er wordt dan gemeten zonder correcte tijdsaanduiding. Deze data wordt niet doorgestuurd. Bij een actieve 4G-verbinding wordt deze interne klok opnieuw juist gezet via communicatie met open internetdiensten die dergelijke functionaliteit voorzien. De geluidsmeter zal na een korte tijd opnieuw meetresultaten met een correcte tijdsindicatie genereren en de geluidsmeter is opnieuw operationeel zonder interventie.

3.1.5 Beheerplatform

- De communicatie met lokale beheerders en burgers wordt georganiseerd via beschikbare communicatietools, zoals mail en berichtenapps (Whatsapp, Signal, ...).
- De koppeling van burger, meetopstelling en meetperiode wordt manueel georganiseerd op het niveau van de IoT-beheerder.
- Er wordt binnen de PoC geen selectie gedaan op basis van locatie en/of gebruikerseigenschappen om mogelijke bias in het selectieproces te evalueren en/of bij te sturen. Dit is onderdeel van een grotere uitrol en toepassingsspecifiek.

- Centrale coördinator
- Lokale beheerder
- Burger
- Beheerder databanken en vragenlijsten
- Beheerder IoT

- Eerste-lijn support
- Data-analist/rapporteur

3.1.6.1 Lokale beheerders en deelnemende burgers

Voor de uitrol van de PoC wordt gekozen om een samenwerking op te zetten met volgende doelgroepen in de rol van lokale beheerder: leerkrachten, lokale besturen, lokale verenigingen, individuele gemotiveerde burgers. De piste van bibliotheken wordt niet meegenomen voor de PoC omdat uit voorbereidende interviews bleek dat de deelnamebereidheid bij deze doelgroep te laag ligt omwille van bovengenoemde knelpunten.

Bij elke doelgroep van lokale beheerder hoort een bijhorende doelgroep van deelnemende burgers:

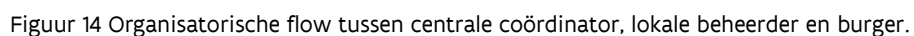
Lokale beheerder	Deelnemende burger
Leerkrachten	Leerlingen
Lokale besturen	Inwoners van de gemeente
Lokale verenigingen	Leden van de vereniging
Individuele gemotiveerde burgers	Burgers die in de buurt wonen van de lokale beheerder

3.1.6.2 Invulling van de andere rollen in de POC

De rol van centrale coördinator wordt in de PoC opgenomen door Scivil, die de uitrol van de pilootprojecten binnen de PoC coördineert. De rol van beheerder van databanken en beheerder IoT wordt opgenomen door Departement Omgeving, met wiens online toepassingen de pilootprojecten worden uitgerold. De rol van eerste-lijn support en data-analist/rapporteur wordt opgenomen door UGent die instaat voor de technische ontwikkeling in het project.

3.1.6.3 Workflow voor de intake van een burger

De organisatorische flow tussen de centrale coördinator, lokale beheerders en burgers wordt weergegeven in Figuur 14.



3.1.7 Communicatie aanpak

3.1.7.1 Doelgroepen

Volgende specifieke doelgroepen of netwerken werden aangesproken bij de communicatie:

- **Leerkrachten:** eerste en derde graad secundair onderwijs, binnen verschillende vakgebieden die gelinkt kunnen worden aan het thema geluid (aardrijkskunde, STEM, ...)
 - o De piste van derde graad lagere school werd verkend, maar uiteindelijk niet weerhouden voor de PoC wegens de jonge leeftijd van de kinderen en het risico voor de dure sensoren die ze heen en weer mee naar huis zouden moeten nemen.
- **Lokale verenigingen:**
 - o Vlaamse Amateurmuziekorganisatie (VLAMO) vanwege de affiniteit met het thema geluid.
 - o Lokale actiegroepen rond geluid.
- **Lokale besturen:** netwerk van steden en gemeenten via VVSG.

3.1.7.2 Rekruteringscommunicatie

De rekruteringscommunicatie binnen de PoC wordt specifiek afgestemd op de verschillende doelgroepen:

- **Leerkrachten:** gerichte oproep via sociale media en nieuwsbrieven van Brightlab en Scivil.
- **Gemotiveerde individuele inwoners:** voor het opstellen van een cirkel van burgers die bij elkaar in de buurt wonen wordt gebruik gemaakt van facebookgroepen ("Ge zijt van...").
- **Lokale verenigingen:** centrale oproep via VLAMO en oproep op sociale media van Scivil
- **Lokale besturen:** aanspreken van persoonlijke contacten van Scivil en oproep via survey uitgestuurd naar contacten van VVSG.

Deze aanpak laat toe om voor elke doelgroep op een laagdrempelige manier een kleinschalige pilootproject uit te voeren.

3.1.7.3 Documentatie voor deelnemende burger

Volgende documentatie werd tijdens de PoCs ter beschikking gesteld van deelnemende burgers:

- **Uitgebreide gebruikershandleiding** met samenvattende ‘snelstartgids’ op één pagina: Deze handleiding geeft stap voor stap uitleg over de installatieprocedure die burgers moeten doorlopen. Belangrijke aandachtspunten hierbij zijn een visueel duidelijke structuur, het gebruik van foto’s ter illustratie van de handelingen en het gebruik van zowel aanklikbare links (voor online gebruik) als QR-codes (voor offline gebruik) naar de vragenlijsten en registratieformulieren.
- **Checklist materiaal:** een korte checklist met alle materialen die terug bezorgd moeten worden aan de lokale beheerder.
- **Burenbriefje:** kort informatief briefje dat deelnemers bij hun burens in de brievenbus kunnen steken om hen te informeren over deelname aan het project en om bezorgdheden rond privacy weg te nemen.
- **Ouderbriefje:** een briefje voor de ouders van deelnemende leerlingen om hen te informeren over het project, de deelname van de school eraan en over de privacy aspecten.
- **Online infopagina:** online webpagina met beknopte uitleg over het project voor deelnemers en geïnteresseerden die meer willen weten over het project. Ook hier wordt info over de privacy aspecten van het project sterk naar voor gebracht om eventuele bezorgdheden weg te nemen.

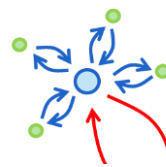
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de uitgevoerde pilootmetingen met verschillende doelgroepen:

Doelgroep	Deelproject	Periode	Aantal deelnemers
Scholen	Scholen	Oktober - November 2024	4 scholen (21 deelnemers)
Lokale verenigingen	Fanfares	December 2024 - Januari 2025	5 deelnemers
Individuele burgers	Oproep via sociale media	December 2024 - Januari 2025	10 deelnemers
Lokale verenigingen	Springstof	Februari - Maart 2025	16 deelnemers
Actiegroepen	Viadukaduk	Februari - Maart 2025	2 deelnemers
Actiegroepen	Waerbeke	Februari - Maart 2025	4 deelnemers

Aanvankelijk werd er ook getracht een pilootproject op te zetten met een lokaal bestuur, maar hier kwamen teveel knelpunten naar boven waardoor deze gesprekken werden stopgezet (zie ook 3.2.6).

3.2.3 Pilootproject 1: Scholen

Methode: gedistribueerd centraal model
Lokale verantwoordelijke: leerkracht
Deelnemende burgers: leerlingen



3.2.3.1 Beschrijving

Voor de rekrutering van scholen werd een oproep verspreid op de sociale media kanalen (Facebook en Instagram) van Scivil en Brightlab. De oproep werd gedeeld door collega's, vrienden en familie. Dit leidde tot 23 leerkrachten die zich kandidaat stelden. Zij werden gevraagd om een survey in te vullen rond motivatoren, knelpunten en concrete beschikbaarheden voor deelname aan de pilootprojecten. Twaalf leerkrachten vulden deze survey volledig in. Met deze twaalf leerkrachten werd vervolgens een kort online gesprek opgezet om de doelstellingen van de PoC te kaderen. Op basis hiervan werden vier scholen geselecteerd voor deelname: twee scholen uit de eerste graad secundair onderwijs en twee scholen uit de derde graad secundair onderwijs.

3.2.3.2 Resultaten

De pilootmetingen met scholen konden rekenen op een hoge mate van interesse en betrokkenheid van zowel leerlingen als leerkrachten. Leerkrachten zagen veel potentieel in de educatieve waarde van de geluidsmetingen, vooral op het gebied van technologie en wetenschap.

De belangrijkste uitdagingen die door deze doelgroep ervaren werden:

- **Tijdgebonden registratie:** Omdat leerlingen vaak op school waren, konden ze overdag geen speciale geluiden registreren via de annotatievragenlijst.
- **Examenperiodes:** De druk van examenperiodes belemmerde de voortgang van het project, wat leidde tot vertragingen in de opvolging van de metingen.
- **Langetermijnprojecten:** Leerkrachten gaven aan dat langetermijnprojecten waardevoller waren, zodat het werk dat ze steken in het ontwikkelen van materialen voor in hun lessen voor meerdere jaren gebruikt kan worden.

Begin november werd het pilootproject alsnog afgeblazen, door de onzekerheid na de gemeenteraadsverkiezingen en een wissel in de bestuursploeg. Deze context zorgde ervoor dat het bestuur geen garanties kon geven over het al dan niet kunnen doorgaan van de geplande metingen.

- **De behoefte aan een duidelijke onderzoeksvraag**, zodat de resultaten van de metingen als input kunnen dienen voor lokale beleidsvraagstukken. Het helder afbakenen en de haalbaarheid van relevante onderzoeksvragen waren hierbij een uitdaging.
- **Trage besluitvorming**: er waren veel vergaderingen nodig om tot afspraken te komen, wat de voortgang belemmerde. Ook was er veel interne afstemming nodig tussen verschillende beleidsniveaus binnen het lokaal bestuur, met uiteenlopende prioriteiten en belangen.
- **Gebrek aan mankracht en kennis**, om de resultaten van de metingen te kunnen analyseren en in te kunnen zetten voor beleidsdoeleinden.
- **Politieke onzekerheid na de verkiezingen**, waardoor lange termijnengagement moeilijk lag.

Ondanks het feit dat het pilootproject uiteindelijk niet kon doorgaan, leverde het traject waardevolle inzichten op over de complexiteit van samenwerking met lokale besturen. Het toont aan dat naast motivatie, ook praktische haalbaarheid en bestuurlijke continuïteit bepalend zijn voor succes.

Voor lokale besturen is de relevantie van meetcampagnes als input voor lokaal beleid van groot belang. Deze lokale focus op deel-onderzoeksvragen en de bijhorende nood aan doorgedreven analyses van de metingen op lokaal niveau passen wellicht minder goed binnen de doelstellingen van een brede, Vlaamse grootschalige uitrol met focus op het overkoepelende Vlaamse niveau.

Lokale besturen kunnen wel aangesproken worden om infrastructuur zoals zaaltjes ter beschikking te stellen, of voor het inzetten van hun communicatiekanalen.

3.2.7 Algemene conclusies uit de pilootprojecten

Deze sectie vat de algemene conclusies samen uit de PoC, opgedeeld volgens de verschillende elementen van de citizen science aanpak, zoals beschreven in hoofdstuk 2.

3.2.7.1 Citizen science opzet

Uit de PoC blijkt dat de gedistribueerde aanpak werkt en potentieel biedt voor opschaling naar een grootschalig citizen science project, mits enkele belangrijke aandachtspunten.

Tijdsplanning:

- **Tijd tussen twee meetperiodes:** Voor de installatie van de sensor moet voldoende tijd voorzien worden, rekening houdend met de extra tijd die nodig is voor de overdracht

van de sensor tussen twee burgers of tussen een lokale beheerder en burger. Een bufferweek tussen de ene en de volgende meting is aanbevolen om praktische problemen op te vangen.

- **Onduidelijkheid over de duur van de meetperiode:** Deelnemers waren niet altijd goed geïnformeerd over het verschil tussen de effectieve meetduur (twee weken) en de totale periode dat de sensor in hun bezit bleef (bijvoorbeeld door vertraging bij overdracht). Dit leidde soms tot sensoren die te laat werden teruggebracht, wat logistieke vertragingen veroorzaakte bij volgende meetrondes. Een helder overzicht in een centraal beheerplatform kan hierbij helpen.

Verloop installatie en meetperiode:

- **De installatie** van de sensoren, de meetperiode en het afronden ervan verliepen over het algemeen vlot. De meeste deelnemers bezorgden de sensoren tijdig terug en vulden na afloop ook de feedbackvragenlijst in.
- **Snelstartgids en installatievideo's:** Deelnemers nemen vaak niet de tijd om een uitgebreide handleiding door te nemen en gaan zelf van start op basis van hun intuïtie. Hierdoor werd regelmatig de plaatsingsvragenlijst niet ingevuld. Een 'Snelstartgids' kwam hieraan tegemoet en zorgde ervoor dat deelnemers makkelijker de juiste installatieprocedure volgen. Bij een grootschalige uitrol kan het ook heel nuttig zijn om korte installatievideo's te voorzien.
- **Incompleet terugbezorgen van materialen:** Kleine onderdelen zoals tape, touw of handleidingen werden regelmatig vergeten bij het terugbezorgen van het materiaal. De lokale beheerder dient over voldoende reservemateriaal te beschikken om dit op te vangen. Individuele materiaalkits per deelnemer kunnen dit ook oplossen.

3.2.7.2 Geluidsparementers en gebrueikersdashboord

Een vaak terugkerend punt van feedback had betrekking tot de gebruiksvriendelijkheid van het gebruikersdashboard:

- **Registratie en inloggen:** Niet alle deelnemers konden vlot inloggen via Itsme. Dit gold bijvoorbeeld voor leerlingen die nog geen Itsme hadden, maar ook voor andere deelnemers. Itsme biedt voordelen op vlak van veiligheid en herkenning, maar bij een bredere uitrol moet overwogen worden of ook alternatieven kunnen aangeboden worden.
- **Gebruiksvriendelijkheid van het dashboard:** Hoewel deelnemers geïnteresseerd waren in hun data, vonden velen het dashboard niet intuïtief genoeg. Het was niet altijd duidelijk hoe metingen te interpreteren. Het gebruik van eenvoudige en laagdrempelige taal en het linken van geluidsniveaus aan herkenbare zaken uit het dagelijks leven van burgers is hierbij belangrijk.
- **Automatische bevestigingsmail:** De automatische bevestigingsmail die gebruikers kregen na het registreren van hun sensor via ItsMe bevatte een telefoonnummer en e-mailadres waar deelnemers niet terecht konden met vragen. Dit zorgde voor verwarring bij sommige deelnemers. Best wordt en alle e-mail communicatie dezelfde helpdeskgegevens meegegeven.
- **Technische problemen** met de Safari-browser op iPhones werden opgemerkt maar inmiddels aangepakt.

Een eenvoudige app op de smartphone voor opvolging van meetresultaten en het invullen van vragenlijsten zou het gebruiksgemak verhogen, zeker bij jongeren die minder geneigd zijn om in te loggen op een website.

3.2.7.3 Subjectieve evaluatie en interacties met de burger

Volgende feedback over de vragenlijsten kwam naar boven uit de PoC:

- Deelnemers hadden moeite om vragenlijsten terug te vinden op het dashboard.
- De lengte van de vragenlijsten was ok. De meeste deelnemers vulden de vragenlijsten volledig in.
- **Automatische koppeling:** Deelnemers gaven foute deelnemernummers en sensornummers door in de vragenlijsten. Automatische koppeling via persoonlijke links is noodzakelijk voor een opschaling van het project.
- **Annotatievragenlijst:**
 - o De functionaliteit om geluiden te annoteren werd weinig gebruikt. Herinneringen of notificaties tijdens de meetweek kunnen de betrokkenheid bij deze functie verhogen.
 - o Bij de annotatievragenlijst is het belangrijk om ook het tijdstip van het geluid te bevragen, aangezien de annotatievragenlijst vaak niet meteen na het plaatsvinden van het geluid wordt ingevuld, maar pas op een later tijdstip (bvb. wanneer men 's nachts wakker wordt van een geluid)
- **Plaatsingsvragenlijst:**
 - o **Het inschatten van afstanden** is voor veel burgers moeilijk (bvb. afstand tot de rand of tot het midden van de rijbaan, hoogte vanop een verdieping tot aan de grond). Gebruik hiervoor gemiddeldes die een burger kunnen helpen bij deze schattingen (bvb. een verdieping is gemiddeld 3.5m hoog, een rijbaan is gemiddeld 3m breed), of vraag deelnemers niet om afstanden te schatten maar vraag enkel op welke verdieping de sensor hangt of hoeveel rijbanen de weg telt.
 - o **Adresgegevens:** het adres van de metingen werd geregistreerd via de gegevens beschikbaar via de ItsMe registratie. Dit kwam echter niet altijd overeen met het werkelijke adres waarop de metingen gebeurden (bijvoorbeeld wanneer de sensor niet bij de persoon thuis maar elders geïnstalleerd werd). Een apart veld in de vragenlijst over de locatie van de sensor is hier dus aan te raden.
 - o Werk met **adaptieve** vragenlijsten, waarbij vragen zich aanpassen op basis van de antwoorden of maak de onderdelen van de vragenlijst visueel duidelijker. Dit voorkomt fouten bij het invullen. Een veel voorkomende fout bij de plaatsingsvragenlijst was bijvoorbeeld dat burgers zowel de vragen voor 'wanneer een sensor niet tegen de gevel van je woning gemonteerd is' als voor 'wanneer de sensor tegen de gevel van je woning gemonteerd is' invulden.
 - o **Opladen van foto's:** Gebruikers met een iPhone slaagden er niet altijd in om foto's te uploaden vanop hun telefoon omdat het bestandsformaat niet aanvaard werd. Ook hadden deelnemers problemen met het opladen van te grote foto's. Door de tussenstap van het moeten verkleinen van de foto of hem te moeten omzetten naar een ander formaat haakten ze sneller af.

3.2.7.4 Geluidssensor en dataflow

De geluidssensor:

- Goede kwaliteit van de geluidsmetingen door de verbeterde digitale MEMS technologie.
- Berekening van indicatoren on-edge reduceren de nood aan servergebaseerde verwerking.
- Geluidsherkenning is technologische niet beschikbaar in het open domein.
- Burgers geven aan dat de behuizing niet voldoende professioneel oogt.
- Een aantal sensoren viel tijdens de meetperiode tijdelijk uit door condensatie of losgekomen kabels.

Datacommunicatie:

- De kwaliteit van de 4G-modem is te laag (twee types in het project).
- De kwaliteit van het Orange netwerk is een sterk beperkende factor voor meetapparatuur die deels afgeschermd op de façades wordt geplaatst.
- In gebieden met zwakke dekking werd de data niet of met vertraging doorgestuurd. Hierdoor konden deelnemers hun metingen niet live opvolgen, wat bij sommigen leidde tot verminderde motivatie. Een mogelijke oplossing is het gebruik van een sterkere antenne.

IoT-infrastructuur

- De prestatie van de Thingsboard-server is beperkt. Een alternatief datacommunicatietraject is nodig voor de doorstroom van de data in de hoogste resolutie (1/8 s tertsbanden).
- De verwerking van de data is uitgevoerd via een alternatief traject (Cloud-service Minio).
- De koppeling tussen de verschillende functionaliteiten is niet gebruiksvriendelijk genoeg. Er is ook verlies aan kwaliteit door deze tekortkoming.

Rapportering:

- Opgezet met de 'flat file' data-upload naar het cloud-server platform. Idealiter komt deze informatie in een databank voor geautomatiseerde rapportering.
- Rapporteringsfunctionaliteit is applicatie gebonden. De analyse van de verzamelde metingen valt buiten de scope van dit project.

3.2.7.5 Beheerplatform

De communicatie tussen de centrale beheerrollen, lokale beheerders en burgers verliep soms stroef in de PoC door het gebrek aan een centraal beheerplatform. Een vlotte communicatie via een centraal beheerplatform is noodzakelijk bij een opschaling van het project.

Een beheerplatform kan de overdracht van sensoren op drie niveaus ondersteunen:

- Van centrale coördinator naar lokale beheerders:
 - o Lokale beheerders ontvangen vaak meerdere sets materiaal in één keer. Een goed overzicht behouden van dit materiaal is cruciaal.
 - o Een centraal beheerplatform kan ondersteuning bieden bij het beheren van locaties, materialen en het opvolgen van sensoren.
 - o Regelmatig contact via gsm, mail of WhatsApp bleek doeltreffend binnen de PoC maar is niet haalbaar bij een grootschalige uitrol.
- Van lokale beheerders naar deelnemers:
 - o Het opstellen van meetcirkels vraagt tijd en zorgvuldige planning. Een centraal beheerplatform kan dit ondersteunen.
 - o Vergoeding van kleine onkosten voor lokale beheerders is wenselijk en kan via beheerplatform ondersteund worden.
- Tussen burgers onderling:
 - o De sensoroverdracht tussen deelnemers verliep meestal vlot, mede dankzij duidelijke instructies van de lokale beheerder. In sommige gevallen namen deelnemers zelf initiatief om WhatsAppgroepjes op te zetten, wat de coördinatie en het delen van ervaringen ten goede kwam.

Communicatie tijdens de metingen: Ondanks de technische uitdagingen bleef het engagement van veel deelnemers opvallend hoog. Deelnemers waardeerden de heldere communicatie en snel beschikbare hulplijnen. Verschillende deelnemers namen spontaan initiatief, zoals het opzetten van WhatsAppgroepjes voor hun meetcirkel, het aanspreken van burens om ook deel te nemen, of het geven van constructieve feedback. Dit wijst op een sterk communitygevoel en het potentieel van dit project om burgerwetenschap lokaal te verankeren.

Gebruikersrapport: Een duidelijk, begrijpelijk en visueel rapport is essentieel om tegemoet te komen aan de verwachtingen van burgers om persoonlijke meetresultaten te krijgen. Uit feedback op het gebruikersrapport nemen we volgende elementen mee:

- Een beknopte weergave is essentieel. Te veel pagina's ontmoedigen om te beginnen lezen. De eigen meetresultaten van de burger moeten duidelijk en centraal in beeld staan.
- Burgers zijn vooral geïnteresseerd hoe de eigen resultaten zich verhouden tot anderen of tot een gemiddelde.
- Samenwerking met een grafisch designer voor visueel aantrekkelijke en heldere grafieken is aanbevolen voor een grootschalige uitrol en professionele uitstraling
- Rapporten moeten automatisch gegenereerd kunnen worden met zo weinig mogelijk manuele tussenkomst.
- Burgers vinden de bijkomende informatie uit het uitgebreide rapport interessant en leren graag iets bij over geluid.

3.2.8 Conclusie

De pilootprojecten tonen aan dat de gedistribueerde citizen science aanpak kan werken. Lokale beheerders spraken in de pilootprojecten succesvol hun lokale netwerk aan en het doorgeven van sensoren tussen burgers werkte ook succesvol, mits enkele aandachtspunten. Voor de opschaling van deze aanpak is een centraal beheerplatform noodzakelijk om de organisatie op grotere schaal beheersbaar te houden. Ook toont de PoC dat voldoende ondersteuning via een permanent beschikbare hulplijn en heldere communicatie essentieel zijn voor het behoud van motivatie bij deelnemers.

De technologische uitwerking is momenteel nog niet bruikbaar voor een grote uitrol. Naast technologische verbeteringen aan de meeteenheid, is ook de gebruiksvriendelijkheid van de IoT-infrastructuur en het bijhorende gebruikersdashboard nog onvoldoende voor een goede gebruikerservaring.

4 PLAN VAN AANPAK VOOR GROOTSCHALIGE UITROL

Bij het grootschalig verzamelen van geluidsmetingen zijn twee pistes mogelijk:

- Een sterk gecentraliseerde aanpak met veel meetapparatuur en korte horizon voor één enkele toepassing.
- Een gedecentraliseerde aanpak waarbij minder meetapparatuur, meer en langer wordt ingezet op een flexibele manier.

Het is duidelijk dat deze twee pistes sterk van elkaar verschillen maar dat veel scenario's mogelijk zijn. De beslissing voor een piste wordt gevoed door verschillende argumenten.

- Ondersteuningsvriendelijk: een lage personeelskost is zeer belangrijk.
- Robuustheid: hoe eenvoudiger de dataflow hoe robuuster de applicaties en hoe lager de ontwikkelkost (buiten de scope van deze simulatie)
- Eenvoud in de dataflow heeft ook grote impact op de ontwikkelkost en de lange-termijnonderhoudskost.
- Kwaliteit van de meetopstelling: de duurzaamheid van de hardware is belangrijk om de onderhoudskost te minimaliseren.

De keuze wordt ook voor een belangrijk deel gestuurd door de gewenste functionaliteit op de middellange termijn. De 'return-on-investment' wordt bepaald door de synergie met andere toepassingen.

4.1 VAN POC NAAR UITROL: AANBEVELINGEN OP BASIS VAN POC

In deze sectie bundelen we de praktische aanbevelingen en inzichten die voortkomen uit de uitvoering van de PoC voor het opschalen van de PoC tot een grootschaligere uitrol. Ze focussen op concrete aspecten van organisatie, ondersteuning, communicatie en dataverwerking, met het oog op een efficiënte en haalbare grootschalige uitrol van het citizen science project. Deze aanbevelingen zijn rechtstreeks gebaseerd op de ervaringen en lessen uit de pilootprojecten. In tegenstelling tot hoofdstuk 4.4, waar ruimer georiënteerde en meer toekomstgerichte innovatieve aanbevelingen met het oog op beleidsimpact aan bod komen, ligt de focus hier op wat nodig is om het bestaande concept praktisch op te schalen.

4.1.1 Citizen science opzet

4.1.1.1 Keuze voor de gedistribueerde methode

Voor een grote uitrol wordt een gedistribueerde methode voorgesteld. De voornaamste argumenten zijn:

- Dit is de meest kostenefficiënte methode (zie sectie 4.3), vooral door de besparing op de individuele interacties met de burgers. Een belangrijk deel van deze communicatie wordt uitgevoerd door de lokale beheerders.
- Door de focus op een langetermijnimplementatie en een continue inzet van de meetapparatuur is minder meetapparatuur nodig (30 tot 50 stuks) dan bij de centrale methode met typisch één grote inzet in een korter tijdsvenster (meerdere honderden stuks). De lagere investeringskost in meetapparatuur voor de organisator vertaalt zich eveneens in de kleinere server-infrastructuur.
- De langere meetcampagnes in de gedistribueerde methode zorgen voor een continue maar beheer(s)bare ondersteuning. Bij een herhaalde opstart van een gecentraliseerde

- Lagere kost voor de ondersteuning in man-maand equivalent voor een groot project. De technologische ondersteuning krijgt een continu karakter.
- Begeleiding en rapportering wordt bepaald vanuit de specifieke toepassing.
- Flexibiliteit in de toepassingen:
 - Algemene hinderevaluaties als basis maar eveneens lokale en bovenlokale toepassingen zoals stedelijke mobiliteitsprojecten, belangrijke wijzigingen in het hoofdwegennetwerk, monitoring van recreatieve en industriële activiteiten, e.a.
 - De doelstellingen en selectie van de vrijwilligers kan aangepast worden aan de individuele toepassing.
 - Het meetplatform krijgt de vorm van een dienstverlening voor de noden voor lagekostengeluidsmonitoring binnen de verschillende overheden.

4.1.1.2 Praktische aandachtspunten bij uitrol

- Voorzie minstens één week buffertijd tussen meetperiodes om toestellen te herverdelen.
- Maak korte installatievideo's om de installatie gebruiksvriendelijk te maken.
- Voorzie een onkostenvergoeding voor lokale beheerders, voor vervoer en klein materiaal (tape, touw, enz.).
- Standaardiseer het proces voor lokale beheerders en maak een handleiding of korte uitlegvideo's voor lokale beheerders.

4.1.2.1 Geluidsindicatoren

Voor specifieke toepassingen waarbij bijkomende geluidsindicatoren nodig zijn, kan aanvullende functionaliteit eenvoudig worden toegevoegd via de beschikbare agents op de node. Op die manier blijft het systeem flexibel en uitbreidbaar naargelang de noden van het project of van lokale gebruikers.

Een laagdrempelig en intuïtief dashboard is belangrijk om de betrokkenheid van deelnemers te verhogen en hen inzicht te geven in hun eigen geluidsdata. Op basis van de ervaringen tijdens de PoC worden volgende aanbevelingen geformuleerd:

- pagina 97 van 193

- ### 4.1.3 Subjectieve evaluatie en interacties met de burger

Voor een succesvolle opschaling worden enkele concrete optimalisaties aanbevolen:

- pagina 98 van 193

- Naast de efficiënte uitrol vergroot het beheerplatform zo ook het community gevoel van alle betrokkenen teneinde de langdurige motivatie van deelnemers en lokale beheerders te bevorderen. Het voorzien van een centraal beheerplatform is op die manier cruciaal om de organisatie van de grootschalige uitrol te stroomlijnen.

Een grootschalige uitrol van het project vereist een doordachte strategie waarin de verschillende rollen, doelgroepen en ondersteuningsnoden goed op elkaar afgestemd zijn. Op basis van de ervaringen uit de PoC formuleren we volgende aanbevelingen:

Scholen blijken een bijzonder beloftevolle doelgroep. Zelfs bij een beperkte oproep bleek er een relatief grote bereidheid om deel te nemen, en leerkrachten gaven aan dat het project veel potentieel heeft binnen een educatieve context, indien er **kant-en-klare, modulaire lespakketten** beschikbaar zijn die inhoudelijk aansluiten bij de eindtermen. De timing van het project moet afgestemd zijn op de schoolcontext. Leerkrachten gaven aan dat een introductie in de klas door een wetenschapper of medewerker van het project de betrokkenheid verhoogt en het concept helpt verduidelijken.

Lokale verenigingen bleken succesvolle lokale beheerders, op voorwaarde dat de juiste persoon werd gevonden die het project lokaal kon trekken. Een sterke lokale beheerder beschikt over organisatorisch talent, motivatie en een netwerk binnen de gemeenschap. Werving via sociale netwerken of via persoonlijke contacten van de centrale coördinator leidde meestal tot sterke cirkels met gemotiveerde deelnemers.

Ook **gemotiveerde, individuele inwoners** van een specifieke gemeente kunnen via sociale media of andere brede oproepen als lokale beheerder gerekruteerd worden. Ze kunnen een sleutelrol spelen in specifieke buurten waar metingen nodig zijn en verenigingen minder actief zijn. Idealiter gaat het om geëngageerde burgers met een sterk lokaal netwerk en organisatorische vaardigheden, die op eigenlijk kracht een meetgroep opstarten en begeleiden. Dit kan het bereik en de diversiteit van de deelnemende burgers aanzienlijk vergroten.

4.1.6.2 Een heldere rolverdeling

Lokale beheerders spelen een cruciale rol als schakel tussen de centrale organisatie en de deelnemers. Hun succes hangt sterk samen met de ondersteuning die ze krijgen van de centrale coördinator. De verwachtingen rond hun taken moeten helder gecommuniceerd worden, met duidelijke afspraken over het rekruteren van deelnemers, de logistiek van de sensoren, het opvolgen van meetdata en het aanspreekpunt zijn bij problemen.

4.1.6.3 Eerste-lijn support

Voorzie een snel te bereiken helpdesk waar lokale beheerders en burgers terecht kunnen met hun vragen en waar ze binnen de dag antwoord krijgen. Zo behouden ze hun motivatie, bijvoorbeeld bij problemen bij de installatie, uitval van de sensor of andere vragen. Deze helpdesk kan geïntegreerd worden in het centraal beheerplatform of raadpleegbaar zijn via whatsapp of telefoon.

Een centraal beheerplatform kan ook de mogelijkheid bieden aan burgers en lokale beheerders om met elkaar in gesprek te gaan en zo elkaar verder te helpen bij vragen. Dit versterkt het community-gevoel en haalt werklast van de schouders van een eerste-lijn support.

4.1.7 Communicatie aanpak

4.1.7.1 Rekruteringscommunicatie

Voor een bredere uitrol is het belangrijk om zowel digitale als persoonlijke rekruteringskanalen in te zetten. Socialemediacampagnes zijn effectief om snel veel mensen te bereiken, op voorwaarde dat de toon visueel aantrekkelijk, laagdrempelig en actiegericht is. Tegelijk blijft gerichte werving via bestaande netwerken – zoals scholen, verenigingen of buurtwerkingen – onmisbaar.

Voor het aantrekken van lokale beheerders is een helder informatiepakket nodig dat hun rol duidelijk uitlegt, afgestemd op de doelgroep (bv. leerkrachten vs. buurtvrijwilligers). Vroege werving is belangrijk, zodat zij voldoende tijd hebben om hun lokale netwerk op te bouwen. Training en ondersteuning moeten voorzien zijn.

Lokale beheerders rekruteren vaak zelf deelnemers en hebben daarvoor een communicatiepakket nodig met kant-en-klaar materiaal, afgestemd op hun context. Dit moet duidelijk maken wat deelname inhoudt: de tijdsinvestering, de taken en de meerwaarde voor de deelnemer.

Bij een grotere uitrol is het aangeraden om een aantrekkelijke huisstijl te ontwikkelen en door te trekken in alle communicatiekanalen, zowel op centraal niveau (bijvoorbeeld website, folders, sociale media, infopakketten voor deelnemers, en zelfs de verpakking van de sensoren), als op niveau van de lokale beheerders.

Blijvend engagement tijdens de meetperiode vraagt actieve, persoonlijke communicatie. Regelmatige updates via e-mail of WhatsApp herinneren deelnemers aan hun rol, moedigen annotaties aan en versterken hun betrokkenheid. Tussentijdse inzichten of anekdotes creëren extra verbondenheid. Zowel lokale beheerders als de centrale coördinator kunnen dit opvolgen.

4.1.7.3 Gebruikersrapport na afloop

Aangeraden wordt om enkel elementen op te nemen die volledig automatisch gegenereerd kunnen worden. Daarbij is het belangrijk om de context helder te schetsen (bv. “Het geluidsniveau overdag lag bij u iets hoger dan het Vlaams gemiddelde”).

Daarnaast is het nuttig om herkenbare dagelijkse gebeurtenissen (bv. spitsverkeer, weekendactiviteiten, schooltijd) te koppelen aan pieken in het geluidsniveau. Dit helpt deelnemers om de metingen te plaatsen in hun eigen leefwereld en verhoogt de betrokkenheid en het begrip van de resultaten.

Tot slot is het belangrijk dat deelnemers weten wanneer ze hun rapport mogen verwachten en of er nog vervolgfeedbackmomenten komen. Dit sluit de meetperiode af met een gevoel van afronding én erkenning.

In dit hoofdstuk wordt een concreet stappenplan gepresenteerd voor de grootschalige uitrol van deze gedistribueerde citizen science aanpak voor het in kaart brengen van omgevingsgeluid in Vlaanderen. Dit plan is gebaseerd op de ervaringen en lessen uit de PoC beschreven in hoofdstuk 3. Het doel is om de structurele, organisatorische en technische elementen te bundelen tot een helder draaiboek waarmee het project op grotere schaal kan worden uitgevoerd.

In kaart brengen van omgevingsgeluid in Vlaanderen via een fijnmazig netwerk van sensoren in samenwerking met burgers via een citizen science aanpak.

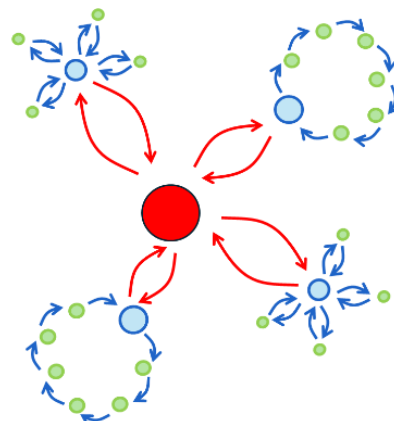
4.2.2 Organisatorische structuur

Centrale rollen in de citizen science aanpak volgens gedistribueerde methode:

- Centrale coördinator (rode bol)
- Lokale beheerder (blauwe bol)
- Burger (groene bol)

Bijkomende ondersteunende rollen:

- Beheerder van databanken en vragenlijsten
- Beheerder IoT
- Data-analist/rapporteur
- Eerste-lijn support



De rollen van lokale beheerder en burger worden ingevuld door vrijwillige burgers. De andere rollen worden ingevuld door personen die professioneel aan het project verbonden zijn. Hoofdstuk 2.7 beschrijft de rollen in meer detail met hun verantwoordelijkheden en gewenste profiel.

4.2.3 Doelstelling voor de steekproefpopulatie

Opzet – algemene informatie:

- 3 tot 4 meetunits per lokale beheerder
- Elke meetunit meet bij 5 burgers per lokale beheerder
- 15 tot 20 deelnemende burgers per lokale beheerder

Doelstelling:

- Formulering van (beleidsgerichte of wetenschappelijke) onderzoeksvraag

Kritieke Prestatie Indicatoren (KPI's): *(in te vullen door centrale coördinator bij opstart van project, afhankelijk van de vooropgestelde doelstellingen – zie ook mogelijke scenario's in de kostenberekening in Overzicht van geschatte kosten in Hoofdstuk 4.3.1)*

- Totaal aantal sensoren: (10% reserve units voorzien)
- Totaal aantal beoogde lokale beheerders:
- ... deelnemende burgers in totaal

Aandachtspunten voor selectie burgers:

- Representatieve spreiding in geluidsblootstelling (meerdere meetpunten in eenzelfde straat leveren doorgaans weinig toegevoegde waarde)
- Spreiding in socio-economisch profiel
- Afstemming van de selectiecriteria op algemene onderzoeksvraag (zie doelstelling) via een ruimtelijke analyse en opstellen van een lijst van omgevingstypes die noodzakelijk zijn om de onderzoeksvraag te beantwoorden

Aandachtspunten voor selectie lokale beheerders:

- Motivatie en efficiëntie in het aanspreken van burgers
- Ervaring met digitale toepassingen om het beheerplatform en communicatiemiddelen van het project vlot te kunnen gebruiken
- Organisatorisch talent

- Bewaartermijnen en verwerking van data
 - Het projectteam bepaalt de bewaartermijn van de ruwe meetdata en geassocieerde metadata op beveiligde servers.
 - Het projectteam bepaalt de termijn voor het bewaren van automatische, versleuteld opgeslagen back-ups.
 - Alle dataverwerking gebeurt in overeenstemming met GDPR-richtlijnen.
- Informed consent en communicatie over privacy op maat van de doelgroepen
 - Bij kandidaatstelling gaan burgers en lokale verantwoordelijken akkoord met een digitale toestemmingsverklaring (informed consent).
 - Alle communicatie bevat een transparante uitleg over welk type data wordt verzameld, hoe deze verwerkt wordt, en welke rechten de deelnemer heeft.
 - De privacyverklaring wordt afgestemd op het taal- en begripsniveau van de doelgroep (inclusief kinderen, indien scholen betrokken zijn).
- Compliance met GDPR en andere wetgeving
 - Een functionaris voor gegevensbescherming (DPO) ziet toe op naleving van GDPR.
 - Bij integratie van persoonsgegevens (bv. e-mails, locatiegegevens) worden deze apart en versleuteld opgeslagen.

4.2.6 Voorbereiding van een meetcampagne

1. Doel en scope definiëren
 - a. Vastleggen van de beleidsdoelstellingen.
 - b. Afbakenen van geografische en thematische scope
 - c. Omschrijven van verwachte opleverbaarheden en impact.
2. Technische voorbereiding
 - a. Keuze en validatie van meetapparatuur (sensortype, dataverzending, betrouwbaarheid).
 - b. Ontwikkeling of opschaling van het dataplatform (data-opslag, beveiliging, visualisatie).
 - c. Integratie van tools voor geluidsappreciatie (bv. vragenlijsten via app, webinterface).
 - d. Testen van datakoppelingen en technische set-up.
 - e. Opzetten van support- en opvolgingstructuur (helpdesk, aanspreekpunten, beheerplatform/beheertools)
3. Opstellen van een communicatiestrategie en -plan
 - a. Doelgroepen bepalen voor rollen van lokale beheerder en burger
 - b. Communicatieplan opstellen: kanalen, boodschap, motivaties om op in te spelen, communicatiepartnerschappen afsluiten
 - i. Rekruteringscommunicatie:
 1. Plan voor werving van lokale beheerders
 2. Ondersteunende materialen voor lokale beheerders waarmee zij burgers kunnen werven
 - ii. Communicatie tijdens looptijd project
 1. Informatie-updates voor lokale beheerders en deelnemende burgers
 2. Algemene communicatie naar brede publiek
 - iii. Communicatie na afloop
 1. Gebruikersrapporten voor deelnemers en lokale beheerders
 2. Overkoepelende rapporten voor intern gebruik
 3. Brede communicatie over resultaten via media, partners en eigen kanalen

- #### 4.2.7 Uitvoeren van lokale meetcampagnes

- pagina 106 van 193

- iii. Lokale beheerder is eerste aanspreekpunt bij problemen van burgers bij installatie of niet-werkende sensoren. Indien nodig verwijst hij door naar de eerste-lijn support.
 - d. Afsluiten meting bij burger
 - i. Burger volgt stappen in handleiding rond afsluiten meetcampagne
 - ii. Burger geeft sensor en al het materiaal door aan ofwel de volgende burger ofwel de lokale beheerder
 - iii. Indien materiaal ontbreekt na doorgeven vult lokale beheerder aan (bvb. touw, tape, burenbrieffjes, uitprinten van handleidingen)
 - iv. Burger vult afsluitende feedbackvragenlijst in
 - v. Stappen 3.a tem 3.d worden herhaald door volgende burgers in lokale meetcampagne
 - e. Afsluiten van lokale meetcampagne
 - i. Alle sensoren en materialen worden terug bij de lokale beheerder verzameld.
 - ii. Lokale beheerder bezorgt alle materialen terug aan de centrale coördinator
 - iii. Lokale beheerder dient onkosten in (vervoersonkosten, aanvullen van materialen)
 - iv. Lokale beheerder vult afsluitende feedbackvragenlijst in
 - f. Automatische gebruikersrapporten
 - i. Centrale coördinator zorgt voor aanmaak van gebruikersrapporten voor burgers die deelnamen aan lokale campagne en voor de lokale beheerder
 - ii. Centrale coördinator bezorgt de gebruikersrapporten via mail of beheerplatform aan de burgers en lokale beheerder
 - iii. Centrale coördinator verwerkt feedback van burgers en lokale verantwoordelijke voor continue optimalisatie van processen
 - iv. Centrale coördinator bekijkt of sensoren opnieuw gekalibreerd moeten worden voor ze ingezet worden in een volgende lokale meetcampagne.
4. Data-analyse en rapportering
- a. Kwaliteitscriteria voor meetresultaten
 - i. Validiteitscontroles op meetwaarden via automatische scripts (outliers, signaalverstoringen, sensorstoringen).
 - ii. Periodieke handmatige controle van datastalen.
 - b. Dataverwerking
 - i. Gegevens worden automatisch gestroomlijnd naar een centrale database.
 - ii. Preprocessing: filtering van storingen en koppeling met relevante gegevensbronnen.
 - iii. Verwerking van kwalitatieve data uit geluidsappreciatievragenlijsten via statistische analyse en tekstmining (indien open antwoorden).
 - c. Analyse
 - i. Diepgaandere analyse van de verzamelde data van één of meerdere lokale campagnes om de onderzoeksvraag/vragen te beantwoorden
 - 1. Vergelijkende analyses tussen locaties en tijdstippen.
 - 2. Correlatie tussen objectieve geluidmetingen en subjectieve appreciaties.
 - 3. Identificatie van probleemzones en specifieke geluidsprofielen
 - d. Rapportage
 - i. Overkoepelend eindrapport met beleidsaanbevelingen, verspreid onder stakeholders.
 - ii. Wetenschappelijke rapportering van methodologie, analyse en validatie (voor publicaties of conferenties).

De kosten omvatten een vaste kost voor studiedesign, hardwarekosten (aankoop van meetunits, onderhoudskosten en een vergoeding voor materiaalkosten van lokale beheerders), transportkosten (verzending van meetunits), beheerskosten (loonkosten voor centrale coördinatie, communicatie en ondersteuning), datacommunicatiekosten, en serverkosten. Hier moet expliciet vermeld worden dat de kosten voor het ontwikkelen van een beheerplatform en de ontwikkeling van een rapporteringsmodule op de verzamelde data niet is inbegrepen.

- Algemene beheerskosten:
 - Technische ondersteuning en beheer centrale systemen (Technische ondersteuning): 2 dagen per meetunit per jaar
 - Overkoepelende communicatie (Communicatie): 18 dagen per jaar (nieuwsbrief, publieke website)
- Gedistribueerde methode:
 - Rekruteringscommunicatie (Communicatie): 0.5 dag per lokale beheerder (rekrutering, selectie, terugkoppeling)
 - Ondersteuning per lokale beheerder (Projectcoördinatie): 2.5 dagen per lokale beheerder (procesondersteuning en technische ondersteuning)
 - Ondersteuning per deelnemende burger (Projectcoördinatie): 0.1 dag per deelnemende burgers (technische ondersteuning bij problemen, algemene vragen)
- Centrale methode:
 - Rekruteringscommunicatie (Communicatie): 0.25 dag per deelnemende burger (rekrutering, selectie, terugkoppeling)
 - Ondersteuning per deelnemende burger, (Projectcoördinatie): 0.5 dagen per deelnemende burger (procesondersteuning en technische ondersteuning, algemene vragen)

De gedetailleerde berekening van de beheerkosten en onderdelen in rekening gebracht bij de andere kosten zijn terug te vinden in Bijlage 7.1.

	Distributed	Centraal	Distributed	Centraal	Distributed	Centraal
Meetpunten	500	500	1000	1000	2000	2000
Duur (# jaren)	2	1	3	1	3	1
# sensoren	23	46	31	91	61	182

In de aanbevelingen wordt verwezen naar de toegevoegde waarde van een educatief pakket voor het efficiënt verzamelen van meetdata via scholen. Het uitwerken van educatieve pakketten is een minder zware investering op zich, met een richtbedrag tussen 20k€ en 35k€ voor de ontwikkeling van een 6-tal activiteiten/modules en afhankelijk van de noden rond kosten voor materiaal, logistiek en communicatie. Het uitwerken van de concrete lespakketten kan niet worden uitgevoerd zonder de ontwikkeling van het beheerplatform en de gestroomlijnde datacaptatie en rapportering. Eventueel kan dit traject opgesplitst worden in een voortraject dat de inhoud van de educatieve pakketten voor de doelgroepen afstemt op de leerplannen voor verschillende graden en studierichtingen en een traject dat – in parallel met de ontwikkeling van het beheerplatform en de rapportering – dit voortraject operationeel maakt rekening houdend met de integratie en mogelijkheden van de technische ontwikkelingen.

Ook de datavisualisatiecomponenten voor het dashboard en de gebruikersrapporten zijn buiten beschouwing gelaten. Heldere, visueel aantrekkelijke en laagdrempelige weergave van complexe geluidsdata is belangrijk om burgers inzicht en motivatie te bieden, en vergt grafisch en UX-ontwerp, eventueel ondersteund door externe expertise.

Verder zijn er geen kosten opgenomen voor betalende communicatiecampagnes via sociale media of (regionale) mediapartnerships. Deze kunnen echter noodzakelijk zijn om een voldoende breed en divers publiek te bereiken, zeker bij opschaling naar 1000 of 2000 meetpunten in een centrale methode.

pagina 112 van 193

Het is dan ook aan te raden om in een realistische begroting een aparte post te voorzien voor deze aanvullende elementen, gebaseerd op de gemaakte keuzes en gewenste accenten, zodat ook de kwaliteitsvolle en duurzame verankering van het project verzekerd is.

4.4 INNOVATIEVE AANBEVELINGEN

Onder dit luik bundelen we aanbevelingen die verder gaan dan de praktische inzichten uit de PoC. Deze voorstellen mikken op innovatie en versterking op langere termijn, en kunnen het project naar een hoger niveau tillen op vlak van technologie, participatie en beleidsimpact.

4.4.1 Informatie op maat: visualisatie en feedback per gebruikersprofiel en kennisniveau

We zijn voorstander van een gelaagde implementatie met verschillende varianten van informatie en visualisaties voor de gebruikers, afhankelijk van hun rol, profiel en kennis. Voor deelnemende burgers en lokale beheerders met weinig achtergrondkennis van geluidsmetingen is het niet aangewezen om verder te gaan dan wat in de PoC werd aangeboden. Voor hen moet de visualisatie eenvoudig, duidelijk en toegankelijk blijven. Idealiter worden bestaande visualisaties bijgestuurd in overleg met een grafisch vormgever met expertise in datavisualisatie voor een breed publiek.

Voor meer interne rollen, zoals de centrale coördinator, beleidsmakers, toepassingsbeheerders of onderzoekers, kan daarentegen meer gedetailleerde of uitgebreide informatie zinvol zijn. Ook voor deelnemende burgers of lokale beheerders met meer technische of wetenschappelijke achtergrondkennis kan dit interessant zijn. Belangrijk hierbij is dat deze meer complexe informatie niet standaard aan iedereen wordt getoond, maar optioneel beschikbaar is voor wie er bewust voor kiest. Zo ontstaat een flexibele en doelgerichte visualisatiecomponent die zowel laagdrempelig is voor het brede publiek, als inhoudelijk rijk voor expertgebruikers. Visualisaties op maat van toepassingsbeheerders zorgen er bovendien voor dat de resultaten beter aansluiten bij hun informatiebehoefte, waardoor de data doelgericht ingezet kan worden binnen relevante beleidsprocessen. Ervaringen uit de PoC tonen aan dat een overaanbod aan informatie net een averechts effect kan hebben: burgers haken af of proberen de informatie niet meer te begrijpen wanneer die te technisch of te gedetailleerd is.

Om de betrokkenheid van deelnemers te behouden, kunnen er tussentijdse terugkoppelingen of **gepersonaliseerde inzichten** worden voorzien op het dashboard. Denk aan visuele samenvattingen van hun metingen, vergelijkingen met andere deelnemers of korte notificaties bij opvallende geluidsniveaus. Door de gebruiker actiever te betrekken bij de dataverzameling en -interpretatie, kan zowel de datakwaliteit als het engagement verhoogd worden.

Andere aanbevelingen voor een uitgebreidere gebruikersinterface omvatten het ontwikkelen van een verbeterde en gebruiksvriendelijke interface voor het raadplegen van het persoonlijke dashboard en het invullen van vragenlijsten, bij voorkeur via **een app of mobiele interface**. Dit verhoogt de toegankelijkheid en het gebruiksgemak voor deelnemers. Daarnaast is het aan te raden om meer feedbackloops te voorzien, zoals tussentijdse inzichten of korte rapportjes, zodat deelnemers betrokken blijven en het gevoel hebben dat hun bijdrage waardevol is en daadwerkelijk iets oplevert.

4.4.2 Flexibele participatiescenario's: van minimale tot uitgebreide gebruikersinteractie

4.4.2.1 Vragenlijsten voor deelnemende burgers

Voor een grootschalige uitrol van het project wordt aanbevolen om twee duidelijke gebruikersscenario's te voorzien, afhankelijk van de context, doelgroep en doelstellingen van de metingen. Deze aanpak laat toe om flexibel in te spelen op verschillende noden en beschikbare middelen, en tegelijk een schaalbare structuur te behouden.

Minimale gebruikersinteractie (conform de PoC)

In deze basisvariant blijven de gebruikersinteracties beperkt, zoals in de huidige PoC. De deelnemer registreert zich, plaatst de sensor volgens de instructies, en vult de algemene vragenlijst en de metadata vragenlijst in, en doet optioneel één of meerdere hinderannotaties. Er wordt enkel basisinformatie gedeeld via het dashboard, en de annotatie van geluidsbronnen gebeurt optioneel. Deze aanpak is geschikt voor bredere laagdrempelige participatie, met minimale belasting voor de deelnemer.

Uitgebreide gebruikersinteractie

In dit scenario worden de mogelijkheden voor gebruikersinteractie uitgebreid met een uitgebreidere interface voor de annotatie van geluidsbronnen, aanvullend op de mogelijkheid tot hinderannotaties. Daarnaast kan beslist worden om bijkomende vragenlijsten aan te bieden aan burgers, die inzoomen op het verzamelen van specifieke bijkomende data. Voorbeelden hiervan zijn vragen over de leefomgeving, slaapkwaliteit, stressbeleving of ruimtelijke perceptie van geluid of vragenlijsten die afgestemd zijn op specifieke situaties of doelroepen (bv. scholen, nachtlawaai, geluidsimpact meten bij specifieke events). Deze data kan beleidsmatig interessant zijn om verbanden te leggen tussen gemeten geluidsniveaus en de ervaren hinder of gezondheidseffecten. Hoewel deze vorm van gebruikersinteractie niet werd onderzocht binnen de PoC, beschouwen we dit scenario als een aanbeveling voor verdere ontwikkeling en opschaling. Verdere verkenning en evaluatie van haalbaarheid, gebruiksvriendelijkheid en datakwaliteit zijn hierbij aangewezen.

4.4.2.2 Capteren van vragenlijsten bij burgers zonder meetpost

Een uitbreiding van de beschikbaarheid van de vragenlijsten voor burgers die zelf geen meetpost beheren, biedt belangrijke opportuniteiten voor het verbreden van de dataverzameling en het betrekken van een ruimer publiek. We adviseren om toegang tot deze vragenlijsten te voorzien via duidelijke instructies in de gebruikershandleiding (zie bijlage 7.9), zodat gezinsleden, huisgenoten en directe burens van deelnemers ook hun ervaringen met geluidshinder kunnen delen. Daarnaast kan via bredere communicatiecampagnes – bijvoorbeeld via sociale media, lokale of regionale pers of gemeentelijke communicatiekanalen – ook een ruimer publiek zonder rechtstreekse link met een meetpost aangespoord worden om deel te nemen aan de bevraging. Het capteren van deze extra gegevens laat toe om ook percepties van geluidshinder op te nemen in gebieden zonder sensor, of om de beleving van geluid te vergelijken binnen eenzelfde buurt. Het biedt zo een bredere context bij de objectieve meetdata. Ook het aanbieden van de mogelijkheid om hinderannotaties te doen (bv. aangeven wanneer een storend geluid plaatsvindt) aan deze gebruikersgroep is zinvol.

Wel is het belangrijk dat in de data-infrastructuur expliciet wordt vastgelegd wat de relatie is van elke respondent tot een meetpost (bv. zelf meetpost, gezinslid, buur, geen directe link). Hoewel deze bijkomende gegevens mogelijk minder nauwkeurig zijn door het ontbreken van bijbehorende meetdata, zorgen ze wel voor een bredere spreiding van input en verhogen ze de

robuustheid en relevantie van de verzamelde inzichten. Deze bredere datavangst ondersteunt beleidsmakers bovendien in het beter begrijpen van de sociale beleving van geluid op buurtniveau.

4.4.3 Ontwikkeling van een modulier educatief pakket rond geluid en citizen science

Een educatief aanbod via scholen biedt unieke schaalvoordelen en impact: een gemotiveerde leerkracht kan via één tot drie klassen meteen 20 tot 50 meetpunten realiseren. Bovendien zorgt deze aanpak voor een bredere en meer inclusieve betrokkenheid van jongeren met diverse achtergronden, talenten en leerprofielen.

Werk daarom een modulaire, flexibel educatief pakket uit rond geluidsmetingen dat breed inzetbaar is in het secundair onderwijs. Het pakket moet goed afgestemd zijn op de onderwijscontext en leerdoelen van verschillende graden en onderwijsvormen binnen het secundair onderwijs. Door het pakket breed inzetbaar te maken in de eerste graad – bijvoorbeeld in STEM, fysica, aardrijkskunde of mens & samenleving – bereik je een veel breder en diverser publiek dan wanneer je je enkel richt op bijvoorbeeld fysica in de derde graad doorstroomfinaliteit. In de eerste graad krijgen alle leerlingen dezelfde basisvorming, ongeacht hun latere studiekeuze. Zo vergroot je niet alleen het bereik, maar spreek je ook leerlingen aan met uiteenlopende interesses en achtergronden.

4.4.3.1 Modulair en flexibel lessenpakket

Ontwikkel modulaire leereenheden die afzonderlijk inzetbaar zijn en afgestemd op diverse vakken en onderwijsniveaus. Modules kunnen bestaan uit:

- Introductie tot geluid en geluidsblootstelling
- Meten en interpreteren van data met geluidssensoren
- Link met gezondheid en leefomgeving
- Data-analyse en presentatievaardigheden
- Burgerwetenschap en maatschappelijke impact

Zorg voor differentiatiemogelijkheden binnen elke module (basis – verdieping) zodat het materiaal bruikbaar is in zowel A- als B-stroom. Voor een pakket gericht op derde graad secundair onderwijs, zorg voor modules toepasbaar binnen de verschillende finaliteiten van de derde graad.

Verwerk koppelingen met eindtermen en leerplandoelen expliciet per module en maak ruimte voor projectwerking waarbij verschillende vakken samenwerken rond een gezamenlijke meetcampagne.

Speel daarbij in op de motivatoren van leerkrachten om aan een dergelijk project deel te nemen:

- Authentiek leren: echte data verzamelen en analyseren
- Verbinding theorie en praktijk
- Eigenaarschap bij leerlingen: ze dragen bij aan maatschappelijk relevant onderzoek
- Kritisch denken en burgerschapsvorming

4.4.3.2 Aanbevolen aanpak per graad in het secundair onderwijs

- Eerste graad:
 - Focus op ruimtelijk bewustzijn, waarnemen en meten (in aardrijkskunde, techniek, natuurwetenschappen)
 - Stimuleer samenwerking binnen de klas met centrale meetopstelling op school en beperkte thuismetingen
- Tweede graad:

- Leg nadruk op wetenschappelijke vaardigheden en onderzoeksmethodologie
- Verwerk analyseopdrachten in de klas, gekoppeld aan computationele vaardigheden
- Derde graad:
 - Integreer diepgaandere data-analyse en cross-curriculaire opdrachten (bv. STEM-projecten)
 - Voorzie toegang tot dashboards met exportmogelijkheden, zodat leerlingen leren werken met realistische datasets

4.4.3.3 Inbedding in klaspraktijk met minimale werklast

Voorzie concrete lesfiches, werkbladen en PowerPointpresentaties zodat de voorbereidingstijd voor leerkrachten beperkt blijft. Integreer het doorgeefstelsel van sensoren met duidelijke instructies en tips, inclusief aandacht voor logistiek, communicatie met ouders en attitudeversterking (zoals zorg voor materiaal) en geef leerkrachten voldoende tijd en ruimte om het materiaal vooraf in te plannen.

Bij de eerste deelname kan een wetenschapper of educatieve medewerker een (gast)introdactie in de klas geven om de inhoud en techniek van het pakket laagdrempelig toe te lichten. Daarnaast worden best optionele navormingen voor leerkrachten georganiseerd, waarin het gebruik van sensoren, de interpretatie van data en de integratie in verschillende vakken centraal staan.

4.4.4 Geluidsbronherkenning in een GDPR-conforme citizen science context

Een systeem dat verschillende geluidsbronnen van elkaar kan onderscheiden, maakt het mogelijk om de totale geluidsblootstelling op te delen in categorieën die belangrijk zijn voor het beleid, zoals verkeer op de weg, het spoor of in de lucht, maar ook geluid van industrie, recreatie, burens of landbouw (zoals bepaald in de burgerbevragingen over leefomgevingskwaliteit). Zo kunnen we beter begrijpen welke geluidsbronnen het meest bijdragen aan hinder.

Er bestaan momenteel nog geen standaardmethodes om dit goed te doen, maar de technologie evolueert snel. De manier waarop mensen geluid waarnemen, speelt een belangrijke rol bij het bepalen hoe zo'n systeem moet werken. Is bijvoorbeeld het storende geluid ook het luidste geluid dat constant aanwezig is? Of gaat het net om kortdurende, opvallende geluiden die hinder veroorzaken? Of is het juist het constante achtergrondgeluid dat mensen als storend ervaren, meer dan de lokale, specifieke geluiden?

We bevelen een gefaseerde aanpak aan die technologische innovatie combineert met participatieve dataverzameling, binnen de grenzen van GDPR-wetgeving.

4.4.4.1 Bronherkenning zonder geluidsopnames

Aangezien klassieke AI-methoden doorgaans audio-opnames vereisen – wat conflicteert met GDPR in een citizen science context – is er nood aan alternatieve methoden op basis van ruwe spectrale data. We adviseren om te investeren in:

- De ontwikkeling van AI-modellen getraind op gesimuleerde of extern gelabelde gegevenssets, aangepast aan de Vlaamse geluidscontext.
- Het combineren van eventdetectie met classificatie op basis van tijdsduur, spectrale handtekening en contextuele informatie (zoals tijdstip, locatie, en meteorologische factoren).

5.1 INLEIDING

In eerste fase moeten de resultaten inpasbaar zijn in de lopende beleidsinitiatieven en verder bouwen op beschikbare informatie en kennis bij de overheid. In een twee fase moet het projectresultaat ook vernieuwde toepassingen mogelijk maken - in de lijn van het PIO-programma voor innovatie binnen de overheid. In de volgende twee secties worden deze twee fases verder besproken.

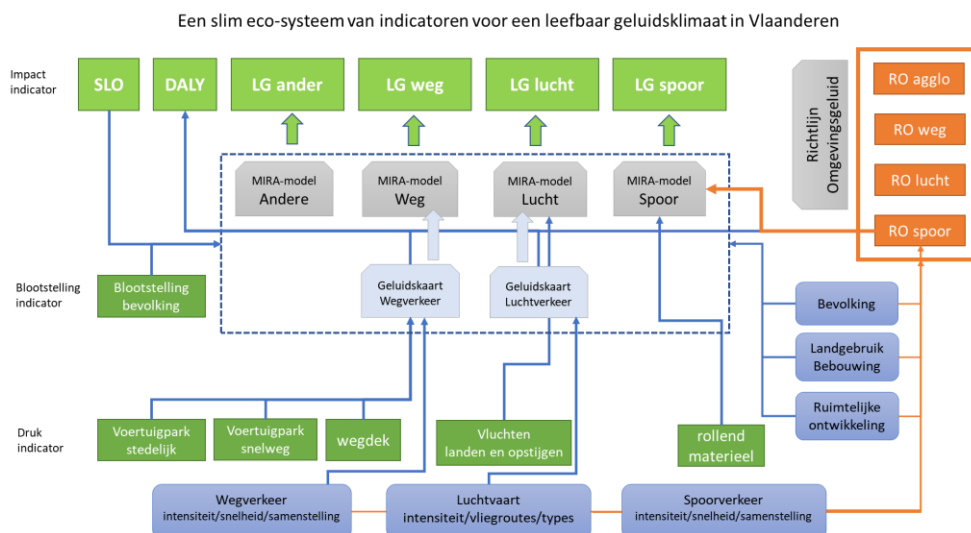
5.2 INTEGRATIE IN BESTAANDE BELEIDSINITIATIEVEN

Het werk rond geluidsindicatoren is ondertussen een bevoegdheid van het Departement Omgeving en wordt geïntegreerd in de bestaande structuren op Vlaams niveau.

Een heel belangrijk aspect in de evaluatie van de geluidsmetingen is de nood om de gemeten blootstelling uit te splitsen naar de relevante bronnen van hinder in de Vlaamse bevolking, in eerste orde conform de uitsplitsing voorzien in de indicatoren, die op hun beurt gealigneerd werden met de belangrijkste bronnen van geluidshinder zoals bevraagd in de burgerenquêtes SLO en BLV. Hier kunnen we verwijzen naar hoofdstuk 2.3.1. Er wordt in de voorstellen ook aandacht besteed aan de potentieel hinderlijke geluidbronnen in de nabije toekomst. Hier denken we vooral aan de impact van drones, warmtepompen e.a.

Deze indicatorenset is uitgewerkt volgens het DPSIR principe: “Driving forces, Pressure, State, Impact and Respons”, te vertalen naar Maatschappelijke Activiteiten, Druk, Toestand, Impact en Respons. De maatschappelijk activiteiten geven aanleiding tot bepaalde evoluties en resulteren in een bepaalde druk. Ze sturen de vraag naar verplaatsingen, die aanleiding geven tot verkeerstromen van goederen, mensen en diensten in een gehele waaier van mobiliteitsopties. Daarnaast zijn er ook niet-verkeersgebonden bronnen van geluid: burens, landbouw, KMO & industrie, e.a. Dit ecosysteem van indicatoren wordt in de Figuur 15 weergegeven.

⁴⁴ <https://www.vlaanderen.be/publicaties/geluidshinder-evaluatie-van-de-mira-indicatorenset>



Figuur 15: Overzicht van de voorgestelde *indicatorenset* omgevingslawaai (overgenomen uit MIRA indicatorenset).

In het thema geluid worden de druk-indicatoren voornamelijk gestuurd door verkeersinformatie en worden deze indicatoren aangevuld met aspecten van het verkeer die de geluidsemissie beïnvloeden. In de indicatorenset zijn drie indicatoren weerhouden voor wegverkeer: het stedelijk voertuigpark, het voertuigpark snelwegen en de kwaliteit van de wegdekken. Voor vliegverkeer zijn de indicatoren de opstijgende en landende vliegtuigen. Voor spoorverkeer is de evolutie in het rollend materieel de relevante indicator.

De evolutie van elk van deze componenten heeft een complexe structuur die elk wordt beïnvloed door verschillende beleidsmaatregelen op verschillende beleidsniveaus. Het doel van de druk-indicatoren is het capteren van deze langetermijn trends en hierbij zoveel mogelijk factoren in rekening te brengen. De meeste van deze factoren zijn product gerelateerd, een bevoegdheid die op Europees en federaal niveau wordt verordend. Niet alle aspecten in geluidsblootstelling worden verklaard door maatregelen op Europees niveau. De impact van nationale, regionale en lokale beleidsniveaus zijn niet alleen relevant maar mogelijk in veel aspecten dominant voor de impact van omgevingsgeluid op de burger. Om deze lokale trends op te nemen, en vooral ook andere dan verkeersgerelateerde geluidsbronnen in het beleidsondersteunend onderzoek op te nemen, zijn bijkomende stappen nodig. Om dit te bereiken werd een gemeten geluidsblootstellingsindicator voorgesteld (zie hoofdstuk 5 in het MIRA Indicatoren Rapport). Dergelijke datacollectie bouwt verder op een oude methode waarbij aan 250 woningen een korte periode geluid werd gemeten. Deze methode werd gerapporteerd in meerdere MIRA-rapporten. De huidige technologie maakt het mogelijk om deze aanpak op basis van metingen sterk uit te breiden.

Vlaanderen heeft een langetermijntraditie voor het capteren van de subjectieve geluidshinder via de schriftelijke leefbaarheidsonderzoeken (SLO's, sinds 2023 BLV). De impact van geluid op de bevolking werd in het verleden begroot via de SLO's op zich. In de gangbare praktijk binnen de discipline geluid worden zelden vragenlijsten gecombineerd met gemeten geluidsblootstelling. Het innovatieve element in voorliggend project is het samenbrengen van zowel de geluidsmeting als de subjectieve ervaring van de bewoner(s) van de woning waar de geluidsmeting plaatsvindt. Deze combinatie vormt een unieke dataset waarmee een volgende stap – de modelering van de leefomgevingskwaliteit voor geluid – bronspecifiek kan worden gevoed. De perceptie van het geluid via de hinderenquêtes kan via modelering omgezet worden in een gebiedsdekkende impact-indicator: de leefomgevingskwaliteit voor geluid, uitgesplitst per geluidsbron. Deze aanpak wordt beschreven in hoofdstuk 6 van het MIRA Indicatoren Rapport.

5.2.3 Impact van geluid op gezondheid

Het Vlaams Humaan Biomonitoring programma is een initiatief dat gestart is in 2002. In de vijfde cyclus (FLEHS-V), gestart in 2022, wordt de chemische blootstelling uitgebreid naar andere disciplines waaronder geluid. Blootstellingsmetingen binnen het kader van FLEHS-V kunnen worden uitgevoerd met de methodologie beschreven in dit rapport, mits hiervoor budget voorzien wordt.

Op de emis website (emis.vito.be) wordt een overzicht bijgehouden van relevante onderzoeken, zowel op Vlaams, federaal als Europees niveau. Buiten het kader van MIRA werd een overzichtsrappport in opdracht van het instituut Samenleving en Technologie gemaakt in 2011. Dit rapport werd gevolgd door verschillende andere initiatieven. In Tabel 8 worden enkele van de belangrijkste rapporten en initiatieven opgesomd in het laatste decennium.

Impact van Geluid op welzijn, leefmilieu en volksgezondheid in Vlaanderen, Studie in opdracht van IST – Instituut Samenleving en technologie, Annelies Bockstael, Dick Botteldooren, Bert De Coensel, Onderzoeksgroep Akoestiek, INTEC (UGent) Gert Geentjens, Christ Glorieux, Luc Kelders, Laboratorium voor Akoestiek en Thermische Fysica (KU Leuven)
Overzichtsrapport ‘Luchtkwaliteit- en geluid- gerelateerde morbiditeit in Vlaanderen’ Hooyberghs Hans, Van de Vel Karen, Deutsch Felix, De Nocker Leo, Beckx Carolien, Van Holderbeke Mirja Studie uitgevoerd in opdracht van: Agentschap voor Zorg en Gezondheid, 2020/RMA/R/2133, September 2020
“Stijging verwacht van het aantal Europeanen dat schadelijke geluidshinder ondervindt”, Rapport “Noise in Europe – 2020” ⁴⁵
“Geluidshinder meest storende factor in leefomgeving Vlaming”, Bron: Departement Omgeving, Vlaamse overheid https://emis.vito.be/nl/artikel/geluidshinder-meest-storende-factor-leefomgeving-vlaming https://omgeving.vlaanderen.be/BLV .
“Geluidshinder in Vlaanderen – actuele indicatoren tot en met 2018” ⁴⁶ , laatste MIRA rapport. De beperkingen van de bestaande indicatoren resulteerde in het opstellen van het rapport “MIRA- indicatorenset” ⁴⁷ in 2020

⁴⁷ <https://www.vlaanderen.be/publicaties/geluidshinder-evaluatie-van-de-mira-indicatorenset>.

- ## 5.4 BELEIDSONDERSTEUNING MET VERNIEUWENDE WETENSCHAPPELIJKE INZICHTEN

Het is evident dat dergelijke infrastructuur ook in bredere onderzoeksprojecten kan worden ingezet. Veel bronnen van geluid zijn eveneens een bron van luchtverontreiniging, het uitvoeren van simultane metingen van geluid en luchtverontreiniging verrijkt de meetreeksen. Synergiën voor de analyse van verkeer gerelateerde luchtverontreiniging in simultane meetcampagnes zijn uitvoerig beschreven in de literatuur. Een concreet voorbeeld van een succesvolle integratie van geluid en luchtverontreiniging toont dat de blootstelling van fietser aan laagfrequent geluid de blootstelling aan roet voorspelt in alle meteorologische omstandigheden in een resolutie van 10 seconden⁵⁰. Vanuit een epidemiologisch perspectief is de wederzijdse potentiële verstoring van de gedetecteerde gezondheidseffecten van verkeer gerelateerd geluid en luchtverontreiniging een actief wetenschappelijk debat⁵¹. Er wordt vastgesteld dat er te weinig studies deze potentiële interactie ten gronde behandelen en dat meer onderzoek nodig is.

59 Eminson, Katie, Yutong Samuel Cai, Yingxin Chen, Claire Blackmore, Georgia Rodgers, Nigel Jones, John Gulliver, Benjamin Fenech, and Anna L. Hansell. "Does air pollution confound associations between environmental noise and cardiovascular outcomes?—a systematic review." *Environmental Research* 232 (2023): 116075.

5.5 RANDVOORWAARDEN VOOR HET OPERATIONEEL GEBRUIK IN EEN BREDERE CONTEXT

De huidige implementatie is niet voldoende voor het uitrollen van projecten. De voornaamste voorwaarde is een gebruiksvriendelijk beheerplatform om de procedures en communicatie te stroomlijnen. Mogelijks moet een onderscheid gemaakt worden tussen het visualiseren van de data naar de burgers via het Thingsboardplatform en een performant en volledige rapporteringsplatform. Het operationeel maken van dergelijk protocol in een Vlaamse context moet ook rekening houden met de initiatiefnemers. Er moet een operationele structuur opgezet worden die voldoende toegankelijk is voor de potentiële gebruikers. De toegevoegde waarde van dergelijk platform is groot.

In de huidige situatie worden geluidsmetingen veelal met professionele (type 1) apparatuur uitgevoerd waardoor de kosten voor dergelijke meetcampagnes zeer sterk oploopt. In het verleden⁵², alsook in dit project, is aangetoond dat met een bescheiden budget, tussen 5 à 10 procent van de kost van een type 1 instrument, kwalitatieve metingen kunnen worden uitgevoerd. Eenvoudige meetopstellingen kunnen worden geïnstalleerd door de burgers zelf zodat ook de operationele kost sterk wordt teruggeschoefd. Hoe lager de kosten gealloceerd aan het meten van geluid, hoe meer budget beschikbaar komt voor verzamelen van grotere dataset, voor het beoordelen van de opgedane kennis en voor het integreren van de kennis in beleidsondersteunende maatregelen.

⁵² On the ability of consumer electronics microphones for environmental noise monitoring", T. Van Renterghem, P. Thomas, F. Dominguez, S. Dauwe, A. Touhafi, B. Dhoedt, D. Botteldooren; *Journal of Environmental Monitoring*, 13 (3), p. 544 - 552, 2011.

6 ALGEMENE CONCLUSIE EN BELEIDSAANBEVELINGEN

Terugblikkend op de doelstelling van deze studie – het opzetten van een Proof of Concept (PoC) voor een grootschalig citizen science meetnetwerk rond omgevingsgeluid in Vlaanderen – kunnen we concluderen dat de studie in belangrijke mate bijdraagt aan het realiseren van deze ambitie. De PoC heeft niet alleen inzicht geboden in de technische en operationele vereisten van een dergelijk meetnetwerk, maar toont ook aan dat de gedistribueerde citizen science aanpak kan werken en waarschijnlijk de meest geschikte aanpak is, mits belangrijke aandachtspunten, zoals het uitwerken van een centraal beheerplatform om opschaling van de aanpak mogelijk te maken, en het voorzien van permanent beschikbare hulplijnen en heldere visuele communicatie. De huidige technologische uitwerking is echter momenteel nog niet bruikbaar voor een grote uitrol. Naast technologische verbeteringen aan de meeteenheid, is ook de gebruiksvriendelijkheid van de IoT-infrastructuur en het bijhorende gebruikersdashboard nog onvoldoende voor een goede gebruikerservaring.

Om het project verder te versterken en grote uitrol mogelijk te maken, is het aan te raden een centraal beheerplatform te ontwikkelen en de meeteenheden technologisch te verfijnen en robuuster en gebruiksvriendelijker te maken, conform actuele gebruiksnormen. Daarnaast is het cruciaal om de gebruikersinterface niet alleen te vereenvoudigen, maar ook uit te breiden in functie van de verschillende gebruikersprofielen. Voor burgers en lokale beheerders zonder technische achtergrond blijft het essentieel om in te zetten op eenvoudige en toegankelijke visualisaties, idealiter ontwikkeld in samenwerking met een grafisch vormgever met expertise in datavisualisatie voor een breed publiek. Voor meer gevorderde gebruikers zoals onderzoekers, beleidsmedewerkers of toepassingsbeheerders kan de interface extra informatie en analysemogelijkheden aanbieden, mits die afgeschermd of optioneel worden aangeboden. Zo ontstaat een gelaagde en doelgerichte interface die zowel laagdrempelig is voor het brede publiek als rijk aan inhoud voor expertgebruikers. Daarnaast wordt aanbevolen om de betrokkenheid van deelnemers te verhogen via tussentijdse terugkoppelingen of gepersonaliseerde inzichten in het dashboard – zoals visuele samenvattingen, vergelijkingen met andere deelnemers of notificaties bij opvallende waarden – en de toegang te verbeteren via een mobiele of app-gebaseerde omgeving.

De opgedane kennis en ervaringen zijn vertaald in een plan van aanpak voor opschaling naar een grootschaliger citizen science project. Daarbij is ook een kosteninschatting uitgewerkt voor de bredere uitrol. De aanbevelingen die voortvloeien uit dit project bieden concrete handvaten voor het inzetten van innovatieve technologieën en methodes in het verzamelen, interpreteren en gebruiken van omgevingsgeluidsdata.

Voor een impactvolle opschaling van het citizen science meetnetwerk rond omgevingsgeluid, worden in deze studie vijf innovatieve aanbevelingen naar voren geschoven die verder reiken dan de inzichten uit de PoC. Deze aanbevelingen zijn gericht op versterking op langere termijn en verhogen het potentieel van het project op vlak van technologie, participatie en beleidsimpact. Ze vormen een strategisch kader om het initiatief op te schalen en tegelijk beter af te stemmen op de uiteenlopende noden van gebruikers.

1. Ontwikkel visualisaties en feedbackmechanismen op maat van verschillende gebruikersprofielen en kennisniveaus, via een gelaagde interface die toegankelijk is voor burgers én rijk aan informatie voor experts.

- Voor de basistoepassing – het in kaart brengen van de geluidsblootstelling van de bevolking in Vlaanderen op grote schaal – kunnen de volgende specifieke aanbevelingen geformuleerd worden:

- Deze studie toont aan dat een grootschalig citizen science meetnetwerk rond omgevingsgeluid in Vlaanderen niet alleen technisch en organisatorisch haalbaar is, maar ook maatschappelijk relevant en educatief waardevol. Een grootschalige uitrol is echter pas mogelijk na verdere investering in de technologische verfijning van de meetinfrastructuur, de ontwikkeling van een geïntegreerd beheerplatform, en de uitwerking van gebruiksvriendelijke interfaces en educatieve pakketten die inspelen op de noden van diverse doelgroepen. Een doordachte en gefaseerde opschaling biedt de kans om burgers structureel te betrekken bij geluidsbeleid en bij te dragen aan een gezondere leefomgeving.

7 BIJLAGEN

Overzicht van alle bijlagen:

1. Kostensimulatie: centrale methode versus gedistribueerde methode
2. Selectie van geluidsindicatoren
3. Geluidsmeter
4. MEMS-microfoon
5. Resultaten bevraging bij leraren
6. Vragenlijst – aan de slag in de klas met geluidsmetingen
7. Educatief kader voor geluidsmetingen
8. Achtergrondstudie: bestaande good practices voor citizen science geluidsmetingen
9. Documenten voor deelnemende burgers
 - a. Gebruikershandleiding
 - b. Quick start guide
 - c. Checklist materiaal
 - d. Burenbriefje
 - e. Ouderbriefje
 - f. Handleiding data exporteren
 - g. Toegang tot dashboard
 - h. Webpagina met bijkomende info
10. Vragenlijsten
 - a. Plaatsingsvragenlijst
 - b. Algemene vragenlijst geluidshinder
 - c. Annotatievragenlijst
11. Gebruikersrapport
 - a. Beknopt gebruikersrapport
 - b. Uitgebreid gebruikersrapport
12. Participatieve methode om criteria voor locatiebepaling op te stellen

7.1 BIJLAGE KOSTENSIMULATIE: CENTRALE METHODE VERSUS GEDISTRIBUEERDE METHODE

Naast de directe kost gerelateerd aan de geluidsmetingen, dataflow en de bijhorende IT-infrastructuur, is de voornaamste kost gerelateerd aan het organiseren van de meetcampagne. Tabel 9 geeft een gedetailleerd overzicht van de begrote kosten. De bijhorende spreadsheet is beschikbaar in de digitale bijlage.

Er zijn verschillende componenten in de kostenstructuur en een aantal randvoorwaarden:

- De voornaamste kost in het effectief uitvoeren van dergelijke meetcampagnes is de loonkost van de medewerkers. De voornaamste parameter is de tijd die nodig is voor het ondersteunen van een gebruiker of groep gebruikers bij het realiseren van de metingen.
- Een efficiënte organisatie hangt samen met de beschikbaarheid van een beheermodule waarin de communicatie met de gebruikers wordt bijgehouden. Ook voor deze component vraagt de opdrachtgever om beschikbare software te gebruiken. In deze financiële simulatie gaan we uit van een bestaande tool. Er wordt geen project-specifieke ontwikkeling opgenomen in deze koststructuur.
- De kosten zullen wijzigen volgens het gekozen technologisch kader en het aantal gewenste meetpunten. Sterke verschuivingen in de verhouding tussen technologische kosten en organisatorische kosten zijn mogelijk bij opschalen van het aantal meetpunten.
- De gecentraliseerde methode werkt een meetcampagne af in 1 jaar, de gedistribueerde meetcampagne werkt in een langetermijnvisie, 2 tot 3 jaar data verzamelen afhankelijk van het aantal gewenste meetlocaties.
- Er wordt een opsplitsing gemaakt tussen standaard meetlocaties (2 weken metingen) en langetermijnmetingen (6 weken metingen).
- Rapportering naar de gebruiker wordt niet apart begroot. Er wordt verondersteld dat een gestandaardiseerd (en geautomatiseerd) rapport deze functionaliteit voorziet.

De verschillen in de werking kunnen als volgt worden samengevat:

- **Gecentraliseerd:** een centrale dienst verzendt, ontvangt, controleert en communiceert op individuele basis met de gebruikers.
- **Gedistribueerd:** de centrale dienst zoekt vrijwilligers die als lokale beheerder van een aantal meeteenheden willen optreden. Versturen, ontvangen en communiceren gebeurt in eerste lijn alleen met de lokale beheerders. De lokale beheerders organiseren de communicatie en verdeling van de meeteenheden. Bij problemen is de centrale dienst ter beschikking voor het oplossen van calamiteiten. Eén van de relevantste variabelen is het aantal units en aantal meetpunten per lokale beheerder.

De voornaamste variabelen op project niveau zijn:

- De hardware kost – als vaste parameter voor alle simulaties – staat ingesteld op 800€, Munisense als referentie. Voor de berekening van het totaal aantal benodigde sensoren wordt er een onderscheid gemaakt tussen het aantal sensoren voor kortlopende meetperiodes (2 weken) en het aantal sensoren voor langlopende meetperiodes (6 weken), op basis van de vooropgestelde doelstellingen voor het aantal korte en lange meetreeksen (zie tabel in bijlage 7.1). Ook worden er 30% reserveunits ingecalculiseerd bij het aantal sensoren.

- Vergoedingen voor onkosten van lokale beheerders worden voorzien voor een maximum van €100 per lokale beheerder. Hierin zitten de onkostenvergoedingen voor vervoerskosten (brengen en halen van sensoren bij burgers) en aankopen van reservematerialen zoals tape en touw.
- In de huidige simulatie zijn de kosten voor het opmaken van lespakketten en educatief materiaal nog niet opgenomen. Ook de inzet van een wetenschapper of inhoudelijk expert, die ondersteuning biedt bij de ontwikkeling van deze pakketten of bij de wetenschappelijke onderbouwing ervan, is niet verrekend. Indien deze componenten worden meegenomen in het project, dient hiervoor een bijkomende personeelskost of externe kost (vb. dagtarief wetenschapper) voorzien te worden.

			Kostenstructuur - varianten edge/dist vs centraal - 500								1000 meetpunten		2000 meetpunten	
			Thingsboard Edge Max	Thingsboard Edge Max	Thingsboard Edge Hybrid	Thingsboard Edge Hybrid	Thingsboard Scen 3	Thingsboard Scen 3	Scen 1	Scen 1	Thingsboard Edge Hybrid	Thingsboard Edge Hybrid	Thingsboard Edge Hybrid	Thingsboard Edge Hybrid
Beschrijving campagne	Variabelen	Kost per jaar	CS 500 Distribute - 2 jaar	CS 500 Centraal - 1 jaar	CS 500 Distribute - 2 jaar	CS 500 Centraal - 1 jaar	CS 500 Distribute - 2 jaar	CS 500 Centraal - 1 jaar	CS 500 Distribute - 2 jaar	CS 500 Centraal - 1 jaar	CS 1000 Distribute - 3 jaar	CS 100 Centraal - 1 jaar	CS 2000 Distribute - 3 jaar	CS 100 Centraal - 3 jaar
	Gb data per week per unit		0.5	0.5	20.5	20.5	42	42	500	500	20.5	20.5	20.5	20.5
	Duur (in jaren)		2	1	2	1	2	1	2	1	3	1	3	1
	Doel (# kort)		400	400	400	400	400	400	400	400	800	800	1600	1600
	Doel (# lang)		100	100	100	100	100	100	100	100	200	200	400	400
	Aantal weken/meetpost kort (2 weken)		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Aantal weken/meetpost lang (6 weken)		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	Beschikbare weken per jaar per unit		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Gebruikers per unit per jaar (kort)		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Gebruikers per unit per jaar (lang)		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Reserve units		30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%
	Aantal meetweken		1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	2800	2800	5600	5600
	Aantal units per beheerder		3		3		3		3		3		3	
	Aantal gebruikers per beheerder		15		15		15		15		20		20	
	Aantal beheerders		33		33		33		33		50		100	
	Datasupport (X)		10	10	10	10	10	10	10	10	20	10	20	10
Studiedesign	Studie opstart		10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Hardware (# exemplaren)	Kort		10	20	10	20	10	20	10	20	13	40	27	80
	Lang		8	15	8	15	8	15	8	15	10	30	20	60
	Totaal (+x% reserve/verlies/schade)		23	46	23	46	23	46	23	46	31	91	61	182
Hardwarekost			18400	36800	18400	36800	18400	36800	18400	36800	24800	72800	48800	145600
Onderhoudskost (units)	Controle, calibratie...		15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000	30000	30000	60000
Vergoedingen lokale beheerder	vervoerskosten en reservemateriaal		3300		3300		3300		3300		5000		10000	
Hardwarekost totaal			36700	51800	36700	51800	36700	51800	36700	51800	44800	102800	88800	205600
Transportkosten (enkel verzending)														
	Distributed (2 verzendingen per beheerder)		1320		1320		1320		1320		2000		4000	
	Centraal (2 verzendingen per gebruiker)			12500		12500		12500		12500		25000		50000
	Totaal		1320	12500	1320	12500	1320	12500	1320	12500	2000	25000	4000	50000
Centrale beheerskost (loonkosten)														
	Centraal (dagen)(2 per unit per jaar)		92	92	92	92	92	92	92	92	186	182	366	364
	Beheerders distributed (2.5 dagen)		83		83		83		83		125		250	
	Gebruikers distributed		50		50		50		50		100		200	
	Beheerders centraal (0.5 dagen)			250		250		250		250		500		1000
	Overkoepelende communicatie		36	18	36	18	36	18	36	18	54	18	54	18
	Rekruteringscommunicatie		33	125	33	125	33	125	33	125	50	250	100	500
	Totaal aantal werkdagen		294	485	294	485	294	485	294	485	515	950	970	1882
Loonkost			176100	291000	176100	291000	176100	291000	176100	291000	309000	570000	582000	1129200
	FTE equivalent		1.50	2.40	1.50	2.40	1.50	2.40	1.50	2.40	2.60	4.80	4.90	9.40
Vergoedingen lokale beheerder	vervoerskosten en reservemateriaal		3300		3300		3300		3300		5000		10000	
Datacommunicatie	Gb/maand		2	2	82	82	168	168	2000	2000	82	82	82	82
	Data Maand campagne		350	350	350	350	350	350	350	350	700	700	1400	1400
	€/Gb/maand		1	1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	Kost campagne		700	700	5740	5740	11760	11760	140000	140000	11480	11480	22960	22960
Data storage (Tb)	Datapunt in database (x3)		2	2	86	86	176	176	2100	2100	172	172	344	344
Max storage (in Tb) vastleggen (wissen na ... maand)			500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Data storage (kost per 100€/ Tb)			210	210	8610	8610	17640	17640	210000	210000	17220	17220	34440	34440
Data storage (kost per 100€/ Tb) - clipped to maximun to store			210	210	8610	8610	17640	17640	50000	50000	17220	17220	34440	34440
Percent ruwe data op lange termijn			100%	100%	100%	100%	100%	100%	24%	24%	100%	100%	100%	100%
Servergerelateerde kosten														
Hardware server (Indicator)	Thingsboard (minimaal)	3000	6000	3000	6000	3000	6000	3000	6000	3000	9000	3000	9000	3000
Hardware server (raw data)	Dataplatform	3000	0	0	11610	11610	20640	20640	213000	213000	20220	20220	37440	37440
Post-processing server (Indicator)	Thingsboard (minimaal)	3000	0	0	0	5000		5000	0	5000	0	0	0	0
Post-processing server (herkenning)	Dataplatform	3000	0	0	6000	3000	6000	3000	6000	3000	9000	3000	9000	3000
Dataserverkost			6000	3000	23610	22610	32640	31640	225000	224000	38220	26220	55440	43440
	Totale kost		230820	369000	253470	393650	268520	408700	589120	729300	415500	745500	763200	1461200
	Kost per locatie		462	738	507	787	537	817	1178	1459	416	746	382	731
	Schatting (roundup naar 5000€)		235000	370000	255000	395000	270000	410000	590000	730000	420000	750000	765000	1465000

Tabel 9 overzicht van de volledige kostenstructuur, inclusief organisatorische methode

Een eerste evaluatie toont dat de gedistribueerde methode kosten-efficiënter verloopt, vooral door de lagere loonkost bij de ondersteunende dienst. Een tragere campagne reduceert ook de investering in hardware maar doet de operationele serverkost stijgen. De kost in uitrol voor meer meetpunten schaalst bijna één op één in de gecentraliseerde methode. Bij de gedistribueerde kost kan bespaard worden door meer meetlocaties te associëren met één lokale beheerder. De gedistribueerde methode zal veel voordelen ondervinden van het 'lerend effect' door operationele routine bij een selecte groep lokale beheerders.

Een tweede vaststelling is dat het data-technisch mogelijk lijkt om ook voor de grotere campagnes de tertsbandspectra in de hoogste resolutie bij te houden (op basis van een server storage capaciteit van 500Tb). Hier moet een kanttekening bij want bij redundantie in de dataopslag kan de effectieve opslagcapaciteit dalen. Meer gedetailleerde informatie kan deze vaststelling nog bijsturen.

Beperkingen in de oefening

De datakost is moeilijk nauwkeurig in te schatten, aangezien standaardabonnementen doorgaans gericht zijn op downloadverkeer, terwijl dit project in hoofdzaak grote hoeveelheden data moet uploaden. Het is niet duidelijk of er specifieke data-abonnementen bestaan die beter afgestemd zijn op dit soort toepassingen, wat tot onzekerheid leidt in de kostenraming.

Ook het serveronderhoud en de afschrijvingskost vormen een onzekerheid: het is niet met zekerheid te zeggen of deze kosten in de simulatie correct zijn begroot, aangezien ze sterk afhankelijk zijn van de gekozen infrastructuur en het gebruik over langere termijn.

Daarnaast is er onzekerheid over de kost voor serverbeheer. Het is onduidelijk of de voorziene middelen voldoende zijn voor een betrouwbare en continue werking, zeker bij grootschalige campagnes.

De relatieve bijdrage van de hardware, servers en verzendkosten aan de totale kost is momenteel nog te sterk afhankelijk van een aantal onbekende parameters. Verdere verfijning van deze schattingen is noodzakelijk om een robuuster kostenmodel te bekomen.

7.2 BIJLAGE: SELECTIE VAN GELUIDSINDICATOREN

7.2.1 Algemene indicatoren

De ruwe meetresultaten zijn – op basis van de voorstudies en ervaring van de opdrachtnemer – tertsbandspectra in een tijdsresolutie van 1/8ste seconden. Op deze meetresultaten kunnen een brede waaier van indicatoren worden berekend.

Hier wordt een overzicht gegevens van de opties en een korte beschrijving van de mogelijke toepassing:

L _{Aeq} ,1sec	Tijdsreeks voor L _{Aeq} voor visualisatie voor de gebruikers, typische tijdsduur voor de visualisatie: 5 tot 15 minuten (nog niet geïmplementeerd)
L _{Aeq} ,10sec en diverse korte termijn indicatoren	Een uitgebreide reeks indicatoren kunnen het evalueren van de perceptie van geluid voeden. Dergelijke set is geïmplementeerd in de meetopstelling van de PIO slaap en geluid. Een aangepaste set kan worden gedefinieerd voor omgevingsgeluid. Korte-termijn hinderannotaties zijn noodzakelijk om deze analytische stappen te kunnen zetten.
L _{Aeq} ,15min L _{Ax} ,15min	Geluidsmetingen geaggregeerd tot 15 minuten, inclusief statistische evaluaties Deze visualisaties tonen de variatie in de geluidsniveaus in functie van de tijd op een overzichtelijke manier. Dergelijke visualisatie is relevant vanaf 24 uur tot één of meerdere weken meetdata.
L _{Aeq} ,1 uur L _{Ax} ,1 uur	Geluidsmetingen geaggregeerd tot 1 uur, inclusief statistische evaluaties Deze visualisaties tonen de variatie in de geluidsniveaus in functie van de tijd op een overzichtelijke manier. Dergelijke visualisatie is relevant vanaf 24 uur tot één of meerdere weken meetdata. De visualisatie in 1 uur zal minder gevoelig zijn voor wijzigingen tijdens de spitsuren (op lokale wegen duurt het spitsuur korter dan één uur).
L _{Aeq} ,15min,spectrum L _x ,15min,spectrum	Spectrale evaluaties inclusief statistische evaluaties Deze visualisaties geven inzicht in de aanwezigheid van tonale bronnen. In de variant met statistische evaluaties is het mogelijk om tijdelijk tonale bronnen te identificeren (bijvoorbeeld warmtepompen, airco's, ventilatiesystemen). In de omgeving van industriële sites worden ook niet-woning gerelateerd tonale componenten waargenomen (ventilatie van landbouwbedrijven, electriciteitscabines, transformatoren, e.d.)
L _{dag} , L _{avond} , L _{nacht} L _{den}	Gestandaardiseerde indicatoren volgens de Environmental noise Directive (END) Deze indicatoren geven een resultaat over alle bronnen heen, inclusief mogelijke verstoringen door meteorologische invloeden.

7.2.2 Indicatoren per 10 seconden

Doel: (1) tijdens de meting opvolgen van de werking van de geluidssensoren (L_{Aeq}); (2) opslaan van gedetailleerde metingen voor potentieel opvangen van nieuwe inzichten.

- Automatische en ogenblikkelijke upload van 10 seconden energetisch equivalent geluidsdrukkniveau (L_{Aeq}) voor binnen- en buitenmicrofoon via internetconnectie (als heartbeat, validatie accuraatheid metingen voor deelnemers): 2 getallen
- Automatische en ogenblikkelijke upload van 10 seconden energetisch equivalent spectrum (A-gewogen) voor binnen- en buitenmicrofoon via internetconnectie (als heartbeat, validatie accuraatheid metingen): 2 strings met 31 getallen, (20 Hz tot 20 kHz)
- L_{Aeq} gesampled aan 8 keer per seconde: 2 x 80 records, volledige tijdsreeks in L_{Aeq} voor binnen- en buitenmicrofoon voor visualisatie
- 1/3 octaafbanden (lineaire tijds-en frequentieweging) gesampled aan 8 keer per seconde voor het berekenen van het gedeelte van het geluid binnen dat van buiten afkomstig is: 2x80 records als string met 31 getallen, (20 Hz tot 20 kHz)
- Binnen of buitengeluid: op basis van een vastgelegd conservatief (spectraal gevoelig) isolatieprofiel $D(f)$ wordt berekend of het waargenomen geluid binnen, afkomstig kan zijn van een geluid buiten. Voor elke band wordt $Linout(f) = \max(\min(Lout(f) - D(f), Lin(f), 0)$ berekend en energetische som over frequentiebanden genomen. De resulterende waarde wordt gebruikt in de verdere analyse (het bepalen van de drempelwaarde voor slaapverstoring van de bijdrage van het buitengeluid in de slaapkamer).
- **RUWE DATA IN 1/8 sec:** Per 10 seconden worden de ruwe gegevens, gegroepeerd in sets van 10 seconden) doorgestuurd naar Thingsboard-platform (twee sets van 80 records).

Berekenen en post naar Thingsboard met een tijdsinterval van 10 seconden						
Meetwaarden worden altijd doorgestuurd met een externe timestamp, passend bij de evaluatie						
Meetresultaten in de hoogste resolutie (1/8 seconden) krijgen een timestamp volgens de interne klok van de geluidsmeter.						
Beschrijving indicator	resolutie indicator	Indicator naam	Eenheid	Getaltype	Aantal	Commentaar
A-gewogen equivalent geluidsdrukkniveau	10 s	LAeq_10s_outdoor	dBA	float	1	
		LAeq_10s_indoor	dBA	float	1	
		LAeq_10s_inout	dBA		1	Delta in/out
A-gewogen spectrum	10 s	LAeq_10s_terts_outdoor	dBA	string of floats	1	
		LAeq_10s_terts_indoor	dBA	string of floats	1	
		LAeq_10s_spec_inout	dBA	string of floats	1	Delta in/out
A-gewogen maximaal geluidsdrukkniveau met "slow" tijdsweging	10 s	LASmax_10s_outdoor	dBA	float	1	
		LASmax_10s_indoor	dBA	float	1	
		LASmax_10s_inout	dBA	float	1	Delta in/out
Equivalent geluidsdrukkniveau dBA	0.125 s	Leq_0.125s_terts_outdoor	dBA	float	80 records	
		Leq_0.125s_terts_indoor	dBA	float	80 records	
Equivalent geluidsdrukkniveau per tertsbands tussen 20 Hz	0.125 s	Leq_0.125s_terts_outdoor	dB (spectrum)	string of floats	80 records	31x8x10 (lineair)
		Leq_0.125s_terts_indoor	dB (spectrum)	string of floats	80 records	31x8x10 (lineair)
Maximaal verschil in (totaal) geluidsdrukkniveau tussen	10 s	dLamax_10s_outdoor	dBA/s	float	1	A-gewogen
		dLamax_10s_indoor	dBA/s	float	1	A-gewogen
Zwaartepunt in het equivalent geluidsdruckspectrum (interval 80Hz-8kHz)	10 s	COG_80_8000_10s_outdoor	Hz	float	1	
		COG_80_8000_10s_indoor	Hz	float	1	
		COG_125_8000_10s_outdoor	Hz	float	1	
		COG_125_8000_10s_indoor	Hz	float	1	
Luidheid	10 s	N_10s_outdoor	foon	float	1	
		N_10s_indoor	foon	float	1	
		N_10s_inout	foon	float		
Gemiddelde equivalente geluidsdruckspectrum in 5 frequentiebanden	10 s	Leq_10s_40_80_indoor	dB	float	1	
		Leq_10s_100_200_indoor	dB	float	1	
		Leq_10s_250_800_indoor	dB	float	1	
		Leq_10s_1000_2000_indoor	dB	float	1	
		Leq_10s_2500_6300_indoor	dB	float	1	
		Leq_10s_40_80_outdoor	dB	float	1	
		Leq_10s_100_200_outdoor	dB	float	1	
		Leq_10s_250_800_outdoor	dB	float	1	
		Leq_10s_1000_2000_outdoor	dB	float	1	
Binnen of buitengeluid	10 s	Linout_10s_terts	dB (spectrum)	string of floats	1	
		Linout_evaluatie	boolean	bool	1	

Tabel 10: Overzicht van de indicatoren met resolutie 10 seconden, inclusief ruwe data (1/8 sec).

7.2.2.1 Elke 15 minuten door te sturen naar Thingsboard

Doel: Analyse van slaapkwaliteit op periodes van 15 minuten door combinatie met geaggregeerde bio-respons vastgesteld met de Faros.

- Berekende statistische indicatoren per 15 minuten voor binnen en buitenmeting (illustratie van de metingen tijdens de nacht, voor de deelnemers)
L_{Aeq}, en statistische niveaus: 1,5, 10, 50, 95 (statistische niveau = 1 minus percentiel).
- Geluidsindicatoren waarvan vermoed wordt dat ze een voorspellend karakter kunnen hebben voor de ogenblikkelijke slaapkwaliteit, opgelijst in onderstaande tabel: aantal events boven absolute drempel, boven mediaanniveau, stijgsnelheid, center of gravity, luidheid, percentielwaarden van luidheid, intermittancy ratio, slaapverstoringindicator

Lnight: via een vergelijkbare methode wordt een cumulatieve waarde berekend voor Lnight.

In tabelvorm:

15-minuten interval						
Beschrijving indicator	resolutie indicator	Indicator naam	Eenheid	Getaltype	Aantal	Commentaar
A-gewogen equivalent geluidsdruk niveau	15 min	LAeq_15min_outdoor	dB	float	1	
		LAeq_15min_indoor	dB	float	1	
A-gewogen statistische geluidsdruk niveaus (basis : LAeq_0.125s of LAeq_10s ?)	15 min	LA95_15min_indoor	dB	float	1	
		LA95_15min_outdoor	dB	float	1	
		LA90_15min_indoor	dB	float	1	
		LA90_15min_outdoor	dB	float	1	
		LA50_15min_indoor	dB	float	1	
		LA50_15min_outdoor	dB	float	1	
		LA10_15min_indoor	dB	float	1	
		LA10_15min_outdoor	dB	float	1	
		LA5_15min_indoor	dB	float	1	
		LA5_15min_outdoor	dB	float	1	
Aantal events boven een vast geluidsdruk niveau (i.e. LAeq_15min ?)	15 min	EN_60dBA_15min_outdoor	aantal	integer	1	
		EN_65dBA_15min_outdoor	aantal	integer	1	
		EN_70dBA_15min_outdoor	aantal	integer	1	
		EN_75dBA_15min_outdoor	aantal	integer	1	
Aantal events boven de mediaangeluidsdruk niveau LA50_15min plus x dB	15 min	EN_LA50_10dB_15min_outdoor	aantal	integer	1	
		EN_LA50_10dB_15min_indoor	aantal	integer	1	
		EN_LA50_15dB_15min_outdoor	aantal	integer	1	
		EN_LA50_15dB_15min_indoor	aantal	integer	1	
		EN_LA50_20dB_15min_outdoor	aantal	integer	1	
		EN_LA50_20dB_15min_indoor	aantal	integer	1	
Verschil in (totaal) geluidsdruk niveau tussen opeenvolgende 1/8 s metingen, percentielwaarden	15 min	dL1_15min_outdoor	dB/s	float	1	A gewogen
		dL1_15min_indoor	dB/s	float	1	
		dL5_15min_outdoor	dB/s	float	1	
		dL5_15min_indoor	dB/s	float	1	
Zwaartepunt in het equivalent geluidsdruk niveauspectrum (interval)	15 min	COG_80_8000_15min_outdoor	Hz	float	1	
		COG_80_8000_15min_indoor	Hz	float	1	
Luidheid percentielwaarden	15 min	N5_15min_indoor	foon	float	1	
		N5_15min_outdoor	foon	float	1	
		N10_15min_indoor	foon	float	1	
		N10_15min_outdoor	foon	float	1	
		N50_15min_indoor	foon	float	1	
		N50_15min_outdoor	foon	float	1	
Intermittency ratio (relatieve hoeveelheid energie in periodes)	15 min	IR_3dB_15min_indoor	fractie	float	1	
		IR_3dB_15min_outdoor	fractie	float	1	
Probabiliteit voor slaapverstoring	15 min	PSD_15min_indoor	fractie	float	1	
Akoestische isolatie	15 min	dLAeq_15min	dB	float	1	

Tabel 11: Overzicht van de indicatoren met resolutie 10 seconden, inclusief ruwe data (1/8 sec).

7.2.2.2 Indicatoren over een langere periode (de gehele nacht)

Doel: Om de enquêtes per nacht te kunnen koppelen aan blootstellingsparameters voor de bijhorende nacht zijn een aantal geaggregeerde parameters nodig. Met de boven beschreven procedure kan dit verwezenlijkt worden zonder expliciete post-processing. De meetapparatuur

wordt 'hard' gestopt (stekker). Als evaluatie voor de nacht wordt de laatste beschikbare meting voor die nacht gebruikt.

Nachtelijke indicatoren post elke 15 minuten van een cumulatieve waarde naar Thingsboard

Beschrijving indicator	resolutie indicator	Indicator naam	Eenheid	Getaltype	Aantal	Commentaar
Akoestische isolatie, verschil tussen Lnacht bu	nacht	dLnacht	dB	float	1	
A-gewogen equivalent geluidsdruk niveau	nacht	Lnacht	dB	float	1	
Probabiliteit voor slaapverstoring	nacht	PSD_nacht	fractie	float	1	

7.3 BIJLAGE GELUIDSMETER

7.3.1 Keuze van het hardware platform

In het klankentappersproject⁵³ werd gekozen voor het Raspberry pi platform (Raspberry Pi 3 of 4). In dit project wordt geen lokale verwerking van de gegevens uitgevoerd. De bijkomende specificaties voor dit project resulteerden in de nood om een ander hardwareplatform te kiezen. Na uitgebreide selectie werd gekozen voor de Asus Tinkerboard S R2.0. Dit platform is compatibel met raspberry pi maar heeft hogere specificaties. De voornaamste argumenten voor deze keuze zijn:

- Ingebouwde compatibiliteit van het I²S protocol.

On-board opslaggeheugen (16 Mb), sneller en robuuster dan de externe SD-kaart (standaard bij, Raspberry Pi).

- Aluminium behuizing beschikbaar voor gebruik zonder actieve koeling.

7.3.2 Geluidsmeter

- ASUS Tinkerboard
- Nieuwe MEMS
- Modem en GPS operationeel
- Indicatoren: zeer compleet – kleine aanpassingen mogelijk nog aangewezen
- Tijdsreeksen voor interface nu op LAeq,10sec, voor een betere visualisatie zou dit naar LAeq,1sec moeten worden gebracht.
- Herkenning nog niet beschikbaar – mogelijk incompatibel met 32-bit (wordt onderzocht in een lopende masterproef).
- Eventdetectie: in test – voornaamste doel dataverzameling voor verdere ontwikkeling.
- Doorsturen tertsbanden naar Thingsboard:
 - Werkt op iotp-oefen (partiële test met drie units)
 - Faalt om ongekennde redenen op iotp operationeel platform
- Casing en voeding: nog af te werken
 - Voeding is heel gevoelig – standaard voedingen 5V/3A zijn niet krachtig genoeg. Tinkerboard specifieke voeding noodzakelijk.
- Software:
 - Automatische opkuis van de eMMC (oude lokale data verwijderen)
 - Automatische upload van de ruwe data naar het minio-platform

⁵³ <https://github.com/Makerspace-Antwerpen/klankentappers>

7.4 BIJLAGE MEMS MICROFOON

7.4.1 Type MEMS en informatie voor de PCB

De PCB met de MEMS is ontworpen om te passen in een standaard kalibrator (diameter $\frac{1}{2}$ inch). Het type MEMS is Infineon-IM69D120-DataSheet-v01.00-EN.

7.4.2 Kalibratie

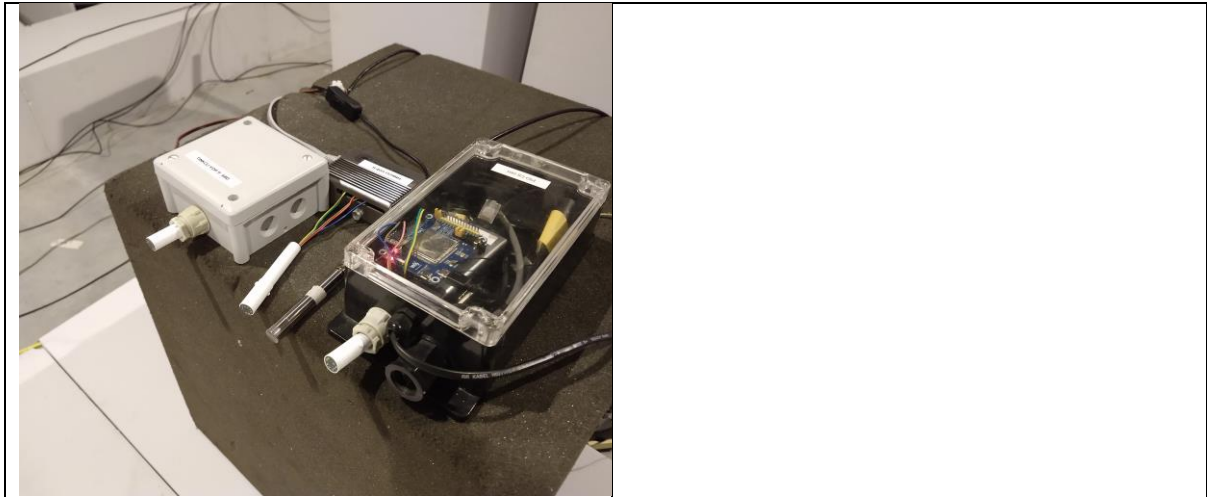
Digitale MEMS geven dadelijk een digitale versie van het geluidssignaal, in tegenstelling tot de analoge microfoons en analoge MEMS. Dit heeft als gevolg dat een kalibratie veel eenvoudiger is. Een kalibratie is slechts nodig per geproduceerde batch.

Bij een kruiskalibratie, dus zelfde kalibratiefactor in de software en zelfde kalibrator gebruiken op meerdere PIOCS nodes, werd een typische afwijking van 0.3 dBA waargenomen. Deze afwijking kan eenvoudig worden verklaard door de variatie die veroorzaakt wordt door de relatieve positionering van de PCB in de 3D-print houder en de positie van deze 3D houder in de kalibrator. Merk op dat type-1 apparatuur aan de voorwaarden voldoet wanneer deze afwijking kleiner is dan 1 dB). Dit betekent dat binnen één batch van PIO meetopstellingen geen individuele kalibratie nodig is.

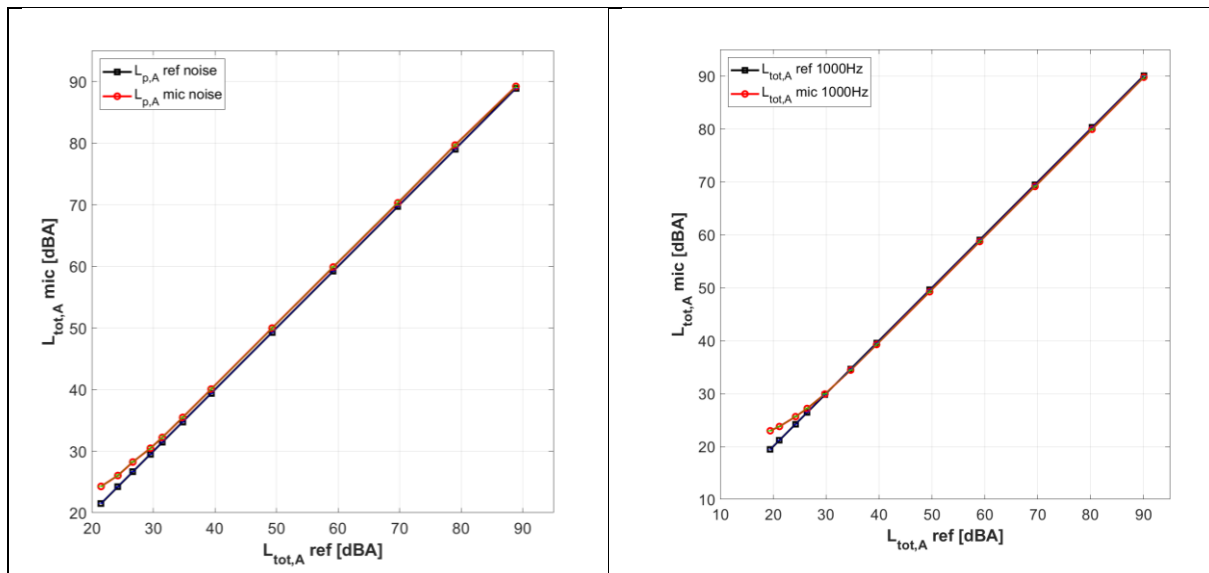
7.4.3 Metingen anechoïsche kamer

De meetketen wordt in zijn geheel gecontroleerd met een meetopstelling in de anechoïsche kamer. Op deze manier wordt de volledige meetketen geëvalueerd, m.a.w. de combinatie van de geluidssoftware, het geïmplementeerd correctiefilter, de PCB en de MEMS. Opmerking: In deze analyse is niet de werkelijke ruisvloer gemeten (geen metingen zonder geluid uit de speakers).

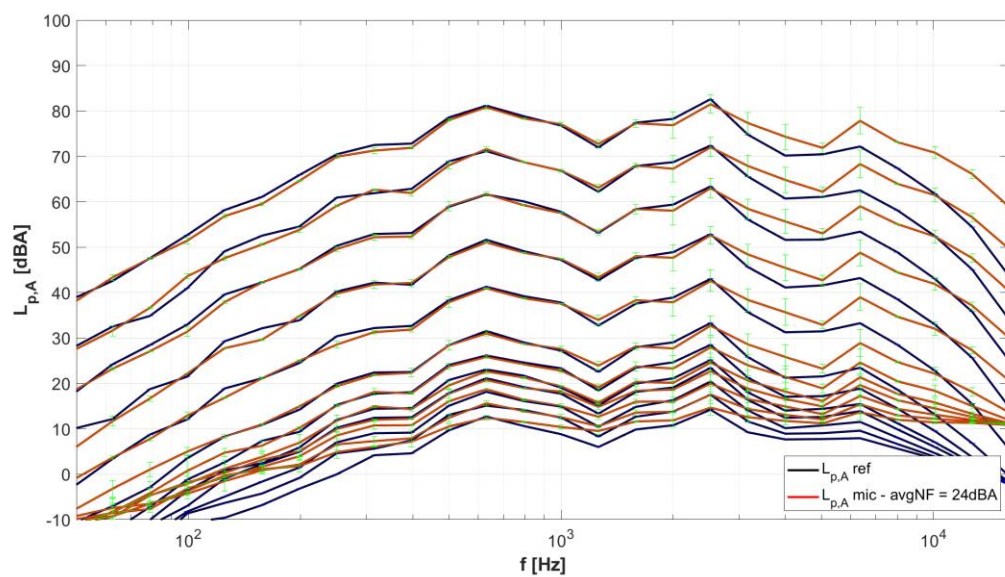




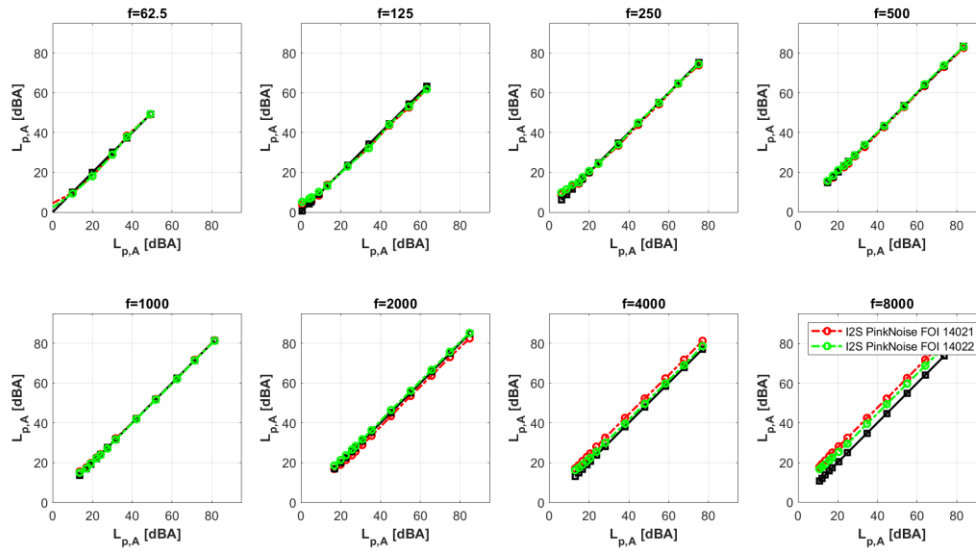
Figuur 16: Visueel overzicht meetopstelling.



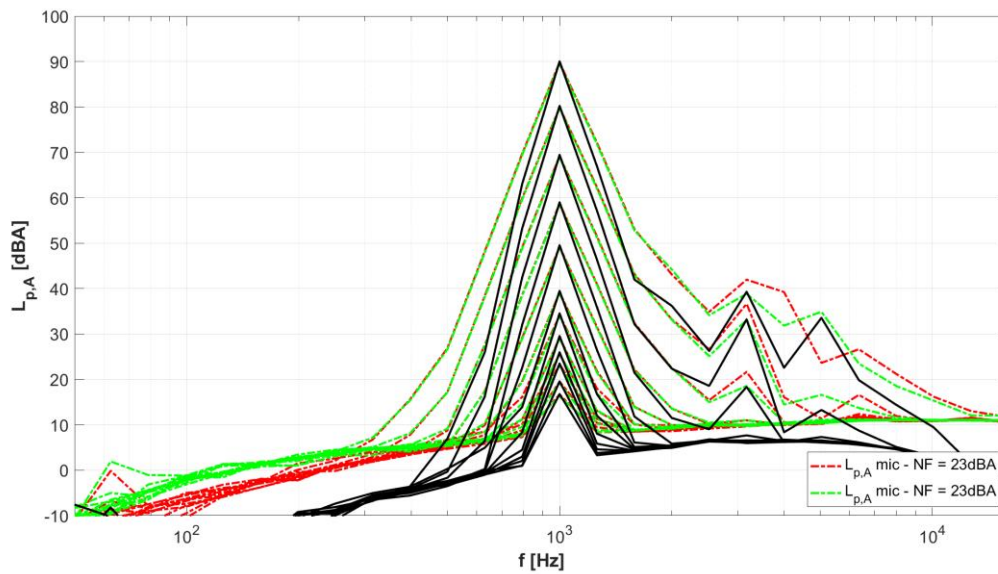
Figuur 17: Gedrag van LAeq ten opzichte van (op basis van twee MEMS).



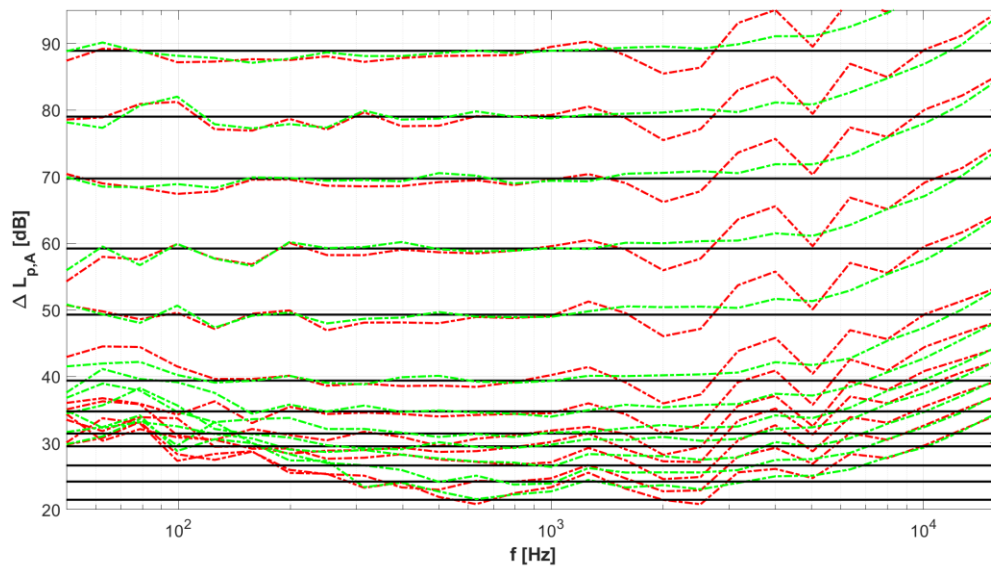
Figuur 18: Afwijking over het spectrum. Merk de verhoogde ruisvloer bij de hoge frequenties en de overschatting van de geluidsniveaus vanaf 3kHz (van 2 tot 5 dB).



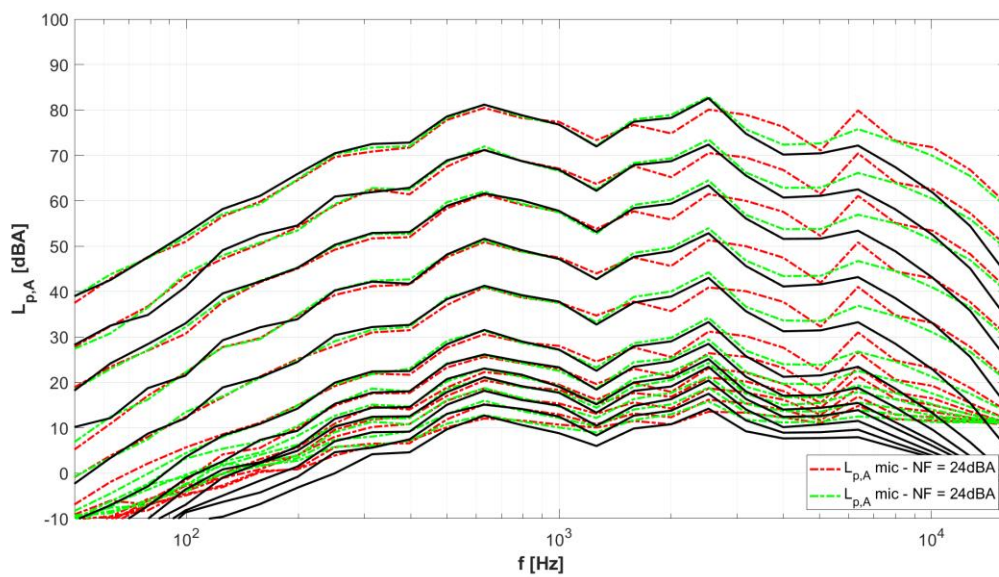
Figuur 19: Afwijking ten opzichte van de referentie per oktaafband.



Figuur 20: Afwijking van de spectrale filters in de PIO CS opstelling. De filterbank in de spectrale analyse is breder dan bij de referentiemeting (35 dB tegenover 48 dB bij 1000 Hz).



Figuur 21: Spectrale afwijking volgens geluidsniveau: Vlak spectrum tot 3kHz, sterk verhoogd spectrum boven 8 kHz (> 5 dB).



Figuur 22: Spectraal overzicht inclusief schatting van de noise floor (24 dBA).

Conclusie:

De MEMS levert een zeer lage noise-floor in de voorgestelde meetketen. Er is een lichte verhoging van de geluidsniveaus vanaf 3 kHz. Bij 8 kHz en hoger bedraagt deze afwijking meer dan 5 dB. De ruisvloer wordt bepaald door de hoge frequenties.

7.5 BIJLAGE RESULTATEN BEVRAGING BIJ LERAREN EN DIRECTIES

7.5.1 Methode

Dit rapport is gebaseerd op de resultaten van een vragenlijst die bij leraren en directies afgenomen werd (zie bijlage 7.6). In bijlage vind je de gestelde vragen. De oproep tot invullen van de vragenlijst werd verspreid via de website van Scivil en de eigen sociale mediakanalen. Enkele leerkrachten waar Scivil eerder contact mee had, werden persoonlijk aangeschreven. Daarnaast werd de oproep via (educatieve) organisaties in het netwerk van Scivil verder verspreid.

- Brightlab
- Vereniging voor Leraars Wetenschappen
- Vereniging Leraars Aardrijkskunde
- ...

De bevraging werd ingevuld door 20 participanten, waarvan 17 leerkrachten, 2 directieleden en één STEM-coördinator. Het merendeel van de leerkrachten dat de vragenlijst invulden, heeft een achtergrond binnen technische vakken, zoals elektriciteit en techniek, of binnen de exacte wetenschappen, zoals fysica, chemie en STEM.

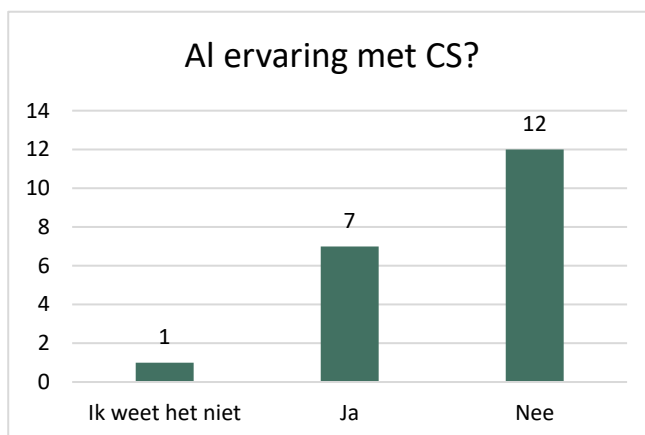
7.5.2 Resultaten

Eerdere ervaringen met participatieve onderzoeksprojecten binnen de school?

7 van de 20 participanten namen eerder al met de school deel aan een participatief onderzoeksproject. Dit waren voornamelijk positieve ervaringen. Leerkrachten benadrukken meermaals het positieve effect op het engagement en de motivatie van de leerlingen. Ze zijn meer betrokken bij de leerstof en zijn sterker gemotiveerd. Deze verhoogde motivatie komt volgens de leerkrachten ook doordat ze zelf data mogen

verzamelen en analyseren. Het geven van eigenaarschap en verantwoordelijkheid aan de leerlingen, naar hen luisteren en het gevoel geven dat hun onderzoek ertoe doet is hierin een belangrijke factor. Tot slot biedt het naast een verhoogde motivatie bij de leerlingen, ook qua leerkansen heel wat mogelijkheden. De leerkrachten geven aan dat in dergelijke participatieve onderzoeksprojecten heel mooi de link tussen de theorie en de praktijk gelegd wordt. De kennis die de leerlingen in de vakken leren kunnen ze hierin toepassen in de praktijk. Door die praktijkgerichte insteek zien leerlingen bovendien het belang van wetenschappelijke metingen in de maatschappij.

Hoewel het voornamelijk positieve ervaringen waren bij de leerlingen, gaven ze ook wel enkele moeilijkheden tijdens eerdere deelnames aan. Een leerkracht geeft zo aan te veel verantwoordelijkheid te hebben gekregen. Indien dit binnen de tijd en ruimte mogelijk is, kan dat maar indien er tijdgebrek is kan dit leiden tot chaos. Zo zorgde dit in eerdere projecten o.a. al voor



problemen in het tijdig aanleveren en opleveren van de data. Beperkte ondersteuning vanuit het projectteam zal de samenwerking nog extra bemoeilijken.

Daarnaast kan bij sommige onderzoeksprojecten slechts een klein groepje leerlingen meewerken. Het is erg jammer als er enthousiaste leerlingen teleurgesteld moeten worden. Idealiter kan de hele klas deelnemen.

(Opnieuw) deelnemen?

Op de vraag 'Zou de school (al dan niet opnieuw) geïnteresseerd zijn om deel te nemen aan dergelijk participatief onderzoeksproject?' antwoordt 90% van de participanten 'Ja'. Een groot aantal, al geven de leerkrachten natuurlijk wel aan dat het afhangt van het topic van het project, de concrete inhoud van de deelname en de mate waarin het mogelijk is voor een specifieke doelgroep van leerlingen.

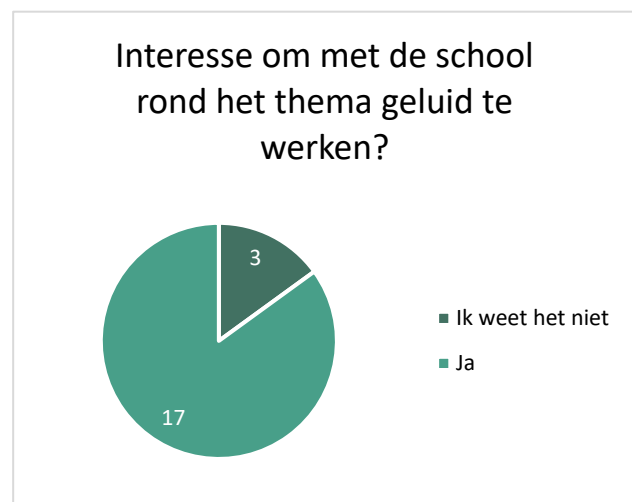


Enkele redenen die leerkrachten aangeven om (opnieuw) te willen deelnemen:

- "Bijdrage tot verbeteren van de schoolomgeving, of om zaken in kaart te brengen zodat je uw leerlingen aan de hand van cijfers kunt mobiliseren. Je hebt concrete data om mee aan de slag te gaan, dat is interessant. Je gaat aan de slag met de werkelijkheid."
- "Dit is een win-win situatie. ... (De onderzoekers, n.v.d.r.) verzamelen data en onze leerlingen worden nauw betrokken bij het proces en leren op deze manier het best."

Interesse in het thema geluid?

Van de 20 bevraagden geven er 17 aan vanuit de school wel interesse te hebben in het thema geluid en geluidsblootstelling. Velen van hen zien meteen mogelijkheden in welke vakken of projecten ze het kunnen integreren. Het vak fysica wordt meermaals vermeld om te werken rond golven en trillingen. Daarnaast is er een grote interesse in de link tussen geluid en gezondheid. Dit samen met de leerlingen onderzoeken is qua sensibilisering erg interessant. Leerkrachten vinden het topic ook interessant omdat het in verschillende vakken behandeld kan worden, en dus meer in projectvorm aangereikt kan worden. Tot slot geeft een leerkracht ook aan dat "elk topic interessant



(is), zolang het ingericht is naar de leefwereld van de doelgroep".

Motivatoren voor deelname aan participatieve onderzoeksprojecten

Authentiek leren

De bevraagden geven meermaals aan dat het sterk motiverend is voor leerlingen om te kunnen bijleren in realistische situaties. In participatieve onderzoeksprojecten is het mogelijk om leerlingen

te laten nadenken over reële maatschappelijke problemen. Ze werken daarbij met concrete data en gaan zo aan de slag met de werkelijkheid. Op die manier dragen ze bij aan authentiek wetenschappelijk onderzoek en kunnen ze ook zelf een impact creëren.

Kritische denkers en actieve burgers ontwikkelen

De leraren geven aan dat het deelnemen aan participatieve onderzoeksprojecten de onderzoeksvaardigheden van de leerlingen aanscherpt. Ze leren bij over de verschillende stappen in wetenschappelijk onderzoek en de eigenheden van dergelijk onderzoek. Maar daarnaast gaat het ook om het sensibiliseren en mobiliseren van de leerlingen rond bepaalde inhoudelijke topics. Op die manier kunnen de leerlingen zich ontwikkelen tot kritische denkers en actieve burgers, wat volgens de leraren ook belangrijke doelen van onderwijs zijn.

Activerende methode

Een derde motivator tot deelname is voor verschillende leraren ook het feit dat het een erg activerende methode is. Leerlingen hoeven niet passief achter een bureau kennis op te nemen, maar kunnen zelf op basis van ervaring bijleren.

Leerlingen empoweren

Tot slot kan het volgens enkele leerkrachten ook een manier zijn om alle leerlingen in hun kracht te kunnen zetten. Denk bijvoorbeeld aan sterk functionerende leerlingen, maar ook minderheidsgroepen die anders vaak niet betrokken worden of minder snel in aanraking komen met wetenschap en onderzoek.

Drempels voor deelname aan participatieve onderzoeksprojecten

Tijd en ruimte in planning leerkracht

De meest genoemde drempel tot deelname voor de participanten is de extra tijd en ruimte dat zo'n onderzoeksproject inneemt in de reeds beperkte lestijd die leerkrachten met hun leerlingen hebben. Indien het wel past in het lessenplan van de leerkracht is en bijkomende vraag hoeveel voorbereidingstijd er nog nodig is. Wat is er al ter beschikking vanuit het project en wat moet de leerkracht zelf nog voorzien. Ook al is er een 'kant-en-klaar' lessenpakket ter beschikking, zal de leerkracht toch nog steeds genooddaakt zijn enkele aanpassingen te maken om te kunnen differentiëren naar het niveau van alle leerlingen. Idealiter is het 'kant-en-klare' lessenpakket dus flexibel en eventueel modulair.

Naast de extra werklast wat betreft voorbereiding die erbij komt kijken, vraagt een deelname ook heel wat communicatietijd. Dit moet de leerkracht goed beseffen en zien zitten.

Kost

Een tweede drempel die verschillende keren terugkomt in de bevraging is het kostenplaatje dat erbij komt kijken. Het is belangrijk vooraf na te gaan welke materialen er ter beschikking zijn, en welke de school zelf nog moet voorzien. Indien er geen financiële ondersteuning is, of geen materiaal vanuit het project is het zeer moeilijk om scholen te motiveren voor je project. De bevrageerden vinden het niet zozeer nodig om een financiële vergoeding te ontvangen voor hun medewerking, maar wel een terugbetaling van de gemaakte kosten.

Expertise

De bevrageerden geven ook aan dat het gebrek aan expertise bij de leerkracht of de school een drempel kan zijn tot deelname. Het gaat hier zowel over inhoudelijke expertise binnen een specifiek thema, alsook expertise over het voeren van kwalitatief wetenschappelijk onderzoek. Indien de leerkracht hierin niet voldoende ondersteund wordt en dit gebrek aan expertise niet opgevangen wordt door de projectleiding, zal dit het project bemoeilijken.

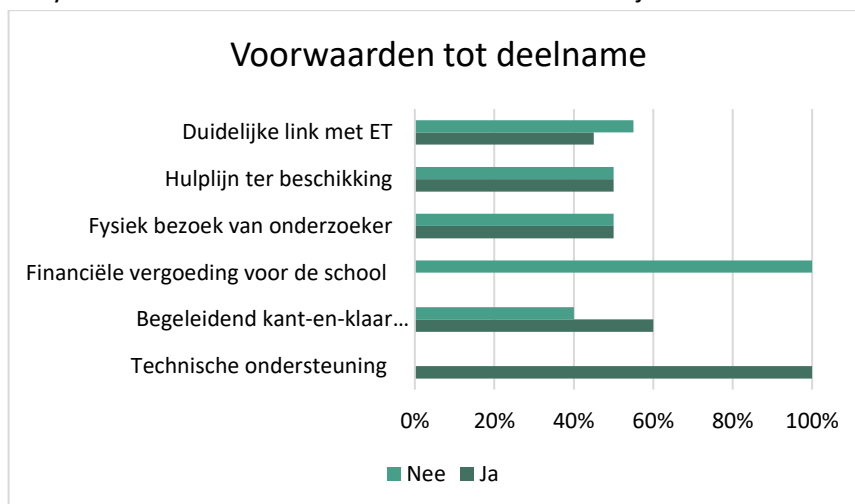
Onduidelijkheden over data

Tot slot wordt door een leerkracht ook aangegeven dat onduidelijkheden rond de data een drempel tot deelname kunnen zijn. Zo moet vooraf onder andere goed afgesproken worden of de data al dan niet open wordt gemaakt, wat er achteraf mee gebeurt, wie de eigenaar is enz.

Voorwaarden voor deelname

We vroegen de participanten aan te geven wat voor hen voorwaarden zijn om deel te nemen aan een participatief onderzoeksproject rond geluid. Technische ondersteuning vanuit het project werd door alle participanten unaniem als voorwaarde aangeduid. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om het herstellen van kapotte sensoren. Opmerkelijk is dat het krijgen van een financiële vergoeding door geen enkele participant aangeduid werd als voorwaarde. Dit vinden de bevragede leerkrachten en directieleden dus niet belangrijk.

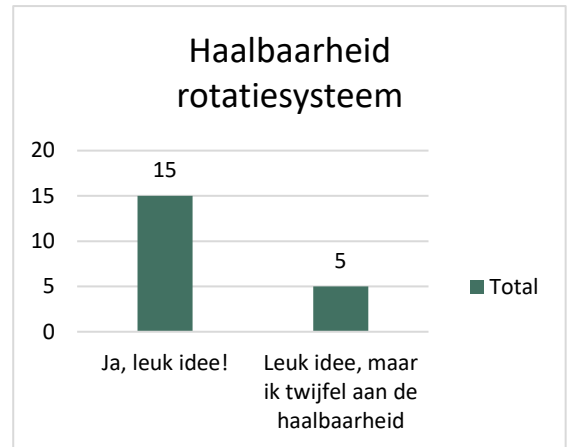
Voor de meerderheid van de participanten is een begeleidend lessenpakket een voorwaarde om deel te nemen. Al geven verschillende leerkrachten ook aan dat het idealiter wel flexibel toe te passen moet zijn. Enkele richtlijnen of tips hoe het onderzoek educatief in te zetten in de klas is wel gewenst. Verder is het vrij gelijk verdeeld tussen de participanten wat betreft het ter beschikking hebben van een hulplijn, een fysiek bezoek van een onderzoeker en een duidelijke link met de eindtermen.



Haalbaarheid rotatiesysteem

Tot slot werd de participanten ook gevraagd hoe haalbaar het hen leek om de sensoren door te geven van leerling tot leerling. Drie vierde van de participanten vindt dat wel een haalbaar en interessant idee. Een voordeel dat een participant hierbij aangeeft is dat het thuisfront ook actief betrokken kan worden. Als de sensoren enkel in de schoolomgeving zouden blijven, is dit niet mogelijk.

Bovendien worden de sensoren zo ook op de meest efficiënte wijze ingezet, en is het mogelijk om een interessante set aan meetpunten samen te stellen.



Aan de andere kant vraagt het wel wat verantwoordelijkheid van de leerlingen. De sensoren kunnen zo mogelijks kwijt of kapot raken. Al is dit ook een kans om te werken aan attitudes zoals respect hebben voor materiaal. Dit kan zeker als troef mee opgenomen worden in een begeleidende handleiding of lessenpakket voor de leerkracht.

Hoewel het in dergelijk geval inderdaad mogelijk is om het thuisfront hierbij te betrekken, moet er ook wel de kanttekening gemaakt worden dat niet elke ouder de tijd en kennis heeft om zijn of haar kind te ondersteunen. Dit vraagt zo mogelijk extra begeleiding van de leerkracht.

Het zal steeds nodig zijn om de onderzoeksopzet aan te passen naar de doelgroep en de haalbaarheid te bekijken van klas tot klas. In de context van een internaat zal dit bijvoorbeeld minder opportuun zijn.

7.5.3 Aanbevelingen voor de uitrol van geluidsmetingen via scholen in het kader van PIO geluid

Ontwikkeling van Flexibele Lespakketten:

Creëer **modulaire, kant-en-klare lespakketten** die leerkrachten eenvoudig kunnen aanpassen aan het niveau en de behoeften van hun leerlingen. Dit vergemakkelijkt de integratie van het project in diverse onderwijsprogramma's en zorgt ervoor dat het geschikt is voor verschillende leeftijdsgroepen en vakken. Zorg ervoor dat de lespakketten een duidelijke **link hebben met bestaande eindtermen en leerdoelen** voor de verschillende vakken en doelgroepen binnen het onderwijs. Dit maakt het gemakkelijker voor leerkrachten om het project te rechtvaardigen binnen het curriculum en vergroot de kans op adoptie door meer scholen.

Mogelijke interessante doelgroepen gebaseerd op eindtermen (zie bijlage 5 voor uitgebreide omschrijving)

- Derde graad lager onderwijs (Bvb. Wetenschappen en Techniek; Mens en Maatschappij..)
- Eerste graad secundair onderwijs (Bvb. Ruimtelijk bewustzijn)
- Derde graad secundair onderwijs (Bvb. STEM, ruimtelijk bewustzijn, sociaal-relatieve competenties..)

Bij het ontwikkelen van modulaire, kant-en-klare lespakketten dienen volgende randvoorwaarden in acht genomen te worden:

- Het materiaal dient alle leerlingen in een klas te betrekken en niet slechts een select groepje
- Het **doorgeefprotocol** waarbij leerlingen om beurt een geluidssensor mee naar huis nemen en aar installeren gedurende de meetperiode, dient in de lespakketten geïntegreerd te worden.
- Zorg ervoor dat de **kostprijs** voor de scholen tot een minimum beperkt wordt om budgettaire drempels zoveel mogelijk weg te halen. Een vergoeding voor deelnemende leerkrachten of scholen is niet nodig, zolang de kostprijs voor deelname voldoende laag is.
- Houdt rekening met de beperkte tijd en ruimte die leerkrachten hebben. **Flexibele planning, een modulaire aanpak en duidelijke verwachtingen** zijn essentieel om het project haalbaar te maken binnen de bestaande lesroosters.
- Voorzie duidelijke richtlijnen en **hulpmiddelen voor data-analyse en -interpretatie**. Leerkrachten moeten goed geïnformeerd zijn over hoe ze de verzamelde data kunnen gebruiken en presenteren.
- Verwerk in het lespakket ook aspecten die **werken aan attitudes** zoals respect hebben voor materiaal. Dit verkleint de kans op kwijtgespeeld of kapot materiaal en kan als bijkomende troef van het lessenpakket uitgespeeld worden.
- Voorzie voldoende tijd voor de scholen om het lessenpakket naar hun hand te zetten zodat er geen tijdsdruk is. Dit zorgt ervoor dat het project achteraf vlotter verloopt.

Technische Ondersteuning en Continue Begeleiding:

Zorg voor robuuste **technische ondersteuning**, inclusief snelle reparaties van sensoren en een **helpdesk** voor leerkrachten die vlot bereikbaar is en snel antwoordt. Dit minimaliseert de technische problemen en inhoudelijke drempels en waarborgt een vlotte uitvoering van het project. Implementeer een systeem voor **regelmatige evaluatie en feedback**, en goede pilotering, zodat ervaringen van leerkrachten en leerlingen leiden tot continue verbeteringen.

Professionele Ontwikkeling:

Bied **trainingen en workshops** aan voor **leerkrachten** om hen te voorzien van de nodige kennis en vaardigheden voor zowel de technische aspecten van geluidsmetingen als voor het aan de slag gaan met de inhoud in de klascontext. Dit helpt leerkrachten zich zekerder te voelen en verhoogt de kwaliteit van de data die wordt verzameld. Deze trainingen en workshops kunnen worden aangeboden in samenwerking met organisaties die educatieve pakketten ontwikkelen en hierrond trainingen geven, zoals Brightlab⁵⁴, VeLeWe⁵⁵, hogescholen en lerarenopleidingen.

Daarnaast is het ook een pluspunt als leerkrachten beroep kunnen doen op een wetenschapper die het project en het thema een uurtje voor de klas komt kaderen. Dit kan leerkrachten helpen met de drempel van het gevoel zelf te weinig expertise over het thema te hebben.

Verantwoordelijkheid, Beheer en Beveiliging van Data:

Zorg voor duidelijke afspraken over de **verantwoordelijkheden van de leerkrachten en leerlingen**, ook bijvoorbeeld voor het stuk gaan van sensoren, en de ondersteuning die zij kunnen verwachten. Stel duidelijke protocollen op voor **de beveiliging en het beheer** van verzamelde **data**. Dit omvat afspraken over de eigendom van de data, wie toegang heeft en hoe de data gebruikt wordt.

⁵⁴ <https://www.brightlab.be/>

⁵⁵ <https://velewe.be/>

Gerichte Communicatie en Wervingscampagne:

Voor de succesvolle **rekrutering van scholen en leerkrachten** is het essentieel om de communicatie te richten op de duidelijke voordelen en **motivaties voor deelname**. Benadruk hoe deelname leidt tot verhoogd engagement en motivatie van leerlingen doordat ze zelf data mogen verzamelen en analyseren, wat eigenaarschap en verantwoordelijkheid bevordert. Leg uit hoe het project praktische leerkansen biedt door de theorie te koppelen aan de praktijk en de maatschappelijke relevantie van het project te benadrukken, zoals het inzicht in reële maatschappelijke problemen en het leveren van een concrete bijdrage aan de gemeenschap. Gebruik **succesverhalen en testimonials** van eerdere deelnemers om de impact te illustreren, en organiseer informatie- en wervingssessies om vragen te beantwoorden en ervaringen te delen.

Zorg voor **aantrekkelijk promotiemateriaal** dat de kernvoordelen visueel presenteert en informeer over de uitgebreide ondersteuning zoals technische hulp en kant-en-klare lespakketten. Samenwerking met onderwijsnetwerken en het belichten van langetermijnvoordelen, zoals de ontwikkeling van kritische denkers en actieve burgers, zijn eveneens cruciaal om vertrouwen te wekken en de deelname te stimuleren.

Moedig **samenwerking met ouders en de bredere gemeenschap** aan. Dit bevordert een breder bewustzijn en betrokkenheid bij het project.

7.6 BIJLAGE: VRAGENLIJST - AAN DE SLAG IN DE KLAS MET ÉCHT WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK! 📊

Onderzoek jij binnenkort samen met je klas geluidsblootstelling?

Werkte jouw school of klas al eens mee aan wetenschappelijk onderzoek? Of ben je erg geïnteresseerd in hoe leerlingen door bij te dragen aan authentieke wetenschappelijke onderzoeksprojecten heel wat kennis en vaardigheden kunnen verwerven? Ben je benieuwd naar hoe participatieve onderzoeksprojecten jou in je klaspraktijk kunnen ondersteunen?

Met onderstaande bevraging polsen we naar de interesse en motivaties van directies en leerkrachten tot deelname, maar ook naar de drempels die hen tegen houden om mee in een participatief onderzoeksproject rond geluidsblootstellingen te stappen. Onder participatieve onderzoeksprojecten verstaan we wetenschappelijk onderzoek waarbij burgers op een betekenisvolle manier betrokken worden binnen één of meerdere fasen van het onderzoek.

Ben jij directie of leerkracht in een lagere of secundaire school? Je helpt ons een grote stap vooruit indien je de survey invult (ong. 10 min).

Licht je je mening liever toe in een online gesprek? Dat kan! Contacteer charlotte@scivil.be en dan plannen we een moment in.

Aan het einde van de survey kan je je bovendien opgeven om effectief geluidsmetingen uit te voeren met leerlingen.

* Required

Ervaring met en interesse in deelname aan participatieve onderzoeksprojecten

We verwijzen in deze bevraging een aantal keren naar participatieve onderzoeksprojecten. Daarmee bedoelen we wetenschappelijk onderzoek waarbij burgers op een betekenisvolle manier betrokken worden binnen één of meerdere fasen van het onderzoek.

1. Wat is jouw rol binnen de school? *

- ☐ Directie
Leerkracht
- ☐ Other

2. Welk vak geef je en aan welke leerlingengroep? *

Met leerlingengroep bedoelen we lager of secundair onderwijs en welke graad.

3. Heeft je school al ervaring met participatieve onderzoeksprojecten met sensormetingen? *

Bv. meten van luchtkwaliteit, tellen van verkeer, onderzoeken van verkeersveiligheid rond de school.. Ja

- ☐ Nee
Ik weet het niet

4. Wat was de naam van het project?

Voeg indien mogelijk de website van het project toe.

5. Werd dit project zelfstandig vanuit de school georganiseerd of in samenwerking met bijvoorbeeld een onderzoeksgroep van een wetenschappelijke instelling? *

- ☐ Zelfstandig
Samenwerking

6. Welke organisatie initieerde het project? *

7. Welke activiteiten voerde de school uit in het project? *

Bijvoorbeeld verzamelen van data, promotie van het project, ter beschikking stellen van infrastructuur, verschillende stappen van het onderzoek..

8. Wat waren positieve aspecten aan de deelname aan het onderzoeksproject? *

9. Wat waren negatieve aspecten aan deelname aan het onderzoeksproject? Of wat zou je zelf aanpassen aan de rol van de school binnen het project op basis van deze ervaring? *

10. Zou de school (opnieuw) geïnteresseerd zijn om deel te nemen aan dergelijk participatief onderzoeksproject? *

- ☐ Ja
☐ Nee
☐ Ik weet het niet

11. Waarom wel/niet geïnteresseerd om (opnieuw) deel te nemen? *

12. Zou je school geïnteresseerd zijn om rond geluid en geluidsblootstelling in de klas te werken? *

- ☐ Ja
☐ Nee
☐ Ik weet het niet

13. Verduidelijk bovenstaand antwoord

Rol van scholen binnen participatieve onderzoeksprojecten

De volgende vragen polsen naar motivaties of drempels voor een deelname van een klas of school aan een participatief onderzoeksproject (over eender welk topic). Denk zowel aan motivaties en drempels voor de leerkracht, school, schoolorganisatie etc. als aan het leren van de leerlingen.

14. Wat zijn volgens jou **motiverende factoren** voor leerkrachten en directies om met hun klas of school deel te nemen aan participatieve onderzoeksprojecten?

Participatieve onderzoeksprojecten in het algemeen; maar ook participatieve onderzoeksprojecten specifiek rond geluidsblootstelling.

15. Wat zijn volgens jou **belemmerende factoren of drempels** voor leerkrachten en directies om met hun klas of school deel te nemen aan zo'n projecten?

Participatieve onderzoeksprojecten in het algemeen; maar ook participatieve onderzoeksprojecten specifiek rond geluidsblootstelling.

16. Indien aan **jou** gevraagd wordt met je klas of school deel te nemen aan een participatief onderzoeksproject rond **geluidsmetingen**, wat zijn dan **voorwaarden** opdat je zou willen deelnemen? *

- ☐ Je kan zoveel opties aanduiden als je wil
☐ Technische ondersteuning vanuit het project (bvb. bij kapotte sensoren)
 Een begeleidend kant-en-klaar lessenpakket waar je vervolgens zelfstandig mee aan de slag kan
☐ Een financiële vergoeding voor de school
 Een fysiek bezoek van de onderzoekers aan de school waarbij ze uitleg geven over het project (doel, achtergrond, belang van het werk van de leerlingen...)
☐ Beschikbaarheid van een snel te bereiken hulplijn bij vragen
 Duidelijke link met eindtermen
☐ Ik zou sowieso niet willen deelnemen
☐ Other

- ☐ 17. Binnen dit project zullen ook effectief enkele proefprojecten in scholen opgezet worden. Het opzet daarvoor is dat er een viertal sensoren zullen roteren binnen de klas. Vier leerlingen nemen de sensoren naar huis voor twee weken en geven ze vervolgens door aan vier andere leerlingen enzovoorts. Als directielid/leerkrachte, lijkt je dat een haalbaar idee? *

☐

- ☐ Ja, leuk idee!
☐ Leuk idee, maar ik twijfel aan de haalbaarheid
☐ Lijkt me absoluut niet haalbaar

18. Kan je voorgaande vraag wat verder toelichten? Wat zijn voor jou bezorgdheden en/of opportuniteiten bij het doorgeven van sensoren van leerling tot leerling?

19. Zoals in de inleiding aangegeven zetten we naast deze bevraging ook effectief enkele pilootprojecten op met scholen. Mogen we u contacteren voor een vrijblijvend gesprek om meer info te geven over de pilots voor een eventuele deelname? *

- ☐ Zoja, vul in de volgende vraag je mailadres in.
☐ Ja
☐ Nee

20. Vul hieronder je mailadres in.

21. Waarom niet?

Wat houdt je tegen? Wat is er nodig opdat je wel zou willen deelnemen?

22. Heel fijn dat je geïnteresseerd bent! Via welke weg kwam je terecht bij onze oproep? *

- ☐ Via VELEWE (Vereniging Leraars Wetenschappen)
- ☐ Via VLA (Vereniging voor leerkrachten aardrijkskunde)
- ☐ Via VVWL (Vlaamse Vereniging voor Wiskundeleraars)
- ☐ Via de nieuwsbrief van Brightlab
- ☐ Via de website of nieuwsbrief van Scivil
- ☐ Other

☐

This content is neither created nor endorsed by Microsoft. The data you submit will be sent to the form owner.

☐

 Microsoft Forms

☐

7.7 BIJLAGE – EDUCATIEF KADER VOOR GELUIDSMETINGEN IN DE KLAS

Dit project beoogt de ontwikkeling van een protocol voor geluid en geluidshinder dat toelaat deze parameters bij en door burgers te verzamelen en op een (zoveel als mogelijk) gebied dekkende manier in kaart te brengen.

Een **samenwerking met scholen** voor het opzetten van meetcampagnes voor geluid en geluidshinder biedt een aantal belangrijke voordelen:

- **Diversiteit en Socio-economische Status:** Scholen vertegenwoordigen een breed scala aan socio-economische achtergronden. Via scholen kan een inclusiever en representatiever beeld van de geluidsproblematiek in kaart gebracht worden, wat kan helpen bij het identificeren van specifieke behoeften en uitdagingen in kwetsbare gemeenschappen.
- **Educatieve Meerwaarde:** Voor de scholen biedt deelname aan citizen science projecten heel wat unieke leermogelijkheden door aan de slag te gaan met en bij te dragen aan authentiek wetenschappelijk onderzoek.⁵⁶
- **Breed Bereik:** Scholen zijn verspreid over diverse stedelijke en landelijke gebieden, wat helpt om een representatief beeld te krijgen van geluidsblootstelling in verschillende omgevingen. Via de scholen kan er bovendien ook aan **bewustwording** gewerkt worden bij ouders en de bredere gemeenschap.
- **Logistieke Voordelen:** Scholen bieden een georganiseerde en gestructureerde omgeving die het doorgeven, veilig plaatsen en onderhouden van sensoren tussen leerlingen kan faciliteren.
- **Duurzaamheid en Continuïteit:** Door het project te integreren in het onderwijs kunnen metingen over langere periodes worden uitgevoerd. Leerkrachten verkiezen jaarlijks terugkerende projecten, waardoor er consistente data verzameld kan worden.

In dit document schetsen we mogelijke aanpakken om geluidsmetingen uit te voeren in samenwerking met scholen, evenals de concrete links met de onderwijscontext waarop ingespeeld kan worden (bv. link met leerdoelstellingen voor verschillende doelgroepen).

7.7.1 Algemene methode

Leerkrachten ontvangen een pakket sensoren om ofwel zelf als leerkracht thuis en op school te installeren (derde graad lager onderwijs) ofwel via een rotatiesysteem bij de leerlingen thuis te installeren (secundair onderwijs).

⁵⁶ Bastiaenssens, P., Boeve-De Pauw, J., Doms, M., Hens, C., Mennes, F., Van Laer, J., (2022). Citizen science in de klas. Een gids voor initiatiefnemers van citizen-scienceprojecten. SCIVIL, Leuven, België. 10.5281/zenodo.7215562 <https://www.scivil.be/gids/citizen-science-de-klas>

Leerkrachten en leerlingen krijgen toegang tot de data van deelnemende leerlingen in de klas (mits toestemming van de ouders) via een online dashboard en kunnen de data downloaden. Ze kunnen zelf met de data aan de slag te gaan door de data te bekijken, vergelijken en analyseren.

Een pakket voor scholen omvat volgende zaken:

- **Sensoren**, om geluid te meten op school en thuis.
- **Toegang tot het dashboard** met de data van de sensoren om tijdens de lessen mee aan de slag te gaan, inclusief mogelijkheid om data te downloaden (vooral voor derde graad secundair)
- **Technische ondersteuning** bij het gebruik van de sensoren en het analyseren van de data.
- **Een uitgewerkte leerlijn** met ondersteuning over hoe de sensoren te integreren in de lessen, de link met de leerdoelstellingen en interessante topics voor in de klas die verband houden met geluid.
- **Een wetenschapper** die een **gastles** kan geven in de klas, om de leerlingen te inspireren en te informeren over het belang van burgerwetenschap en geluidsonderzoek. Om tegemoet te komen aan mogelijke hoge vraag, kan een lijst van beschikbare wetenschappers worden opgesteld die bereid zijn een gastles te geven.
- **Een kant-en-klaar lessenpakket** op maat van elke doelgroep, met duidelijke link naar de eindtermen en leerdoelstellingen, zodat leerkrachten heel laagdrempelig met hun klas aan de slag kunnen.

Wanneer leerlingen en leerkrachten aan de slag gaan met geluidsdata, is het belangrijk om zorgvuldig om te gaan met privacy. De locaties van de metingen worden op het dashboard niet op huisniveau weergegeven, maar geanonimiseerd en slechts tot op straat- of wijkniveau getoond, zodat individuele woningen of adressen niet te herleiden zijn. Dit voorkomt mogelijke bezorgdheden over privacy of negatieve perceptie, bijvoorbeeld in verband met verhoogde geluidsintensiteit rond een woning. Ook de resultaten van de hinderbevraging worden niet publiek gedeeld op het dashboard. Enkel geaggregeerde of veralgemeende trends worden zichtbaar, om de drempel te verlagen voor deelnemers die liever niet linken dat zij persoonlijk geluidslast ervaren. Zo blijft het leerproces waardevol, zonder in te boeten op discretie of vertrouwen van deelnemers.

7.7.2 Doelgroepen

Binnen het onderwijs kunnen we drie belangrijke leeftijdsgroepen onderscheiden waarmee samengewerkt kan worden in het kader van citizen science geluidsmetingen.

- **Derde Graad Lager Onderwijs:** Leerkrachten krijgen twee sensoren om mee aan de slag te gaan: een sensor voor op school en een sensor voor bij de leerkracht thuis. Zo kan de

leerkracht samen met de leerlingen samen **de geluidsomgeving van de school** en van de thuisomgeving ontdekken. Gezien de jonge leeftijd van de doelgroep zit het beheer en de plaatsing van de sensoren volledig bij de leerkracht.

- **Voordelen**

- Leerlingen in de lagere school zijn vaak nog minder 'vooringenomen' t.o.v. wetenschap. Ze zijn erg enthousiast en nieuwsgierig naar hoe de wereld in elkaar zit. Dit werkt erg motiverend zowel voor hen als de wetenschappers.
- Omdat de eindtermen voor alle lagere schoolkinderen dezelfde zijn, is het gemakkelijker om een project af te stemmen op de onderwijsdoelen voor het lager onderwijs. In het secundair onderwijs zijn de onderwijsdoelen verschillend voor elke studierichting.
- Doordat in de lagere school minder verschillende leerkrachten in één klas komen, is er meer ruimte om projectmatig en vakoverschrijdend te werken dan in de secundaire school. Zo is er in de lagere school dus meer flexibiliteit om vaker en langer met het citizen science project bezig te zijn.

- **Eerste graad Secundair Onderwijs (Aardrijkskunde/NRT):** Leerkrachten krijgen 5 sensoren per klas, zodat er een rotatiesysteem opgezet kan worden waarbij de leerlingen om de beurt thuis, samen met hun ouders, de sensor installeren en metingen uitvoeren. Met de data van de sensoren kunnen de leerkracht en leerlingen onderzoeken hoe omgevingsgeluid gerelateerd is aan **ruimtelijke ordening**.

- **Voordelen**

- Voor onderzoek waar leerlingen toch al wat zelfstandiger moeten kunnen werken en iets complexere taken moeten uitvoeren, kan je je richten op de eerste graad van het secundair onderwijs. Daar zijn de eindtermen bovendien voor de hele eerste graad in elke klas dezelfde, i.t.t. de specifieke eindtermen van gespecialiseerde richtingen in de derde graad.

- **Derde graad Secundair Onderwijs (Fysica/wiskunde):** Leerkrachten krijgen 5 sensoren per klas, zodat er een rotatiesysteem opgezet kan worden waarbij de leerlingen om de beurt thuis de sensor installeren en metingen uitvoeren. Met de data van de sensoren kunnen de leerkracht en leerlingen dieper ingaan op **geluidsgolven**.

- **Voordelen**

- Oudere leerlingen zijn op cognitief, psychomotorisch en dynamisch-affectief vlak verder ontwikkeld dan jongere leerlingen. Dat betekent

onder meer dat ze taalvaardiger zijn, beter probleemoplossend en computationeel denken, complexere taken aankunnen en zelfstandiger kunnen werken.

7.7.3 Derde Graad Lager Onderwijs

3.1 Leerdoelstellingen

Wetenschappen en techniek > Eindtermen

1. Natuur

➔ Algemene vaardigheden

1.1. De leerlingen kunnen gericht waarnemen met alle zintuigen en kunnen waarnemingen op een systematische wijze noteren:

1.2. De leerlingen kunnen, onder begeleiding, minstens één natuurlijk verschijnsel dat ze waarnemen via een eenvoudig onderzoek toetsen aan een hypothese.

➔ Milieu

1.24. De leerlingen kunnen met concrete voorbeelden uit hun omgeving illustreren hoe mensen op positieve, maar ook op negatieve wijze omgaan met het milieu.

2. Techniek

2.7. De leerlingen kunnen in concrete ervaringen stappen van het technisch proces herkennen (het probleem stellen, oplossingen ontwikkelen, maken, in gebruik nemen, evalueren);

Voor het realiseren van bovenstaande eindterm geldt volgende begripsomschrijvingen.

Kerncomponenten van techniek: De vier kerncomponenten van techniek zijn: technisch systeem, technisch proces, hulpmiddelen en keuzen.

- **Technisch systeem:** een technisch systeem is een geheel van elkaar wederzijds beïnvloedende elementen en onderdelen die gericht zijn op het bereiken van (een) bepaald(e) doel(en). In een technisch systeem kunnen zich natuurkundige, scheikundige of biologische fenomenen voordoen. De term technisch systeem kan betrekking hebben op het systeemaspect alleen of op alle aspecten (de 4 kerncomponenten) van het technisch object. De gekozen toepassing van de eindterm bepaalt welke van de twee benaderingen aangewezen is.
- **Technisch proces:** Een proces kent een geleidelijk verloop van een reeks acties om een technisch systeem in te zetten, te ontwikkelen of te verbeteren. Kenmerkend voor techniek is het technisch proces. Het technisch proces vertrekt vanuit een behoefte en verloopt volgens 5 stappen:
 - probleem stellen
 - ontwerpen
 - maken

- in gebruik nemen
- evalueren
- **Hulpmiddelen:** De kerncomponent 'hulpmiddelen' omvat alles wat nodig is om technische systemen efficiënter te laten functioneren, te verwezenlijken en hun werking te doorgronden. Daarmee worden onder andere bedoeld: materialen en grondstoffen, energie, machines en gereedschappen, meetinstrumenten, mensen, kapitaal, tijd ...
- **Keuzen:** Keuzen zijn afhankelijk van criteria waaraan technische systemen moeten voldoen. Die criteria kunnen door de maatschappij of vanuit de techniek worden bepaald. Criteria kunnen norm worden en normen kunnen wet worden.

2.17. De leerlingen kunnen illustreren dat techniek en samenleving elkaar beïnvloeden;

2.18. De leerlingen kunnen aan de hand van voorbeelden uit verschillende toepassingsgebieden van techniek illustreren dat technische systemen nuttig, gevaarlijk en/of schadelijk kunnen zijn voor henzelf, voor anderen of voor natuur en milieu.

3. Mens en Maatschappij

→ Ruimtelijke ordening/bepaaldheid

4.8. De leerlingen kunnen suggesties geven voor het inrichten van hun eigen omgeving.

4.9. De leerlingen kunnen in de realiteit op een gepaste kaart een landelijke, stedelijke, toeristische en industriële omgeving herkennen en van elkaar onderscheiden.

4.10. De leerlingen kunnen hun eigen streek en twee andere streken in België situeren op een kaart en de relatie beschrijven tussen de omgeving en aspecten van het dagelijks leven van de mensen

4.12. De leerlingen kunnen in een landschap gericht waarnemen en ze kunnen op een eenvoudige wijze onderzoeken waarom het er zo uit ziet.

3.2 Methode

Binnen de aangehaalde doelstellingen kunnen leerkrachten op de volgende manieren ingeschakeld worden. Mogelijke rollen:

- Schoolomgeving als meetpunt voor een sensor onder beheer van leerkracht
- School als locatie voor workshop of uitleen-/inleverpunt
- School als communicatiekanaal naar ouders (vrijwillige oproep tot deelname).

7.7.4 Eerste Graad Secundair Onderwijs

4.1 Finaliteit doorstroom – Leerdoelstellingen

1. A-stroom > Ruimtelijk bewustzijn > Eindtermen

➔ Personen, plaatsen, patronen en processen situeren op **verschillende ruimtelijke schaalniveaus en tijdsschalen**.

9.1. De leerlingen situeren personen, plaatsen en patronen op relevante ruimtelijke schaalniveaus.

➔ **Plaatsbegrip hanteren** om lokale, nationale en internationale gebeurtenissen in een geografisch kader te plaatsen.

9.2. De leerlingen beschrijven kenmerken van landschapsvormende lagen.

9.3. De leerlingen onderzoeken relaties tussen landschapsvormende lagen van plaatsen om verschillen tussen landschappen te verklaren.

9.4. De leerlingen karakteriseren ruimtelijke patronen op verschillende schaalniveaus.

➔ **Ruimtelijke patronen en processen aan het aardoppervlak verklaren** als het resultaat van interacties tussen natuurlijke processen onderling, tussen menselijke processen onderling en tussen natuurlijke en menselijke processen.

9.5. De leerlingen illustreren dat landschappen evolueren onder invloed van fysisch- en sociaalgeografische veranderingen.

9.6. De leerlingen onderzoeken ruimtelijke effecten van veranderingen in landschappen op de mens en zijn leefomgeving.

➔ Geografische methoden en technieken aanwenden om **ruimtelijke patronen en processen te onderzoeken**.

9.7. De leerlingen lokaliseren zichzelf en plaatsen met behulp van lokalisatie- en oriëntatietechnieken.

9.8. De leerlingen gebruiken terreintechnieken en geografische hulpbronnen om landschappen te onderzoeken.

A-stroom > Digitale competenties > Eindtermen

04.02: De leerlingen gebruiken doelgericht basisfunctionaliteiten van toepassingen om digitale inhoud te creëren.

04.03: De leerlingen gebruiken doelgericht basisfunctionaliteiten van toepassingen om digitale inhoud te beheren aan de hand van een aangereikte structuur.

3. A-stroom > Sociaal-relatieve competenties > Eindtermen

05.01: De leerlingen gaan respectvol en constructief met anderen in interactie rekening houdend met elkaars grenzen.

4.2 Finaliteit Arbeidsgericht– Leerdoelstellingen

B-stroom > Ruimtelijk bewustzijn > Eindtermen

09.01: De leerlingen lokaliseren zichzelf en plaatsen met behulp van lokalisatie- en oriëntatietechnieken.

09.02: De leerlingen illustreren natuurlijke en menselijke landschapselementen in een landschap.

09.03: De leerlingen illustreren eenvoudige ruimtelijke relaties in een landschap.

09.04: De leerlingen illustreren dat landschappen veranderen onder invloed van natuurlijke oorzaken en menselijke ingrepen.

09.05: De leerlingen zetten geografische hulpbronnen met inbegrip van GIS-viewers functioneel in.

B-stroom > Digitale competenties > Eindtermen

04.02: De leerlingen gebruiken doelgericht basisfunctionaliteiten van toepassingen om digitale inhoud te creëren.

04.03: De leerlingen gebruiken doelgericht basisfunctionaliteiten van toepassingen om digitale inhoud te beheren aan de hand van een aangereikte structuur.

B-stroom > Sociaal-relatieve competenties > Eindtermen

05.01: De leerlingen gaan respectvol en constructief met anderen in interactie rekening houdend met elkaars grenzen.

4.3 Methode

Binnen de aangehaalde doelstellingen kunnen leerkrachten op de volgende manieren ingeschakeld worden. Mogelijke rollen:

- Leerkracht & klas als doorgeefluik van sensoren
- School als locatie voor workshop of uitleen-/inleverpunt
- School als communicatiekanaal naar ouders (vrijwillige oproep tot deelname).

7.7.5 Derde Graad Secundair Onderwijs

5.1 Finaliteit doorstroom – Leerdoelstellingen

Wiskunde – Natuurwetenschappen – technologie – STEM > Eindtermen

➔ Wiskunde en geluidsgolven

6.02: De leerlingen brengen met behulp van de grafiek, kenmerken van betekenisvolle situatie die door de functie beschreven wordt.

6.08: De leerlingen tekenen de grafiek van de functie $f(x)=\sin x$ vanuit de goniometrische cirkel.

6.09: De leerlingen gebruiken transformaties van de vorm $f(x)+k$, $f(x-k)$, $f(x/k)$ en $k \cdot f(x)$ om de grafiek van een algemene sinusfunctie $f(x)=a \cdot \sin[b(x-c)]+d$ op te bouwen vanuit de grafiek van $f(x)=\sin x$.

6.10: De leerlingen analyseren kenmerken van een algemene sinusfunctie aan de hand van de grafiek: domein, bereik, nulwaarden, tekenverloop, stijgen/dalen, extrema, symmetrie, periodiciteit en amplitude.

Het is aangewezen om zowel met als zonder context te werken. Werken met contexten kan leerlingen immers motiveren. Wiskunde leren met en zonder contexten is belangrijk om kennis en vaardigheden te transfereren naar gelijkaardige en naar nieuwe situaties.

6.19: De leerlingen beschrijven fenomenen uit de realiteit aan de hand van wiskundige concepten uit de derde graad.

6.40: De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen van trillingen en golven met inbegrip van geluid, de decibelschaal en het elektromagnetisch spectrum.

6.43: De leerlingen werken op een veilige en duurzame manier met materialen, stoffen, organismen en technische systemen.

6.44: De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.

6.45: De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden.

6.46: De leerlingen analyseren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen.

Specifieke eindtermen wiskunde:

06.09.02: De leerlingen leggen het verband tussen de grafiek van een algemene sinusfunctie $f(x)=a \cdot \sin[b(x-c)]$ en haar kenmerken: nulwaarden, tekenverloop, stijgen/dalen, extrema, periode, amplitude, faseverschuiving.

Specifieke eindtermen fysica

11.01.18: De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen aan de hand van het golfmodel.

➔ Ruimtelijk bewustzijn

9.11: De leerlingen zetten terreintechnieken en geografische hulpbronnen met inbegrip van GIS-viewers functioneel in.

➔ Sociaal-relatieve competenties

5.01: De leerlingen gaan respectvol en constructief met anderen in interactie rekening houdend met elkaars grenzen.

→ Ondernemingszin

15.02: De leerlingen genereren creatieve ideeën om een probleem op te lossen en bespreken de uitvoerbaarheid ervan aan de hand van criteria.

5.2 Methode

Binnen de aangehaalde doelstellingen kunnen leerkrachten op de volgende manieren ingeschakeld worden. Mogelijke rollen:

- Leerkracht & klas als doorgeefluik van sensoren
- School als locatie voor workshop of uitleen-/inleverpunt
- School als communicatiekanaal naar ouders (vrijwillige oproep tot deelname).

5.3 Finaliteit arbeidsmarkt - Leerdoelstellingen

→ Wiskunde – natuurwetenschappen – technologie – STEM

06.03: De leerlingen interpreteren grafieken, tabellen, diagrammen en (woord)formules in betekenisvolle contexten.

06.11: De leerlingen verklaren fenomenen of toepassingen uit het dagelijkse leven aan de hand van snelheid, kracht, hefboom, druk, zichtbaar licht, straling of elektriciteit.

→ Ruimtelijk bewustzijn

9.04: De leerlingen zetten terreintechnieken en geografische hulpbronnen met inbegrip van GIS-viewers functioneel in.

→ Sociaal-relatieve competenties

5.01: De leerlingen gaan respectvol en constructief met anderen in interactie rekening houdend met elkaars grenzen.

→ Ondernemingszin

15.02: De leerlingen genereren creatieve ideeën om een probleem op te lossen en bespreken de uitvoerbaarheid ervan aan de hand van criteria.

5.4 Dubbele finaliteit - Leerdoelstellingen

→ Wiskunde – natuurwetenschappen – technologie – STEM > Eindtermen

06.02: De leerlingen brengen met behulp van de grafiek, kenmerken van een functie in verband met de betekenisvolle situatie die door de functie beschreven wordt.

06.11: De leerlingen beschrijven fenomenen uit de realiteit aan de hand van wiskundige concepten uit de derde graad.

06.13: De leerlingen gebruiken ICT om berekeningen uit te voeren en grafische voorstellingen te maken.

06.25: De leerlingen voeren onderzoek aan de hand van een wetenschappelijke methode om kennis te ontwikkelen en om vragen te beantwoorden.

06.26: De leerlingen ontwerpen een oplossing voor een probleem door wetenschappen, technologie of wiskunde geïntegreerd aan te wenden.

06.27: De leerlingen illustreren de wisselwerking tussen wetenschappen, technologie, wiskunde en de maatschappij aan de hand van maatschappelijke uitdagingen.

→ Ruimtelijk bewustzijn

9.04: De leerlingen zetten terreintechnieken en geografische hulpbronnen met inbegrip van GIS-viewers functioneel in.

→ Sociaal-relatieve competenties

5.01: De leerlingen gaan respectvol en constructief met anderen in interactie rekening houdend met elkaars grenzen.

→ Ondernemingszin

15.02: De leerlingen genereren creatieve ideeën om een probleem op te lossen en bespreken de uitvoerbaarheid ervan aan de hand van criteria.

7.8 BIJLAGE ACHTERGRONDSTUDIE: BESTAANDE GOOD PRACTICES VOOR CITIZEN SCIENCE GELUIDSMETINGEN

De basis voor deze achtergrondstudie is een beknopte **literatuurview** naar participatieve onderzoeksprojecten rond geluidsmetingen, alsook literatuur over goede voorbeelden van citizen science projecten op het vlak van het doorgeven van sensoren tussen deelnemers. Daarnaast werden **interviews** afgenomen van Vlaamse citizen science projecten en lokale besturen.

Met onderstaande vragen in het achterhoofd, werden de papers doorgenomen. De relevante informatie voor PIO geluid werd per case op max. één A4 samengevat. Een kanttekening die wel gemaakt dient te worden, is dat de onderzoekspapers vaak beknopt waren en weinig aandacht besteedden aan de moeilijkheden en uitdagingen die het project tegenkwam. Desondanks konden we enkele interessante **aanbevelingen samenvatten voor het PIO geluid**.

Lijst van vragen die we bekeken voor de verschillende casestudies:

- Hoe werden de metingen gedaan?
 - o Welk meettoestel werd er gebruikt?
 - o Over welke periode werd er gemeten?
 - o Hoe zat het protocol in elkaar? Welke datakwaliteit acties genomen?
- Wie was de doelgroep?
 - o Zijn er gegevens over wie participeerde?
 - o Hoe werden burgers gerekruteerd? Communicatiestrategie?
 - o Uitval bij de deelnemers?
- Hoe gingen ze om met privacy issues (of de perceptie ervan)?
 - o Wat wordt opgenomen, en wat niet?
- Wordt er gebruik gemaakt van een online platform?
 - o App, online dashboard voor realtime metingen?

Naast good practices op vlak van projecten rond geluidsmetingen die een citizen science methodiek toepasten, gingen we ook op zoek naar goede voorbeelden op het vlak van het doorgeven van sensoren tussen deelnemers. We vonden echter geen projecten die dat toepasten met sensoren.

In wat volgt vindt u een kort overzicht met de belangrijkste inzichten van de case study, gevolgd door de interviews. Daarna vatten we de aanbevelingen voor PIO geluid samen.

7.8.1 Case Studies

7.8.1.1 Citizen scientists and university students monitor noise pollution in cities and protected areas with smartphones.

Zipf L, Primack RB, Rothendler M (2020) Citizen scientists and university students monitor noise pollution in cities and protected areas with smartphones. PLoS ONE 15(9): e0236785.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236785>

Het project beschrijft een aanpak die zich richt op het actief betrekken van burgerwetenschappers bij smartphone-gebaseerde geluidsmonitoring, met behulp van de iPhone geluidsmeter app SPLnFFT tijdens eendaagse evenementen. Twee belangrijke verschillen met het PIO geluid zijn dus dat het hier gaat om ééndagsmetingen en het gebruik van de smartphone als meetinstrument. De reden dat ze geen metingen deden op lange termijn was mede wegens privacygevoeligheden. Er zijn echter wel enkele interessante takeaways rond het motiveren en engageren van de burgers.

Bevraging burgerwetenschappers

Het project dacht vooraleer de communicatie- en rekruteringsstrategie uit te werken goed na over de vraag '**what's in it for the citizen scientists?**'. Dat gebruikten ze als **motivator in hun rekruteringscampagne**. Enkele voorbeelden van mogelijke motivatoren die het project opleijste:

- Vrijwilligers kunnen zelf geluidsoverlast in hun eigen omgeving monitoren in plaats van te vertrouwen op de overheid of academische onderzoekers om hen van deze informatie te voorzien;
- En vrijwilligers kunnen onderzoek naar geluidsoverlast opzetten op een manier die voldoet aan hun eigen behoeften en zorgen.

Het project stelde ook expliciet als doel de burgerwetenschappers te onderwijzen rond geluidshinder, onderzoeksvaardigheden mee te geven en ze bewustzijn mee te geven over geluidshinder.

Na het onderzoek voerden ze een **evaluatiestudie** uit om na te gaan wat de burgerwetenschappers motiveerde om deel te nemen.

- 25% om meer te weten te komen over geluidsoverlast;
- 17% omdat ze bezorgd zijn over geluidsoverlast,
- 29% om de wetenschap over natuurbehoud vooruit te helpen
- 25% om een goed doel te steunen
- 4% om van het buiten zijn te genieten

Deze motivatoren kunnen in het kader van het PIO geluid gebruikt worden in de communicatie om burgerwetenschappers te rekruteren.

7.8.1.2 Designing a sustainable noise mapping system based on citizen scientists smartphone sensor data

Shim E, Kim D, Woo H, Cho Y (2016) Designing a Sustainable Noise Mapping System Based on Citizen Scientists Smartphone Sensor Data. PLoS ONE 11(9): e0161835.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161835>

Dit pilootproject exploreerde hoe ze duurzame data kunnen verzamelen met de smartphone als meetinstrument (geluid en gps) zonder het leven van de burgers te verstoren. In dit project werd elke 10 minuten gedurende 7 dagen lang data over geluidsniveau en gps verzameld.

Project verzamelde dus niet met aparte sensoren data, maar wel met de persoonlijke smartphones van de burgerwetenschappers. In de paper geven ze enkele interessante insights en uitdagingen rond privacy aan.

Privacy

- De applicatie veranderde automatisch het geluid dat door de microfoon werd opgenomen in een decibelwaarde (dBA) en wiste het oorspronkelijke geluid onmiddellijk om de privacy te beschermen.
- Mensen hadden wel vragen over privacy bij de combinatie van het verzamelen van gps-gegevens en opnames van geluidsniveaus. Heel wat communicatie gestoken in zorgen wegnemen.
- Na 7 dagen verscheen er **een pop-up op de smartphone** waarin de gebruikers opnieuw werden geïnformeerd over het doel en de procedures van het onderzoek en waarin werd gevraagd of ze akkoord gingen met het verzenden van sensorgegevens naar de server.
- Om privacybescherming van hoge kwaliteit te garanderen, regelden ze dat de server bij Statistics Korea (Nationaal Bureau voor de Statistiek van Zuid-Korea) werd bewaard en deze organisatie nam de eerste screening van de gegevens voor haar rekening. Daarna stelde Statistics Korea de gegevens beschikbaar aan de onderzoekers in een vorm waarin geen persoonlijke informatie identificeerbaar was.

7.8.1.3 Social Survey Company

Het project verzamelde haar burgers via Gallup Korao, een **social survey company** in Zuid-Korea. Zij hebben een **vaste participantengroep waar de oproep gelanceerd werd**. Deze 'standaard respondentengroep' is zo samengesteld dat het de volwassen bevolking van Seoul vertegenwoordigt. Voorwaarde was wel dat ze een specifiek model smartphone hadden. Deze voorwaarde zorgde ervoor dat ze via de social survey company onvoldoende participanten vonden en ze nog een brede oproep moesten doen. Indien we voor het PIO geluid, of in een

later grootschalig onderzoek, onvoldoende participanten vinden kunnen we zelf ook via bestaande survey panels, zoals Bpact, een oproep doen.

7.8.1.4 Noise Maps by Bitlab

<http://www.bitlab.cat/en/projectes/noise-maps/>

Het Noise Maps project richtte zich op de inzet van een citizen science proces in de omgeving van de Sagrada Familia en Raval wijk in Barcelona om de uitdaging van geluidsoverlast, gerelateerd aan gezondheidsproblemen aan te pakken. Er werden professionele sensoren gebruikt in het project.

Participatie in meerdere stappen onderzoeksproces

De doelgroep van het project was de burgers in de omgeving van Sagrada Familia en Raval die zelf last hebben van geluidsoverlast. Er was slechts een beperkte participantengroep van 12 burgers. Dit maakte het echter wel mogelijk om de burgers in verschillende stappen van het onderzoeksproces te betrekken, en niet enkel bij de dataverzameling. De burgerwetenschappers konden bijvoorbeeld zelf **locaties nomineren** waar zij het interessant zouden vinden om te meten. Op die manier bepaalden ze mee de **parameters** om locaties te selecteren. Ze stelden vervolgens ook een dataverzamelingsprotocol op samen en in een volgende stap verzamelden de burgers met sensoren geluidsdata. Deelnemers konden geluidssensoren bij hen thuis hosten of deelnemen aan begeleide wandelingen waarbij ze gegevens verzamelden bij specifieke haltes. Deze verschillende routes waren bedoeld om burgers met verschillende voorkeuren en beschikbare tijd in staat te stellen om bij te dragen aan het project op de manier die voor hen het beste was. De gegevens werden verzameld via **Bitlab**, die samen met onderzoekers een geautomatiseerde datapijplijn ontwikkelden die alle ruwe geluidsgegevens verwerkte om AI-modellen te genereren die automatisch verschillende soorten geluiden in de opnames detecteerden: auto's, machines, vogelgezang, etc., die samen het geluidslandschap vormden van de buurten van Barcelona waar de samples waren opgenomen. Alle gegevens werden geüpload naar **Freesound**, een gratis, openbare opslagplaats van geluidsfragmenten, waar ze op kaarten werden gevisualiseerd en **door andere geïnteresseerden kunnen worden gebruikt**.

Bovendien werden er aan het einde van het project ook workshops georganiseerd met de burgers om beleidsaanbevelingen te creëren.

Rekrutering burgers?

Moeilijke zoektocht voor rekrutering van burgers. Daarom ook **openbare instellingen benaderd, zoals bibliotheken en scholen die als meetpunt konden fungeren** en dus een sensor konden hosten.

Wat met opnames van geluid?

Er gebeurt een automatische analyse met AI van de opgenomen geluidsmetingen (incl. bronherkenning: verkeer, kinderen die spelen, trein ...). Enkele stappen die ondernomen werden met het oog op privacygevoeligheden

- Encryptie van de opgenomen geluiden
- Data werd afgeschermd en niet publiekelijk gedeeld
- Indien er toch gesprekken werden opgenomen, werden deze gewist (wat wel een handmatige check vereist)
- Toestemming van ethics committee
- consent form voor vrijwilligers die de sensor beheren
- opleiding over ethische aspecten voor vrijwilligers

- **informatieve posters voor bystanders** (bv. burens van participanten van het project over het project en over hoe met gevoelige data omgegaan wordt en dat databeschermingswetten nageleefd worden)

7.8.1.5 NoiseTube

<https://soft.vub.ac.be/Publications/2009/vub-prog-tr-09-11.pdf>

NoiseTube onderzoekt hoe een participatieve en mensgerichte benadering van geluidsmonitoring kan worden gebruikt om een goedkoop en open platform te creëren voor het meten, annoteren en lokaliseren van geluidsoverlast, zoals die door de burgers zelf wordt waargenomen. Met die data willen ze een collectieve kaart creëren om vervolgens met die informatie beleidsmakers en het brede publiek te informeren. Er is ook een sterke nadruk op bewustwording bij burgers.

Ook hier wordt de Smartphone als sensor ingezet.

Privacy

Op de vraag 'Wie is eigenaar van de data?' is het antwoord in dit project 'de burger zelf'. Ze gingen uit van het idee 'the user owns his/her data.' Een burger kon dus voor elke meting beslissen of die al dan niet publiek werd gemaakt.

Datakwaliteit

Gezien er gewoon met smartphones aan de slag gegaan werd als meetinstrument, deed het project experimenten om de accuraatheid van de data na te gaan. Zo gingen ze na of er grote verschillen waren naargelang waar de burgers hun smartphone bewaarden (in de broekzak, handtas, rugzak ...)

Motivatatie en engagement van de burgers stimuleren

In hun rekruteringscampagne zette het project sterk in op drie mogelijke motivaties van burgers.

1. **Mensgerichte focus:** "Aan hoeveel decibel ben ik nu blootgesteld vandaag?" Ze zetten hiermee in op een democratisering van gepersonaliseerde informatie over de eigen omgeving, wat bewustwording en gedragsverandering mogelijk kan maken.
2. **Maatschappelijke focus:** burgers empoweren om zelf actie te ondernemen
3. **Bijdrage aan wetenschappelijk onderzoek:** Er is een tekort aan fijnmazige gegevens over blootstelling aan geluidsoverlast op individueel niveau van burgers. Geen simulaties doen, maar effectieve metingen.

7.8.1.6 Samen meten aan geluid en beleving rond de luchthaven Schiphol. Een verkennend citizen science onderzoek naar kortetermijnhinder in het kader van de Programmatische Aanpak Meten Vliegtuiggeluid – RIVM

<https://www.rivm.nl/publicaties/samen-meten-aan-geluid-en-beleving-rond-luchthaven-schiphol-verkennend-citizen-science> / <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2024-0057.pdf>

Sensoren en gebruik app

Geluidsmetingen werden in dit project uitgevoerd met de Digital Noise Measuring Sensor van Sensor.Community. Dit is een doe-het-zelf-handleiding-en-kit, waarmee burgers zelf een geluidsmeter kunnen bouwen en geluid kunnen meten (€70 aan kost). Er werd een **handleiding** (<https://www.samenmeten.nl/hoe-gebruik-je-sensorcommunity-geluidmeter>) voorzien vanuit et project, aangevuld met **video's** (bvb. <https://www.youtube.com/watch?v=JeAguVCZDBM>) over hoe sensor te installeren. Kan mee als basis dienen voor het protocol van PIO geluid.

De **gegevens rond perceptie werden verzameld met een app**. De keuze daarvoor werd gemaakt om het toegankelijker en eenvoudiger te maken voor de burgers. Bij opschaling van PIO geluid ook beter om app te gebruiken in plaats van online vragenlijsten?

Rekrutering burgers en keuze meetpunten

De meetpunten werden zorgvuldig gekozen in functie van de omgeving. Daartoe werden enkele parameters opgesteld. Er werd een brede oproep gedaan naar deelnemers voor het project. Vervolgens werden de aanmeldingen geplot op een kaart en op basis daarvan werden zeven ruimtelijke clusters geïdentificeerd. Op die manier verkregen ze een dataset die vrij gebiedsdekkend was. Daarnaast moesten de burgers ook een aanmeldingsvragenlijst invullen en op die manier werd een mix nagestreefd van ervaren participanten, goed geïnformeerde actievoerders, vertegenwoordigers van bewonersgroepen en personen met nog weinig ervaring met het onderwerp.

Om de **perceptiedata beter te begrijpen werd vooraf ook gepolst naar de motivatie tot deelname**: hinder, meten, beleving, geluidgevoeligen, onderzoek doen, verbeteren van de leefomgeving, etc. Eventueel ook in PIO te gebruiken bij open citizen science oproep.

In het project werd een grotere betrokkenheid van de participanten nagestreefd dan enkel het hangen van de sensor en laten meten. Burgers werden bijvoorbeeld ook **betrokken in de vormgeving van de vraagstelling**, wat een positief effect had op hun motivatie.

7.8.1.7 Sounds of New York City (SONYC)

<https://wp.nyu.edu/sonyc/>

Dit project uit de Verenigde Staten omvat een grootschalige geluidsmonitoring waarbij burgers betrokken worden bij het **annoteren van de opgenomen geluidsfragmenten**. Nadruk ligt dus op het annoteren van die data in functie van het trainen van kunstmatige intelligentiesystemen. Om de kwaliteit van de, door de burgers geannoteerde, data te garanderen zijn er telkens minstens 3 annoteerders per opname, en gebeurt er nog een check door het SONYC team.

Privacy van geluidsmetingen?

Om de privacy van de gesprekken van omstanders te waarborgen, zijn de sensoren van het netwerk geplaatst voor 'far-field recordings' (15-25 feet) boven de grond.

De sensoren nemen bovendien audioclips op met willekeurige intervallen en niet continu

Voor PIO geluid voornamelijk interessante manier van **datavisualisatie**. Ze visualiseren de data in Urbane, zie <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3183713.3193559>. In PIO geluid werken we nu met Thingsboard, maar eventueel verder te bekijken voor grote uitrol van meetnet.

7.8.1.8 Sensor.community

<https://sensor.community/en/>

Sensor community is een grote citizen science community, vroeger bekend onder de naam Lufdaten. Dit internationale, open platform laat allerlei metingen zien, bijvoorbeeld fijnstof, geluid en temperatuur. Er zijn ook deelcommunities in verschillende landen.

Via sensor.community kan je als burger een sensor kopen (zowel voor luchtkwaliteit metingen als voor [geluid](#)), die je vervolgens zelf in elkaar dient te zetten. Er zijn **handleidingen en video's**

ter beschikking voor de installatie. Dit kan dienen als basis voor de handleiding en het protocol van PIO geluid. Al vraagt deze handleiding als wel wat technische voorkennis. Daarnaast was Sensor.community voor PIO geluid ook interessant om **via het open data platform andere projecten** te vinden.

7.8.1.9 CLAIRE

<https://www.uantwerpen.be/nl/projecten/claire/over-claire/>

CLAIRE staat voor CLean AIR for Everyone. Het is een citizen science project uit 2021 van de Universiteit Antwerpen, in samenwerking met Provincie Antwerpen en streekvereniging De Zuidrand, in kader van het Europese Interreg-project Nature Smart Cities. Het is een luchtkwaliteitsproject dat onderzocht wat het effect is van trage wegen op de luchtkwaliteit. Voor de dataverzameling werden er **wandelingen georganiseerd met een buggy langs een vaste route** in Mortsel en in Wilrijk, waarvoor ze burgers engageerden. De buggy dient enerzijds als mobiel meetsysteem die de vele meetsensoren kan vervoeren, maar dient anderzijds ook om de blootstelling van jonge kinderen aan verkeersgerelateerde vervuiling in te schatten.

De vaste wandelroute omvat een snelle weg, met veel autoverkeer, en een trage weg. Ook is er een intermediaire weg opgenomen in het traject waar bomen aanwezig zijn en het verkeer beperkt is. Langs de gehele route worden om de tien seconden een aantal variabelen gemeten. Deze variabelen, zoals de hoeveelheid fijnstof en roet, die gekend staan om hun grote impact op de gezondheid, geven een goed beeld van de luchtkwaliteit.

Rekrutering en hoe doorgeven sensor (info uit persoonlijk contact)

Bij de lancering van CLAIRE hebben we **langs de uitgestippelde route flyers in de brievenbussen** gestoken. Zo informeerden ze en enthousiasmeerden ze de buurtbewoners om de luchtkwaliteit in hun eigen straat te meten. Daarnaast hebben ze ook bekendheid van het project gecreëerd door ermee **in de krant, op televisie en op de radio** te komen. En uiteraard ook wat **sociale media**. Op die manier vonden geïnteresseerde vrijwilligers snel hun weg naar het project en konden ze zich inschrijven.

Qua praktische organisatie van de wandelingen werkten ze met een **reservatiesysteem via Google Docs**. Iedere vrijwilliger die zich inschreef, kreeg een unieke code waarmee hij/zij een wandeling kon reserveren. Hiervoor waren een paar regels opgesteld (bv. max. 1 wandeling per week, niet over de code van iemand anders schrijven, ...). Na het invullen, kregen ze een bevestigingsmail. Dat verliep eigenlijk erg gemakkelijk. **Het is zo dat het begin- en eindpunt van de wandelingen steeds op de campus van UA was. Zo konden de medewerkers op voorhand de buggy wandelklaar maken (nl. sensoren gereedmaken). Het is dus niet zo dat de burgers de buggy doorgaven.** Zij kwamen die voor hun wandeling ophalen en brachten die nadien weer terug. Tussen de wandelingen haalden medewerkers van het project de data op en maakten de sensoren terug gebruiksklaar.

Ze hadden in het project ook één zij-project gehad waarbij de buggy een volledige week uitgeleend werd aan een groep burgers, die dan aan de hand van handleidingen de sensoren iedere keer moesten herinstellen. Twee leden van de groep kreeg hiervoor op voorhand een opleiding van een halve dag door het project. Ze merkten echter wel dat dit niet zo gemakkelijk was en dat ze daar niet zo'n goede data van hebben bekomen.

7.8.2 Samenvatting inzichten interviews

In het kader van PIO geluid namen we interviews af met projectmedewerkers of partners van lopende en reeds afgelopen onderzoeksprojecten rond geluid en citizen science in Vlaanderen.

Daarnaast spraken we ook twee personen met expertise over privacygevoeligheden binnen dergelijke projecten.

We organiseerden de interviews voornamelijk rond drie grote onderwerpen, zijnde privacykwesties bij dergelijke projecten, bibliotheken als partner in participatieve onderzoeksprojecten en hoe een diverse groep van burgers te rekruteren.

7.8.2.1 Inzichten per topic

Privacy bij geluidsmetingen in citizen science projecten

- Bij eerdere projecten al klachten gekomen rond gebruik van **sensoren in publiek domein**, dus vooraf heel goed nagaan. Geluidsopnames in openbaar domein zijn heel wat gevoeliger dan in privédomeinen van mensen. (bv. ook wanneer pilots met scholen uitgevoerd worden en een sensor in openbaar domein aan de school opgehangen wordt.)
 - o Een ander project werkte bijvoorbeeld met een zoneafbakening. Aan de start van de zone, plaatsten ze borden 'Hier betreedt u de zone en zijn er sensoren actief.' / 'Hier werken we aan project *(naam project)*, voor info ga naar *(link website)*.
- Vooraf reeds een **privacyverklaring** opstellen voor als er vragen komen. Met welk doel verzamel je de gegevens en op basis van welke juridische grond. Vervolgens **feedback vragen van DPO** op privacyverklaring vooraleer uit te sturen. Eventueel zelfs verkennende vraag stellen aan privacy commissie. Dat geeft je mogelijks een extra garantie dat er geen gekke dingen zullen gebeuren bij de effectieve uitrol van het project.
- Privacyvraag komt echter pas wanneer het gaat over geluidsopnames wanneer je stemmen kan identificeren/gesprekken kan horen, m.a.w. wanneer er sprake is van persoonsgegevens. Kijken of er persoonsgegevens betrokken zijn: is er een sample waaruit er een identificeerbaar gegeven is geweest.
 - o Vanaf wanneer worden er persoonsgegevens gecapteerd?
 - o Wie is de organisatie die de persoonsgegevens zal verzamelen?

Tips om risico op identificatie te beperken:

- o **Korte geluidsfragmenten** opnemen. Geluidsfragmenten idealiter op het toestel zelf verwerken via edge AI. AI is daar natuurlijk een trainingsfase nodig, waarbij dat nog niet mogelijk is. Indien mogelijk pas dataverzameling met burgers indien die dataverwerking al wel op het toestel kan.
- o **Sensoren op hoogte hangen**, zodat ze geen gesprekken kunnen opnemen, maar je nog wel kan horen of het tram/bus/vrachtwagen is
- o **Enkel noodzakelijke gegevens** verwerken, dus als het zonder persoonsgegevens kan, dan doe je het zonder
- o Natuurlijk wel afhankelijk van wat je wil meten. Wil je bijvoorbeeld geluidsoverlast in studentenbuurten meten, dan is het wel belangrijk dat je stemmen kan horen.
- o Idealiter zit er in de sensor een 4G module, op het eigen wifi netwerk werken met sensor kan ook GDPR gevoelig zijn.
- Eventueel een Data Protection Impact Assessment opstellen. Daarbij het proces van gegevens verwerken onderwerpen aan een grondige test om risico's te berekenen. Als er

een bepaald risico is, vooraf naar GBA om resterende risico te schetsen en goedkeuring te vragen.

- Duidelijke **handleiding en richtlijnen** meegeven met burgers over hoe en waar de sensor te bevestigen. Op die manier fouten zo veel als mogelijk vermijden met het ophangen van de sensoren. De verwerkingsverantwoordelijke blijft natuurlijk verantwoordelijk ook wanneer burger een fout maakt.
- Voorzie **informatiebrief voor de omwonenden** om in te spelen op vragen van de buurt en om hen gewoonweg op de hoogte te stellen.

Bibliotheken inschakelen als uitleendienst sensoren

- Verschillende redenen waarom bibliotheken een interessante partner zijn in dergelijke projecten
 - o Duurzame, lokale distributie van sensoren. (Project hoeft geen pakjesvervoer te betalen)
 - o Bibliotheekmedewerkers hebben reeds heel wat expertise en ervaring specifiek over het uitlenen van de sensoren.
 - o Ze hebben al een online uitleensysteem, via die weg sensoren ook als uitleenitem ingeven.
 - o Er bestaat reeds een intern vervoer van boeken en materialen tussen verschillende regio's.
 - o Ze hebben vaak brede openingsuren, ook na kantooruren.
 - o Mogelijkheid tot promo in de bib door communicatieborden.
 - o Bibliotheken zijn levende ontmoetingsplekken. Ze willen zichzelf ook wel linken aan burgerwetenschap.
- **Het is echter niet zo vanzelfsprekend dat ze sensoren zomaar opnemen in hun uitleensysteem.** Bovendien hebben ze ook niet de mankracht om iedereen op te leiden rond de sensoren. Zelfs als er bij de sensor een hele handleiding is, zullen er toch nog vragen zijn. Ookal staan contactgegevens van project erbij, er komen toch nog vragen bij de bibliotheek. Geen tijd voor om die allemaal te behandelen. Of er moet echt budget vrij gemaakt worden voor de bibliotheek.
- Een ander nadeel is dat wanneer sensoren aan het uitleensysteem van de bib worden toegevoegd, iedereen met een bib-abonnement de sensoren kan uitlenen. Vraagt opnieuw extra werk om alle uitleningen etc. te managen. Het onderzoeksproject is op die manier afhankelijk van de bib om een overzicht te krijgen of alle deelnemers een sensor reserveerden en afhaalden. Zou in een hoge werklast kunnen resulteren voor de bibliotheekmedewerkers.
- Wel mogelijk om **infrastructuur** te voorzien, bijvoorbeeld een lokaaltje 3-4 keer per maand voorzien, waar burgers sensor kunnen komen oppikken. Daarnaast kunnen ze ook ondersteunen in de communicatie van het project via de eigen onlinekanalen van de bibliotheek, maar ook in de vorm van affiches in de bibliotheek zelf.
- Eventueel in plaats van via de bibliotheek, via **technische uitleendiensten** gaan. (Provincies, Bibliobus ...)

Rekrutering diverse groep burgers

- Om een diverse groep van burgers te bereiken werd in de bevroagde projecten gesteund op **andere contacten**, zoals werknemers van buurtcentra en organisaties die minderheidsgroepen samenbrengen.
- Als je een diverse groep burgers tracht te betrekken, is het belangrijk goed na te denken over de verwachtingen die je hebt naar de burgers toe. Welke activiteiten worden ze verwacht uit te voeren, hoeveel tijd kruipt daarin, welke materialen hebben ze daarvoor nodig, over welke voorkennis moeten ze vooraf al beschikken. **Pas de activiteiten dus aan aan de doelgroep.**

7.8.3 Aanbevelingen

In wat volgt vatten we de belangrijkste aanbevelingen samen in het kader van deze studie. Deze komen voort uit de literatuurstudie en interviews hierboven.

Rekrutering en motivatie van deelnemers

- Denk vooraf na over wat de deelname aan het project oplevert voor de burgerwetenschappers ('What's in it for the citizen scientists?'). Wat kan je hen bieden? Maak eventueel een oplijsting van persona's, met telkens hun specifieke motivaties om deel te nemen. Gebruik de inzichten hieruit als motivator in rekruteringscampagnes.
- Vraag na de rekrutering naar de specifieke motivaties van de deelnemers via bijvoorbeeld een vragenlijst. Deze gegevens kunnen helpen om perceptiedata, zoals vragenlijsten over hinder door omgevingsgeluid, beter te interpreteren.
- Definieer duidelijk de doelstellingen van het project met betrekking tot burgerparticipatie bij geluidsmetingen. Wil je dat burgers uitsluitend gegevens verzamelen, of streef je ook sensibilisering na? Stel vooraf expliciete doelen vast, zoals welke kennis of gedragsverandering je bij de burgers wil bereiken. Dit biedt de mogelijkheid om achteraf een evaluatie uit te voeren en de impact te meten
- Indien mogelijk/ wenselijk, doe beroep op openbare instellingen zoals bibliotheken of scholen. (zie verdere rapport PIO voor bijkomende aanbevelingen)
- Als het lastig blijkt om voldoende burgers te rekruteren, overweeg dan samenwerking met bestaande survey panels zoals BPact, of een loting op basis van rijksregisternummers om de kans op een representatieve deelnemersgroep te vergroten.

Duidelijk communiceren over privacykwesties

- Bezorgdheid over privacy kan burgers ervan weerhouden om deel te nemen. Besteed daarom voldoende aandacht aan hun vragen en zorgen op dit gebied.
- Bereid de communicatie over privacyaspecten goed voor. Stel een privacyverklaring op die deelnemers te zien krijgen en eventueel moeten ondertekenen. Raadpleeg hiervoor de Functionaris Gegevensbescherming (DPO) van je organisatie. Indien nodig kan ook een Data Protection Impact Assessment (DPIA) worden opgesteld.
- Behandel expliciet de vraag wie eigenaar is van de verzamelde data om latere onenigheden te voorkomen.
- Voorzie informatiebrochures of posters aan de raam voor burens en voorbijgangers, waarin het project wordt uitgelegd, inclusief hoe omgegaan wordt met gevoelige data en de naleving van databeschermingswetten.
- Verzekert dat er geen persoonsgegevens of gesprekken verzameld of opgenomen worden. Enkele tips:
 - *Neem korte geluidsfragmenten op.* Geluidsfragmenten idealiter op het toestel zelf verwerken via edge AI. AI is daar natuurlijk een trainingsfase nodig, waarbij dat nog niet mogelijk is. Indien mogelijk pas dataverzameling met burgers indien die dataverwerking al wel op het toestel kan.

- *Sensoren op hoogte hangen*, zodat ze geen gesprekken kunnen opnemen, maar je nog wel kan horen of het tram/bus/vrachtwagen is
- *Enkel noodzakelijke gegevens verwerken*, dus als het zonder persoonsgegevens kan, dan doe je het zonder
- Natuurlijk wel afhankelijk van wat je wil meten. Wil je bijvoorbeeld geluidsoverlast in studentenbuurten meten, dan is het wel belangrijk dat je stemmen kan horen.
- Idealiter zit er in de sensor een 4G module, op het eigen wifi netwerk werken met sensor kan ook GDPR gevoelig zijn.

Participatie van burgers

- Indien mogelijk en wenselijk, kunnen burgers in meerdere stappen dan enkel datacollectie betrokken worden. Zo kunnen ze bijvoorbeeld waardevolle lokale expertise bieden bij het formuleren van onderzoeksvragen of het bepalen van meetlocaties. Dit vergroot hun eigenaarschap en versterkt vaak de motivatie.
- Bij het betrekken van burgers bij de datacollectie aan de hand van sensoren; voorzie een beknopte en duidelijke handleiding (met eventueel bijhorende tutorial video's). Test deze vooraf uitgebreid bij het beoogde doelpubliek.
- Pas de activiteiten aan de (mogelijk diverse) groep van burgers die deelnemen aan je onderzoek aan. Hebben ze bepaalde materialen nodig of een zekere voorkennis? Niet elke activiteit is haalbaar voor elke burger.

Referentielijst

https://www.researchgate.net/publication/221584801_Citizen_Noise_Pollution_Monitoring

<https://www.citizenscience.gov/catalog/382/#>

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09640568.2019.1598852>

<https://digital.csic.es/handle/10261/127898?locale=en>

<https://actionproject.eu/citizen-science-pilots/noise-maps/>

<https://www.noisetube.net/documents/partnoisemaps.pdf>

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236785>

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161835>

<http://www.bitlab.cat/en/projectes/noise-maps/>

<https://soft.vub.ac.be/Publications/2009/vub-prog-tr-09-11.pdf>

<https://www.rivm.nl/publicaties/samen-meten-aan-geluid-en-beleving-rond-luchthaven-schiphol-verkennend-citizen-science>

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2024-0057.pdf>

<https://wp.nyu.edu/sonyc/>

<https://sensor.community/en/>

<https://www.uantwerpen.be/nl/projecten/claire/over-claire/>

7.9 DOCUMENTEN VOOR DEELNEMENDE BURGERS

Burgers die deelnamen aan de pilootmetingen beschreven in Hoofdstuk 3 kregen volgende documenten meegeleverd:

- Gebruikershandleiding
- Quick Start Guide
- Materialen checklist
- Burenbriefje (en ouderbriefje in geval van samenwerking met scholen)
- Handleiding data exporteren
- Toegang tot dashboard
- Link naar online infopagina

7.9.1 Gebruikershandleiding

Handleiding voor het installeren van de sensor

Hey burgerwetenschapper, bedankt dat je meewerkt aan dit proefproject!

Jouw hulp zorgt ervoor dat we geluid in kaart kunnen brengen. Dit helpt ons bij een groter plan om sensoren op veel plekken in Vlaanderen te gebruiken.

De Universiteit Gent en Scivil werken samen aan dit project, in opdracht van het Departement Omgeving van de Vlaamse Overheid.

Wat gaan we meten?

Van juli 2024 tot en met maart 2025 hangen burgers zoals jij een geluidssensor aan hun vensterbank. Deze sensor meet twee weken lang het geluid in je omgeving. Belangrijk: de sensor meet alleen geluidsniveaus en neemt geen gesprekken op. Jouw privacy is dus beschermd.

We vragen je ook om drie vragenlijsten in te vullen:

1. **Achtergrondvragenlijst:** Vul in hoe je geluid in je buurt ervaart.
2. **Plaatsingsvragenlijst:** Geef aan waar en hoe je de sensor hebt opgehangen.
3. **Annotatievragenlijst:** Vul dit in als je tijdens de meting een opvallend geluid hoort, zoals een grasmaaier of een festival.

Je vindt de links naar deze vragenlijsten op je persoonlijk dashboard (zie verder). Daar kan je ook je metingen volgen.

INHOUD VAN JE PAKKET

- Geluidssensor met stroomdraad en stekker
- Wit tussenstopcontact met klokje
- Testkabel
- Tape
- Zwart veiligheidstouwje

Ontbreekt er iets? Laat het ons weten via geluid@scivil.be.

Wat moet je zelf voorzien?

- Een laptop of computer met internetverbinding
- Een smartphone om foto's te maken van de sensor en de omgeving.

AAN DE SLAG

STAP 1: VOORBEREIDING

- Kies een rustig moment voor de installatie. Het hele proces duurt maximum een uur.
- Kies een plek aan de buitenkant van je huis, op een vensterbank van minstens 15 cm breed. bij voorkeur op de eerste verdieping of hoger. Zorg ervoor dat er aan de binnenkant van het raam een stopcontact is.

STAP 2: REGISTRATIE



- Registreer je via <https://www.milieuinfo.be/jira/servicedesk>. Gebruik je itsme of eID (van jou of een ouder).
- Klik op 'Alle loketten'
- Klik op 'Sensoren'.
- Klik op 'Sensor'.

Online loketten Omgeving

Sensoren

Welkom! U kan een Geluidsmeting indienen.

Door op 'Geluidsmeting' te klikken, kan u uw Geluidsmeting aan ons bezorgen. Nadat u op verzenden heeft geklikt, krijgt u van ons een bevestigingsmail dat uw reactie goed ontvangen werd.

Sensor

- Vul je gegevens in. De referentie van de sensor vind je op het toestel (PIO CS 00X).
- Vul de start- en einddatum van de metingen in. Dit zijn de installatie- en einddatum van de twee weken.
- Ga naar je dashboard en vul de korte vragenlijst in.

STAP 3: INSTALLATIE VAN DE SENSOR

Je begint met het ophangen van de geluidssensor. Dit doe je bij voorkeur aan een raam op de eerste verdieping of hoger. Bevestig de sensor aan de buitenkant van de vensterbank. Dit kan aan de straatkant, maar ook aan de zij- of achterkant van je huis.

Let op: werk voorzichtig, want je hangt de sensor op bij een open raam!

Test je raam met de testkabel

Leg de kabel van de sensor tussen het raam, maar niet bij de scharnieren. Sluit het raam en laat de kabel 15 minuten zitten. Controleer daarna de kabel:

- **Enkele krasjes:** Het raam is geschikt.
- **Beschadiging tot de metalen draad:** Kies een ander raam.

Tip: Als je raam een zomer- en wintersluiting heeft, zet het raam dan op zomersluiting.



Maak je vensterbank schoon en droog
 Veeg de vensterbank schoon en droog. Zo blijft de sensor goed vastzitten.

Bevestig de sensor aan de vensterbank

Maak kleine rolletjes van de tape en plak ze onder de sensor. Druk de sensor stevig op de vensterbank. Let op: de verdikking van de elektriciteitskabel moet aan de binnenkant van het huis liggen.



Bevestig het veiligheidstouwje

Steek de dunne veiligheidsdraad door de twee gaatjes aan de kant van de sensor zonder microfoon. Maak de uiteinden van de draad vast aan een vast object bij het raam, zoals een verwarmingsbuis.



Sluit de stekker aan

Plaats het witte tussenstopcontact in het stopcontact en zet de knop op 'on'. Druk daarna vier keer op de aan/uit-knop tot je het klokje op 'auto' ziet staan. De sensor werkt als:

- Eén rood lampje constant brandt.
- Het andere rood lampje knippert.

Belangrijk: zorg ervoor dat je eerst op 'on' zet voordat je het klokje op 'auto' laat staan.

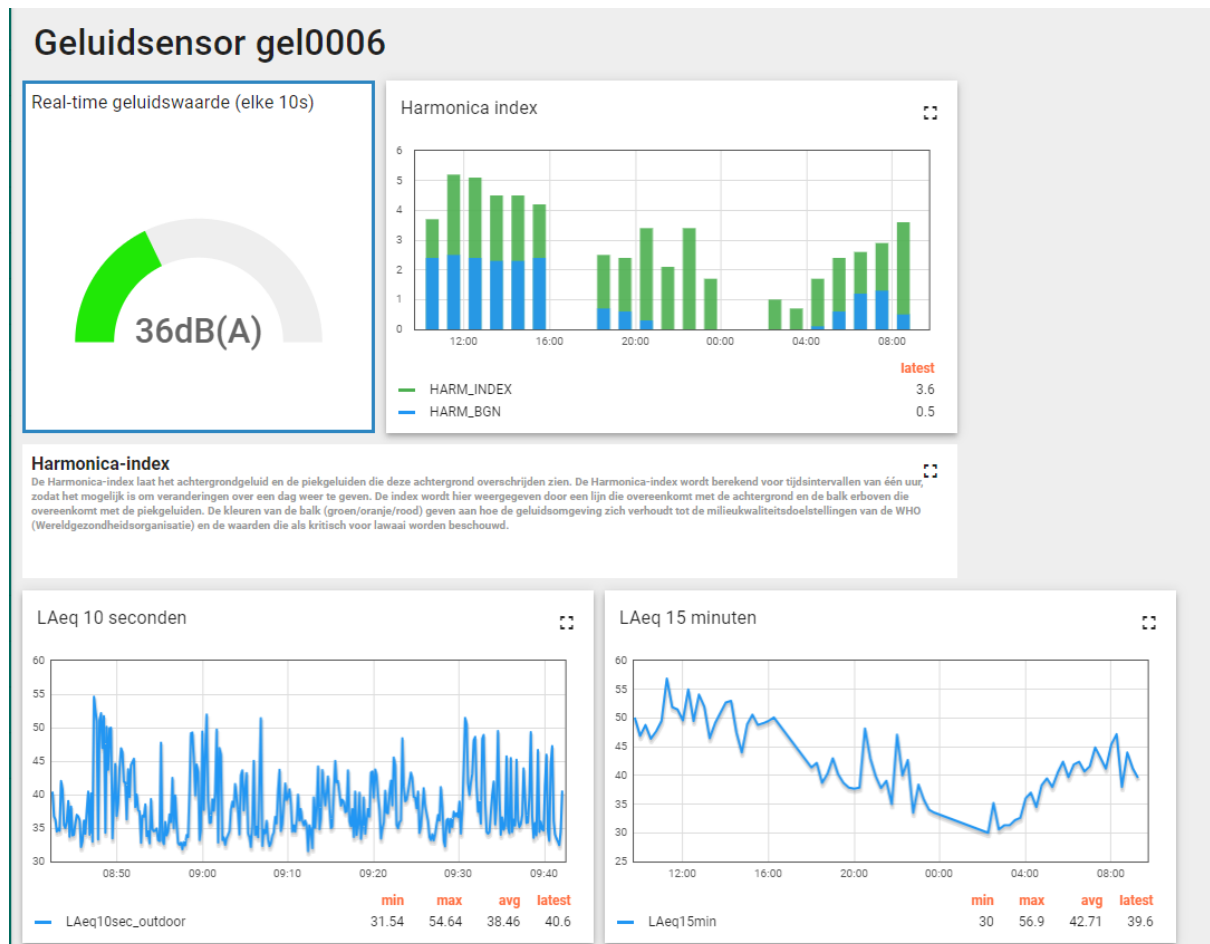


Neem foto's

Maak een foto van de geïnstalleerde sensor en maximaal drie foto's van de omgeving. Deze foto's heb je later nodig, bij het invullen van de plaatsingsvragenlijst.

Controleer je dashboard

Na 15 minuten zou je de meetgegevens op je dashboard moeten zien. **Zie je geen gegevens?** Trek de stekker eruit, wacht 10 seconden, en sluit hem opnieuw aan.



Figuur 1: dashboard met data

Lukt het nog steeds niet? Volg dan deze 3 stappen:

Test 1: Controleer of de kabel beschadigd is.

Test 2: Heeft de kabel een knop? Zorg dat die aan staat.

Test 3: Kijk naar de digitale klok en druk op de aan/uit-knop:

Druk tot het knopje op 'on' staat en de lichtjes branden.

Druk nog één keer tot het klokje op 'auto' staat.

Dan werkt de digitale klok en wordt er driemaal per dag de stroom voor vijf minuten afgezet.

STAP 4: VUL DE OMGEVINGS- EN PLAATSINGSVRAGENLIJST IN

De sensor is in orde. Je moet nu enkel nog de omgevings- en plaatsingsvragenlijst invullen. Deze vind je terug op het **dashboard** in de groene kaders.

Belangrijke informatie!

1. Laat de sensor twee weken hangen.
2. Haal de stekker niet uit het stopcontact, behalve als er een probleem is.
3. Check regelmatig op je dashboard of de sensor nog data doorstuurt.
4. Bewaar de verpakking om de sensor veilig terug te brengen naar de klas.
5. Vul de annotatievragenlijst in als je een opvallend geluid hoort.

Opgelet: Als je de sensor verplaatst naar een andere locatie voordat je meting is afgelopen, log dan opnieuw in via de mail die je kreeg na je registratie. Zo kan je de einddatum wijzigen. Nadien volg je opnieuw de stappen die beschreven werden in deze handleiding om je te registreren (inclusief het invullen van de vragenlijsten).

Wat na de metingen?

Na twee weken haal je de sensor weg. Pak hem in en geef hem terug aan de verantwoordelijke van het project. We controleren de sensor en geven die door aan de volgende burgerwetenschapper.

7.9.2 Quick Start Guide: Installatie Geluidssensor

Bedankt voor je deelname!

Volg deze stappen om je geluidssensor te installeren en de metingen te beginnen. Uitgebreide informatie vind je in de handleiding.

1. Registreer je

Registreer je via milieuinfo.be/jira/servicedesk met itsme of je eID.

2. Installeer de sensor

Kies een geschikte plaats.
Test je raam met de testkabel.
Bevestig de sensor.
Sluit de stekker aan.

3. Ga naar je dashboard en vul de vragenlijsten in

Ga naar je persoonlijk dashboard (via de QR-code) en vul zowel de **plaatsingsvragenlijst** als de **omgevingsvragenlijst** "Wat is er in je omgeving" in.
Als je tijdens de meetperiode een opvallend geluid hoort (bijvoorbeeld een grasmaaier of een muziekovertreden), vul dan de **annotatievragenlijst** in.

4. Volg de metingen regelmatig op

Kijk dagelijks naar je dashboard om te zien of de metingen correct verlopen.

5. Bezorg de sensor terug

Je spreekt vooraf een meetperiode af. Als de metingen zijn afgelopen, bezorg je de sensor terug. Controleer of al het materiaal aanwezig is.

Vragen of problemen?

Mail naar geluid@scivil.be met vermelding van je sensornummer.

7.9.3 Checklist materiaal

Als de metingen zijn afgelopen, bezorg je de sensor terug of geef je het door aan een andere burgerwetenschapper.

Controleer of al het materiaal aanwezig is.

- Geluidssensor met stroomdraad en stekker
- Wit tussenstopcontact met klokje
- Testkabel
- Tape
- Zwart veiligheidstouwetje

Vragen of problemen?

Mail naar geluid@scivil.be met vermelding van je sensornummer.

7.9.4 Burenbriefje

Beste buur,

Je hebt het goed gezien! Er hangt een sensor aan mijn raam.

Deze sensor meet geluid als onderdeel van een onderzoek van de Vlaamse overheid. Tussen juli 2024 en maart 2025 meten we samen met andere inwoners van Vlaanderen het geluid in onze buurt. Ook ik doe mee.

Maak je geen zorgen de sensor neemt geen geluiden op, ook geen gesprekken. Hij meet alleen het geluidsniveau, dus hoeveel geluid er is. Jouw privacy blijft volledig beschermd.

Heb je vragen?

Mail naar geluid@scivil.be of bezoek deze website: [Samen omgevingsgeluid meten in Vlaanderen | Scivil](https://www.scivil.be/samen-omgevingsgeluid-meten-vlaanderen) (<https://www.scivil.be/samen-omgevingsgeluid-meten-vlaanderen>)



7.9.5 Ouderbriefje

Beste ouder,

Onze school doet mee aan een project van de Vlaamse overheid waarin we samen met andere inwoners van Vlaanderen het geluid in onze omgeving meten. Met deze metingen willen we meer inzicht krijgen in het omgevingsgeluid in Vlaanderen om op termijn maatregelen te nemen als dat nodig blijkt.

Jouw kind krijgt een sensor mee naar huis om tijdelijk aan het raam te hangen.

In de klas wordt jouw kind begeleid door de leerkracht en krijgt hij/zij ook uitleg over hoe de sensor geïnstalleerd moet worden. Zo kan je kind zelf uitleggen hoe alles werkt.

De sensor meet alleen het geluidsniveau, dus hoeveel geluid er is.

Maak je geen zorgen, de sensor neemt geen geluiden op, zoals gesprekken. Jouw privacy blijft volledig beschermd.

Heb je vragen?

Mail naar geluid@scivil.be of bezoek deze website: [Samen omgevingsgeluid meten in Vlaanderen | Scivil](#)



Alvast bedankt voor je medewerking!

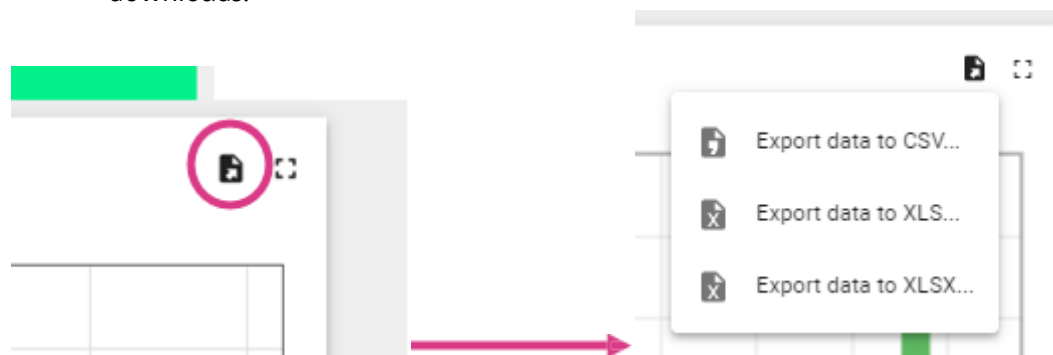
7.9.6 Handleiding data exporteren

Handleiding: Hoe ruwe data exporteren vanuit dashboards?

Als je graag met de **ruwe data** aan de slag gaat, kan je deze zelf rechtstreeks uit de dashboards **exporteren**. Dat doe je als volgt:



- Ga naar het dashboard van de sensor waarvan je data wilt exporteren. (Het is niet mogelijk om gelijktijdig alle data van de sensoren te downloaden. Dit doe je sensor per sensor.)
- Klik op het icoontje in de rode cirkel op de foto. Je krijgt dan de keuze om de data te exporteren naar CSV of excel. Kies het gewenste format en je ontvangt de data in je downloads.



7.9.7 Toegang tot dashboard

Hiervan werd voor elke sensor een aparte versie gemaakt met de rechtstreekse link naar het dashboard van de desbetreffende sensor

Hoe krijg ik toegang tot mijn dashboard?



- Sensor 1: <https://iotp-oefen.omgeving.vlaanderen.be/dashboard/8b868e60-2264-11ef-9c21-194f4ab0b860?publicid=48fbe530-0d2a-11ef-9c21-194f4ab0b860>

7.9.8 Webpagina met bijkomende info

Samen omgevingsgeluid meten in Vlaanderen

Voor een onderzoek meten burgers in Vlaanderen het omgevingsgeluid in verschillende buurten. Dit gebeurt met sensoren die aan ramen worden geplaatst.

We werken samen met gemeentebesturen, scholen en verenigingen om burgers te vinden die mee willen werken aan het onderzoek.

Wat onderzoeken we?

1. Hoe we het geluid in Vlaanderen in kaart kunnen brengen.
2. Hoe mensen dat geluid ervaren.

Hoe werkt het?

De sensoren meten alleen het geluidsniveau, dus hoeveel geluid er is op een bepaalde plek. Maak je geen zorgen: de sensor neemt geen gesprekken of geluiden op, alleen de decibels. Jouw privacy blijft dus veilig.

Burgers vullen een vragenlijst in bij felle geluiden.

Zie je een sensor bij je buur?

Als je een sensor aan het raam van je buur ziet, weet dan dat het onderdeel is van dit onderzoek. Jouw buur helpt ons om dit onderzoek in heel Vlaanderen te kunnen uitvoeren.

Meer weten?

Heb je vragen over het project of over hoe we met privacy omgaan? Neem contact met ons op via geluid@scivil.be

Ondervind je problemen bij de installatie van de sensor en heb je de handleiding niet bij? Download het document hier: [Handleiding sensoren](#)

7.10 VRAGENLIJSTEN

Deelnemende burgers dienden volgende vragenlijsten in te vullen:

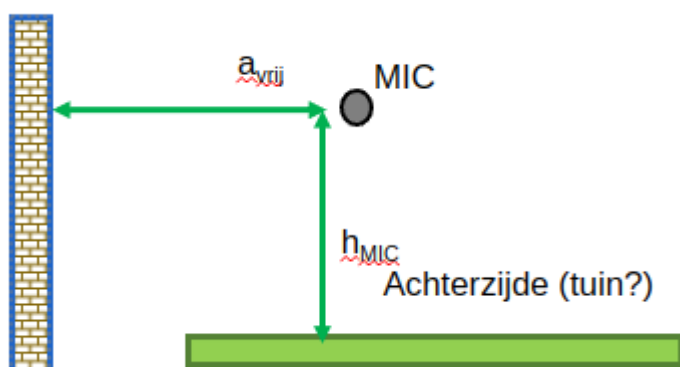
- Plaatsingsvragenlijst
- Vragenlijst hinder
- Annotatievragenlijst

7.10.1 Plaatsingsvragenlijst

Welk meettoestel heb je? (*dropdown menu*)

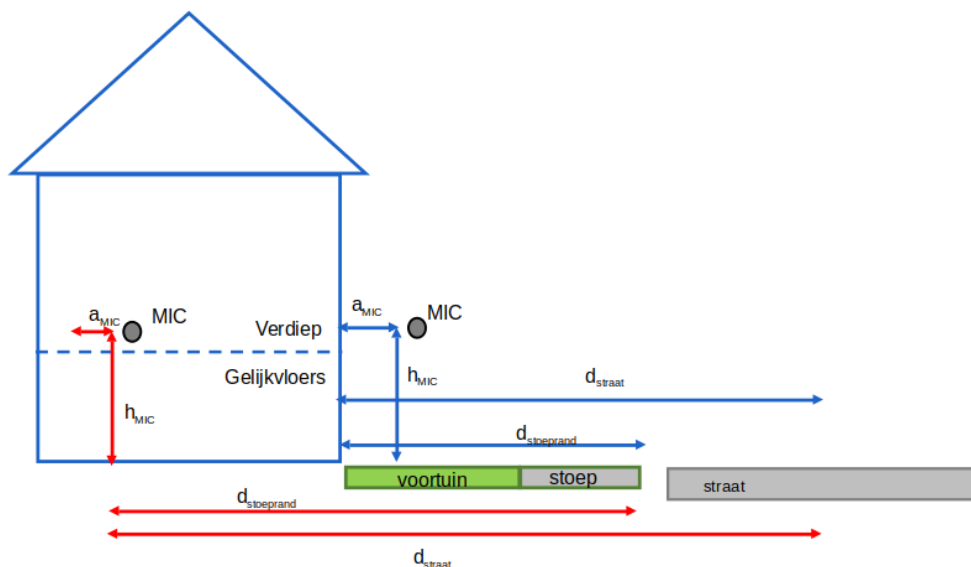
Referentie deelnemer (SENS-xxx) (*open veld*)

Beantwoord onderstaande vragen als de sensor niet tegen de gevel van je woning gemonteerd is



- wat is a_{vrij} , de afstand microfoon tot dichtste wand (in cm)? (*dropdown menu: minder dan 30cm, 30-50cm, meer dan 50cm*)
- Wat is h_{MIC} , de hoogte microfoon boven de grond? (*dropdown menu: gelijkvloers, eerste verdieping, tweede verdieping, hoger dan derde verdieping*)
- Wat is de afstand tot de woning (in meter)? (*dropdown menu: 0-2m, 2 tot 5m, meer dan 5m*)

Beantwoord onderstaande vragen als de sensor tegen de gevel van je woning gemonteerd is.



- Is je sensor bevestigd aan de zijgevel of aan de straatkant van je woning? (*dropdown menu: zijgevel, straatkant*)

Als je sensor aan de zijgevel gemonteerd is, gebruik dan de rode aanduidingen om de afstanden te bepalen.

Als je sensor aan de straatkant gemonteerd is, gebruik dan de blauwe aanduidingen om de afstanden te bepalen.

- Wat is a_MIC, de afstand van de microfoon tot de gevel (in cm) (*open veld*)
- Wat is h_MIC, de hoogte van de microfoon boven de grond (in cm) (*open veld*)
- Wat is d_straat, de afstand tot het midden van de weg (in m) (schatting) (*open veld*)
- Wat is d_stoeprand, de afstand tot de rand van de stoep (in m) (*open veld*)

Voeg foto van de geplaatste sensor toe.

 [Bijlage toevoegen](#)
Sleep de bijlage naar hier om toe te voegen

Voeg enkele (maximaal 3) foto's van de omgeving van de sensor toe.

 [Bijlage toevoegen](#)
Sleep de bijlage naar hier om toe te voegen

7.10.2 Algemene vragenlijst geluidshinder

Referentie meettoestel (*dropdown menu*)

Referentie deelnemer (SENS-xxx) (*open veld*)

De oorzaken van hinder van geluid, geur en licht zijn vaak zeer plaatselijk. Door de exacte locatie van de hinder te kennen, kunnen meer onderzoeksvragen beantwoord worden. Daarom vragen we of je expliciet toestemming geeft dat de onderzoekers de exacte locatie van je woonplaats mogen gebruiken.

- ☐ ja
☐ nee

In welke mate ben je tevreden over jouw buurt?

- ☐ zeer ontevreden
☐ ontevreden
☐ neutraal
☐ tevreden
☐ zeer tevreden

Er is voldoende groen (bomen, gras, groenperken, weilanden, bos, parken, ...) in mijn buurt. 1 is helemaal oneens, 5 is helemaal eens, 0 is weet niet/ niet van toepassing



Er zijn voldoende wateroppervlakten (rivieren, beken, meren, vijvers, ...) in mijn buurt.



Er zijn voldoende winkels voor dagelijkse boodschappen (bakker, slager, bank, ...) in mijn buurt



Er rijdt voldoende openbaar vervoer (bus, tram, metro, trein, ...) in mijn buurt.



Er is voldoende veilige fietsinfrastructuur (autoluwe straten, vrij liggende fietspaden, fietsstraten, ...) in mijn buurt.



Ik zou mijn vrienden en kennissen aanraden om in mijn buurt te komen wonen.



Er zijn voldoende plekken waar ik tot rust kan komen in mijn buurt.



Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, in welke mate ben je gehinderd door GELUID in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd



Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, hoe gehinderd ben je door het GELUID van WEGVERKEER in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd



Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, hoe gehinderd ben je door het GELUID van RAILVERKEER (trein en tram) in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd



Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, hoe gehinderd ben je door het GELUID van Vliegverkeer in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd



Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, hoe gehinderd ben je door het GELUID van ONDERNEMINGEN, HANDEL, INDUSTRIE of WINDTURBINES in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd

Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, hoe gehinderd ben je door het GELUID van BOUW- en SLOOPWERKZAAMHEDEN in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd

Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, hoe gehinderd ben je door het GELUID van RECREATIE en TOERISME in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd

Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, hoe gehinderd ben je door het GELUID van LANDBOUW in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd

Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, hoe gehinderd ben je door het GELUID van WERKZAAMHEDEN OP HET OPENBAAR DOMEIN in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd

Als je denkt aan de voorbije 12 maanden, hoe gehinderd ben je door het GELUID van BUREN in en om jouw woning? 0 is weet ik niet, 1 is helemaal niet gehinderd en 5 is extreem gehinderd

Ben je de voorbije 12 maanden nog gehinderd geweest door het GELUID van een ANDERE BRON in en om jouw woning? Indien ja, beschrijf deze bron(nen).

Bewaren

7.10.3 Annotatievragenlijst

Referentie_meettoestel (*dropdown menu*)

Referentie deelnemer (SENS-xxx) (*open veld*)

Kenmerken van het geluid

- ☐ zeer zacht
- ☐ zacht
- ☐ matig
- ☐ hard
- ☐ zeer hard

Duur van het geluid

- ☐ minder dan een minuut
- ☐ 1-5 minuten
- ☐ 5-15 minuten
- ☐ meer dan 15 minuten

Frequentie van voorkomen

- ☐ zelden
- ☐ af en toe
- ☐ vaak
- ☐ zeer vaak

Hoe voelde het geluid voor u? (Vink alle toepasselijke opties aan)

- ☐ geërgerd
- ☐ gestrest
- ☐ geschrokken
- ☐ ongemakkelijk
- ☐ onverschillig
- ☐ anders

Heeft het geluid enige lopende activiteiten verstoord?

- ☐ ja
- ☐ nee

Waar leek het geluid vandaan te komen?

- ☐ binnen het gebouw
- ☐ buiten het gebouw
- ☐ onzeker

Indien u de bron van het geluid kon identificeren, beschrijf deze dan (*open veld*)

7.11 GEBRUIKERSRAPPORT

Er werden twee versies van het gebruikersrapport ter beschikking gesteld van deelnemers:

- Een **beknopt gebruikersrapport** met de gemiddelde gemeten geluidsniveaus, de gerapporteerde hinder en de harmonica-index gemiddeld over de meetperiode.
- Een **uitgebreid gebruikersrapport** met dezelfde info als in het beknopte rapport, aangevuld met een tijdsreeks van geluidsniveaus overheen de meetperiode (LAeq, L01, L50 en L95) en twee grafieken met geluidsfrequentiebanden, één tijdens de ochtendspits (8:30) uit de meetperiode en één uit de avond (22:30) tijdens de meetperiode.

7.11.1 Beknopt gebruikersrapport

Uw deelname

Bedankt!

Uw deelname aan ons pilootproject stelde ons in staat om het geluid in uw omgeving te meten en analyseren. Hieronder leest u de belangrijkste resultaten.

Uw gegevens	
Naam: Voornaam Naam	
Adres: Adres	
Informatie over de meting	
Plaats van de meting: SENS-xxx	
Periode van de meting: van dd-mm-yyyy tot dd-mm-yyyy	
Uw gemiddeld geluidsniveau	
Het gemiddelde geluidsniveau in uw omgeving tijdens de meting was:	
Overdag (07u-19u):	50.7 dB(A)
Avond (19u-23u):	46.6 dB(A)
Nacht (23u-07u):	44.7 dB(A)
Totaal gemiddelde (Lden*):	53.2 dB(A)
*Lden (<u>L</u>evel <u>d</u>ay - <u>e</u>vening - <u>n</u>ight) is een maat voor het gemiddelde geluidsniveau over een hele dag, waarbij het geluid 's avonds en 's nachts zwaarder doorweegt omdat mensen dan gevoeliger zijn voor geluid.	
Wat betekenen deze geluidsniveaus?	
- 30-40 dB komt overeen met een rustige slaapkamer, fluisteren - 50-60 dB komt overeen met een normaal gesprek, zacht verkeer - 70-80 dB komt overeen met druk verkeer, stofzuiger - 90+ dB komt overeen met een luidruchtige weg, een sirene	
32.5 % van de woningen zijn overdag stiller	
In 2009 werden in Vlaanderen overdag metingen uitgevoerd aan een representatieve set van 250 woningen. Met deze metingen als referentie zijn 32.5 procent van de woningen overdag stiller dan uw woning. Vergelijkbare gegevens voor de avond en nacht zijn niet beschikbaar.	

U rapporteerde:

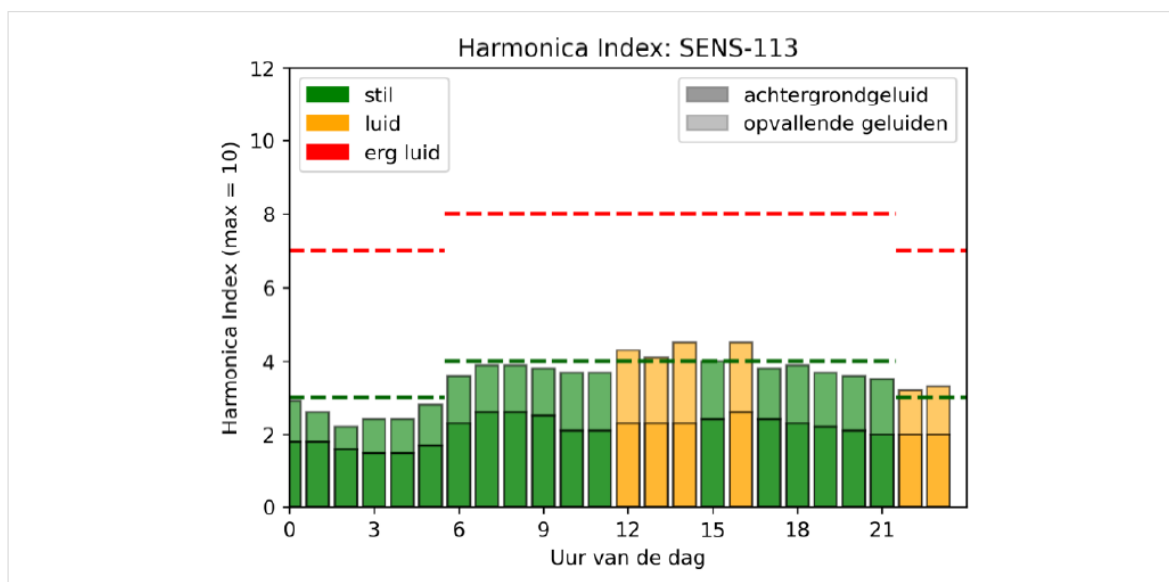
- Tevreden van de buurt:
- Geluidshinder algemeen:
- Geluidshinder wegverkeer:
- Geluidshinder railverkeer:

- Geluidshinder vliegverkeer:
- Geluidshinder KMO:
- Geluidshinder bouw:
- Geluidshinder recreatie:
- Geluidshinder landbouw:

In Figuur 1 ziet u **de Harmonica Index**, een score van 1 tot 10 die laat zien hoe luid en wisselend het geluid rond uw woning was **tijdens de meetperiode**. Deze score wordt vertaald naar een eenvoudige beoordeling: **stil**, **luid** of **erg luid**.

Er is een aparte beoordeling voor de dag (06:00–22:00) en de nacht (22:00–06:00), omdat geluid 's nachts als storender wordt ervaren. De stippellijnen in de grafiek geven aan waar de grenzen liggen tussen deze beoordelingen.

De volle kleuren laten het achtergrondgeluid zien; de lichtere kleuren tonen opvallende geluidsgebeurtenissen. Een langer balkje volle kleur betekent een constant geluidsniveau, terwijl een langer balkje lichte kleur wijst op korte, opvallende geluiden.



Figuur 1 Harmonica-index van uw metingen - gemiddeld over uw hele meetperiode

Wat nu?

Voor meer details over de geluidsmetingen en analyses kan u de bijgeleverde data in de aangeleverde zipfile raadplegen. U vindt er ook een begeleidend document voor een diepgaandere, wetenschappelijke uitleg.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys, secretaris-generaal

Departement Omgeving

Koning Albert II-laan 15 bus 553, 1210 Brussel (postadres)

omgeving.vlaanderen.be

Een uitgave van het Departement Omgeving,

7.11.2 Uitgebreid gebruikersrapport

Uw deelname

Bedankt!

Uw deelname aan ons pilootproject stelde ons in staat om het geluid in uw omgeving te meten en analyseren. Hieronder leest u de belangrijkste resultaten.

Uw gegevens	
Naam: <i>Voor naam Naam</i>	
Adres: <i>Adres</i>	
Informatie over de meting	
Plaats van de meting: SENS-xxx	
Periode van de meting: van dd-mm-yyyy tot dd-mm-yyyy	
Uw gemiddeld geluidsniveau	
Het gemiddelde geluidsniveau in uw omgeving tijdens de meting was:	
Overdag (07u-19u):	50.7 dB(A)
Avond (19u-23u):	46.6 dB(A)
Nacht (23u-07u):	44.7 dB(A)
Totaal gemiddelde (Lden*):	53.2 dB(A)
<i>*Lden (Level day - evening - night) is een maat voor het gemiddelde geluidsniveau over een hele dag, waarbij het geluid 's avonds en 's nachts zwaarder doorweegt omdat mensen dan gevoeliger zijn voor geluid.</i>	
Wat betekenen deze geluidsniveaus?	
- 30-40 dB komt overeen met een rustige slaapkamer, fluisteren - 50-60 dB komt overeen met een normaal gesprek, zacht verkeer - 70-80 dB komt overeen met druk verkeer, stofzuiger - 90+ dB komt overeen met een luidruchtige weg, een sirene	
32.5 % van de woningen zijn overdag stiller	
In 2009 werden in Vlaanderen overdag metingen uitgevoerd aan een representatieve set van 250 woningen. Met deze metingen als referentie zijn 32.5 procent van de woningen overdag stiller dan uw woning . Vergelijkbare gegevens voor de avond en nacht zijn niet beschikbaar.	

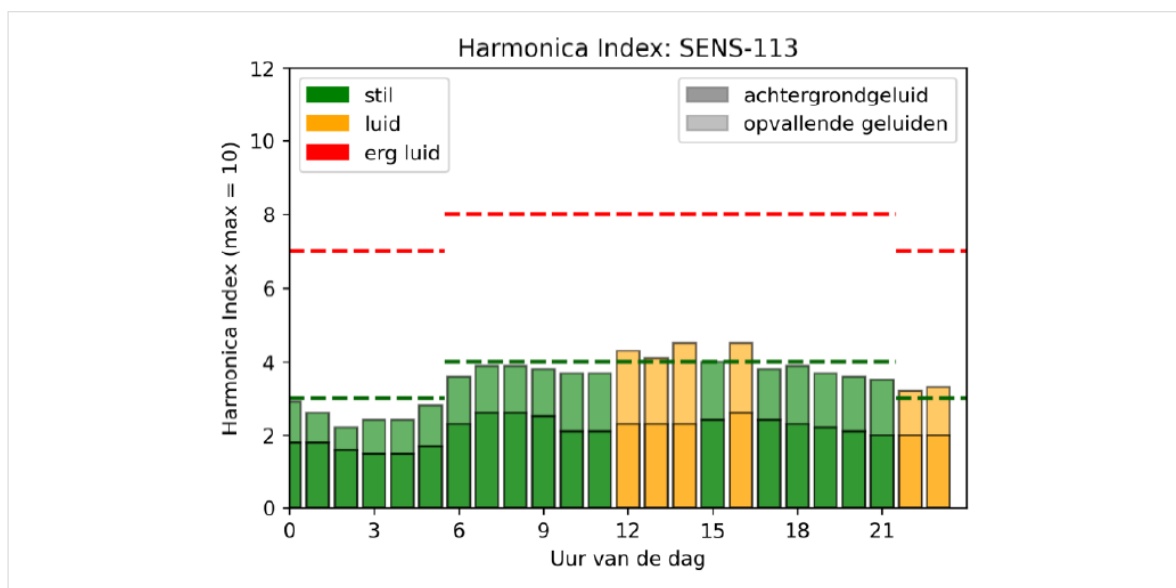
U rapporteerde:

- Tevreden van de buurt:
- Geluidshinder algemeen:
- Geluidshinder wegverkeer:
- Geluidshinder railverkeer:
- Geluidshinder vliegverkeer:
- Geluidshinder KMO:
- Geluidshinder bouw:
- Geluidshinder recreatie:
- Geluidshinder landbouw:

In Figuur 1 ziet u **de Harmonica Index**, een score van 1 tot 10 die laat zien hoe luid en wisselend het geluid rond uw woning was **tijdens de meetperiode**. Deze score wordt vertaald naar een eenvoudige beoordeling: **stil**, **luid** of **erg luid**.

Er is een aparte beoordeling voor de dag (06:00–22:00) en de nacht (22:00–06:00), omdat geluid 's nachts als storender wordt ervaren. De stippellijnen in de grafiek geven aan waar de grenzen liggen tussen deze beoordelingen.

De volle kleuren laten het achtergrondgeluid zien; de lichtere kleuren tonen opvallende geluidsgebeurtenissen. Een langer balkje volle kleur betekent een constant geluidsniveau, terwijl een langer balkje lichte kleur wijst op korte, opvallende geluiden.



Figuur 1 Harmonica-index van uw metingen - gemiddeld over uw hele meetperiode

7.11.3 Achtergrondinformatie: wat u moet weten over geluid

7.11.3.1 Wat is de relatie met geluidshinder?

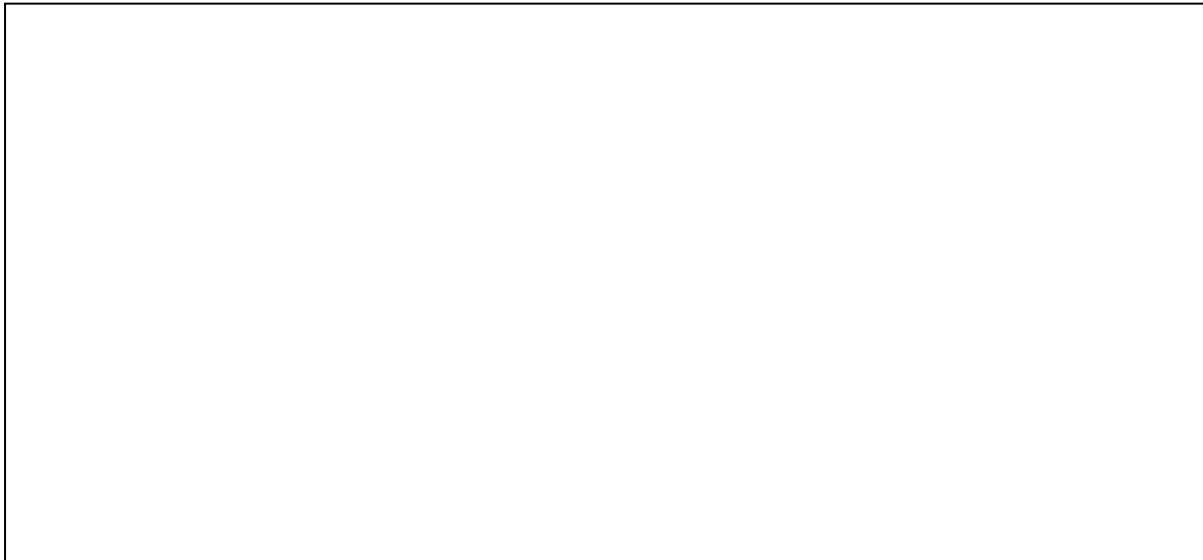
Geluidshinder hangt af van verschillende aspecten, zoals:

- Hoe luid het geluid is (hoge piekgeluiden)
- Hoeveel geluidspieken er zijn (grote dynamiek)
- Of er hoge achtergrondgeluiden zijn
- Hoe gevoelig u bent voor geluid
- Uw relatie tot de geluidsbron
- Of u maatregelen neemt, zoals slapen aan de stille kant van uw woning

Dit project helpt ons om beter te begrijpen wat de relatie is tussen de hinder die u ervaart (hinderrespons - uw antwoorden op de vragenlijsten) en de geluidsmetingen.

7.11.3.2 Hoe verandert het geluid?

In onderstaande grafiek ziet u hoe het geluidsniveau schommelt tijdens de gehele meetperiode.



Figuur 2: Tijdreeks van de geluidsniveaus over de hele meetcampagne.

- **Zwarte lijn:** gemiddelde geluidsniveau per 15 minuten ($L_{Aeq,15min}$).
- **Rode lijn:** L01 is het luidste geluidsniveau, dat de luidste **1% van de tijd** voorkomt. Dit geeft een beeld van de **hoogste pieken** in het geluid, zoals een voorbijrijdende vrachtwagen of een harde klap. Hoe hoger L01, hoe harder de geluidspieken zijn.
- **Gele lijn:** L50 is het geluidsniveau dat in **de helft (50%) van de tijd** wordt overschreden. De helft van de tijd is het geluid **harder**, en de andere helft van de tijd is het **zachter**. Het geeft een goed beeld van het **typische geluidsniveau** in de omgeving.
- **Groene lijn:** L95 is het zachtste geluidsniveau, dat in **95% van de tijd** wordt overschreden. Het geeft aan hoe stil het is. Bijvoorbeeld, in een rustige omgeving zoals een bos kan L95 een laag geluidsniveau aangeven, terwijl in een stad het achtergrondgeluid hoger is door constante geluiden zoals verkeer of airco's.

De afstand tussen de lijnen toont aan hoe **veranderlijk** of **constant** het geluid is:

- **Lijnen dicht bij elkaar** → Het geluidsniveau blijft **vrij constant**. Dit gebeurt bijvoorbeeld bij een **continue geluidsbron**, zoals een snelweg of een airco die constant zoemt.
- **Lijnen ver uit elkaar** → Het geluid **schommelt veel**. Dit zie je bijvoorbeeld bij een **drukke lokale weg**, waar het soms stil is en dan weer plots luid wordt door passerende auto's.

7.11.3.3 Hoe we geluid herkennen: van auto's tot vogels

Welke geluiden horen bij welke frequenties of toonhoogtes?

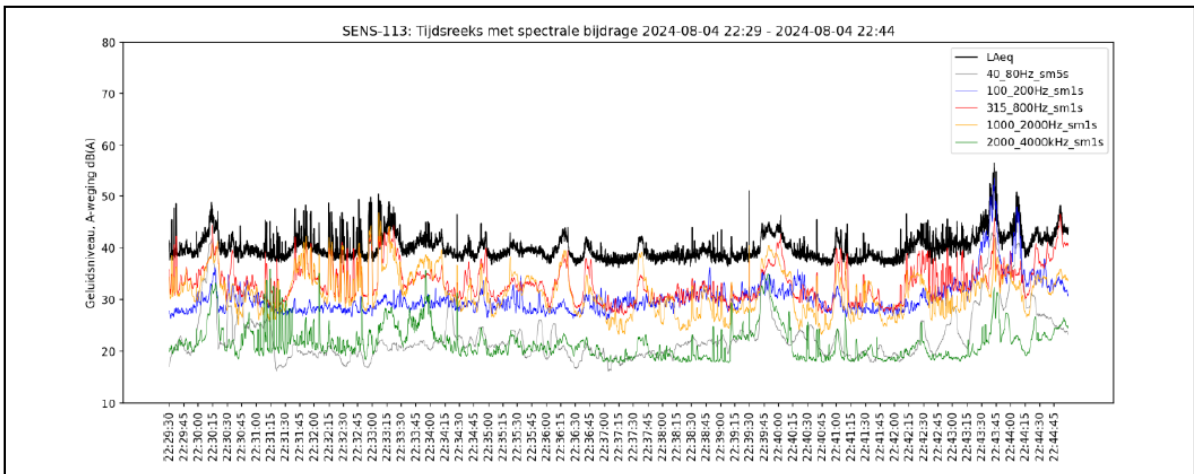
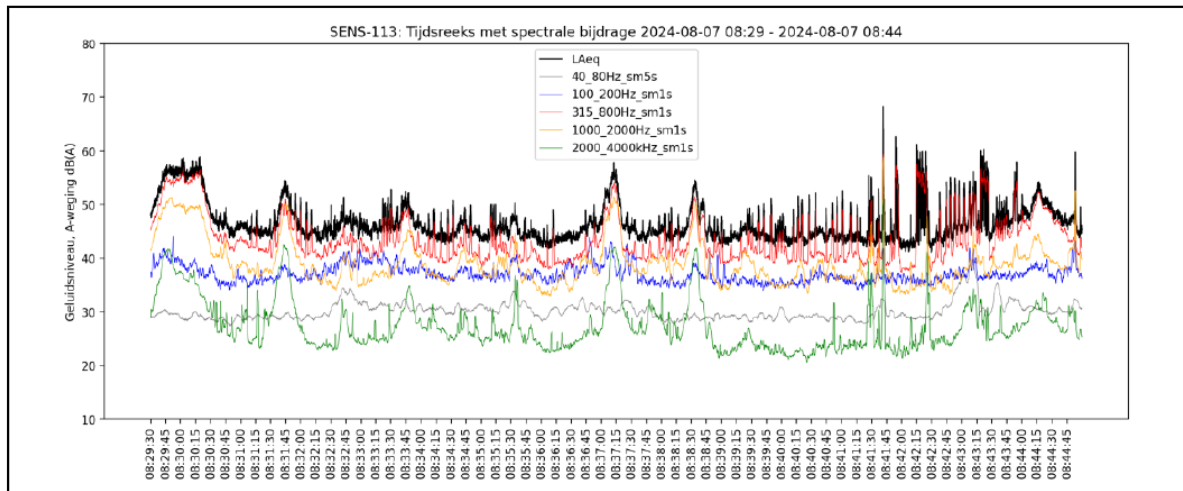
Geluid bestaat uit verschillende frequenties of toonhoogtes, van **lage** tot **hoge** tonen.

Hieronder ziet u een overzicht van welke geluiden bij welke tonen passen:

- Diepe, lage frequenties (40 tot 80 Hz – grijze lijn): Dit zijn de lage bromgeluiden van **grote voertuigen** zoals vrachtwagens, treinen en vliegtuigen.
- Lage frequenties (100 tot 200 Hz - blauwe lijn): Hier horen de motoren van **auto's** bij, maar ook het geluid van **machines zoals pompen en ventilatoren**
- Middenfrequenties (315 tot 800 Hz – rode lijn): In dit bereik vallen veel **dagelijkse geluiden**, zoals verkeer en menselijke stemmen.

- Middenhoge frequenties (1000 tot 2000 Hz – gele lijn): In dit bereik vallen hogere en scherpere geluiden, zoals een **rijdende auto op korte afstand**, of waarschuwingsgeluiden van apparaten.
- Hoge frequenties (2000 tot 4000 Hz – groene lijn): Dit zijn vaak **natuurlijke geluiden**, zoals het fluiten van vogels. Als je alleen deze tonen hoort, zonder andere geluiden erbij, is de kans groot dat het iets natuurlijks is.

Elke geluidsbron heeft een eigen mix van lage en hoge tonen. Door naar deze verdeling te kijken, kan men inschatten welke de geluidsbron is. De bovenste figuur toont een kwartier in de ochtendspits uit uw meetperiode (08:30), de onderste figuur in de avond uit uw meetperiode (22:30).



7.11.4 Wat nu?

Voor meer details over de geluidsmetingen en analyses kan u de bijgeleverde data in de aangeleverde zipfile raadplegen. U vindt er ook een begeleidend document voor een diepgaandere, wetenschappelijke uitleg.

Meer informatie?

Mail ons op: gezondheid.omgeving@vlaanderen.be

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys, secretaris-generaal
Departement Omgeving
Koning Albert II-laan 15 bus 553, 1210 Brussel (postadres)
omgeving.vlaanderen.be

Een uitgave van het Departement Omgeving,
gezondheid.omgeving@vlaanderen.be

7.12 PARTICIPATIEVE METHODE OM CRITERIA VOOR LOCATIEBEPALING OP TE STELLEN

Tijdens een **workshop** met de Citizen Science Werkgroep van De Nieuwe Rand op 20/6/2024 werden samen met burgers criteria in kaart gebracht voor het bepalen van meetlocaties. Deze criteria zijn in eerste instantie gericht op de concrete context van De Nieuwe Rand maar zijn ook breder relevant voor andere contexten in het kader van de PIO Geluid en kunnen ook in rekening gebracht worden voor het opstellen van een gebiedsdekkende kaart voor Vlaanderen.

Criteria voor het bepalen van locaties voor geluidsmetingen uit de workshop van 20/6/2024

- **Kwetsbare groepen:** nabij woonzorgcentra, scholen en crèches, ziekenhuizen, kwetsbare bevolkingsgroepen voor geluidsoverlast ...
 - **Verkeerssituaties:** nabij drukke wegen, sluiproutes, vlieg- of treinroutes, langs fietsroutes
 - **Gewijzigde situaties:** “voor en na” metingen bij werken aan publieke infrastructuur, het effect van milderende maatregelen in kaart brengen ...
 - **Stilte/Rust:** nabij rustige plekken, plekken waarbij je weinig omgevingsgeluid verwacht
 - **Open ruimtes:** nagaan hoever geluid draagt
 - **Het weer:** rekening houden met windrichting, verschillende weersomstandigheden en seizoenen, en ook verschillende tijdstippen (dag versus nacht)
 - **Woonsituaties:** meten in verschillende woonsituaties zoals lintbebouwing, woonwijken, open bebouwing ...
 - **Toerisme en recreatie:** nabij natuurgebieden, wandel en fietsroutes, stiltegebieden ...
- Wisselwerking met **andere parameters:** verkeer, luchtkwaliteit, biodiversiteit, geur, waterkwaliteit ...

- **Lokale verschillen:** façade versus tuin, verschillende hoogtes van een appartementsgebouw

7.12.1 Doel van de workshop

- Samen met burgers criteria ontwikkelen om te bepalen waar en waarom er metingen (geluid, luchtkwaliteit, andere) uitgevoerd worden⁵⁷.
- Focus ligt niet op het kiezen van locaties, maar op het bepalen van de criteria voor locatiekeuze.

7.12.2 Verloop van de workshop (1u15 min)

1. Introductie (10 min)

- Achtergrondinformatie en kadering van de workshop.
- Doelstelling: criteria verzamelen, géén locaties kiezen.

2. Kaartoefening (10 min) – alle deelnemers samen

- Deelnemers duiden maximaal 5 locaties aan op een grote kaart waar ze graag zouden meten.
- Gebruik kleurcodes:
 - Blauw = luchtkwaliteit
 - Rood = geluid
 - Parking = andere meetnaden (via post-it)

3. Thematische tafels per parameter (30 min) – deelnemers splitsen zich op in subgroepen

- Indeling per type sensor (geluid, luchtkwaliteit, ...).
- Op basis van geplakte bolletjes worden criteria geformuleerd voor plaatsing van sensoren.
- Start van de discussie aan de hand van een voorbereide lijst van mogelijke criteria.
- Voor elk criterium wordt besproken:
 - Wat is de achterliggende onderzoeksvraag?
 - Waarom is dit een prioriteit?
 - Waarom is citizen science hier de beste aanpak?

4. Presentatie en feedback (20 min) – plenaire terugkoppeling

- 10 min: Elke tafel stelt haar criteria voor.
- 10 min: Deelnemers geven feedback via post-its op criteria van de andere tafels.

5. Terug naar de kaart (15 min)

- Op basis van de finale criteria: waar zouden er meetpunten geplaatst worden?
- Herbekijk de eerder aangeduide locaties en pas de criteria verder aan waar nodig.

7.12.3 Randvoorwaarden & materiaal

- Kaarten: 1x A0 huidige situatie, 2x A1 voor toekomstscenario's.
- Materialen: bolletjes, post-its, stiften, groot papier voor tafels.
- Groeps grootte: geschikt voor 15-25 deelnemers, opgedeeld per parameter.
- Tijdsbewaking cruciaal om alle onderdelen te doorlopen.

7.12.4 Output van de workshop

- Lijst van criteria per parameter
- Eerste inschatting van prioritaire meetzones, gekoppeld aan de gedefinieerde criteria.

⁵⁷ In het geval van de workshop die gegeven werd bij de Citizen Science Werkgroep van De Nieuwe Rand op 20/6/2024 ging dit om metingen voor geluid en luchtkwaliteit in de specifieke context van De Nieuwe Rand. Wanneer er samen met burgers gekeken wordt naar criteria om geluidsblootstelling in het algemeen in Vlaanderen in kaart te brengen, dient de opzet van de workshop hieraan aangepast te worden.