



Vlaanderen
is omgeving



Marktanalyse van systemen voor persoonlijke geluidsblootstellingsmeters

 **Eindrapport**

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgevingvlaanderen.be

Marktanalyse van systemen voor persoonlijke geluidsblootstellingsmeters

De toenemende aandacht voor (persoonlijke) geluidsblootstelling binnen het beleidsdomein Omgeving en de mogelijke impact daarvan, vraagt om gepaste en onderbouwde gegevens zodat doeltreffende beleidsmaatregelen ontwikkeld kunnen worden. Op basis van een aantal belangrijke use cases werden de behoeften gevalideerd en vertaald naar een set geprioritiseerde technische en functionele vereisten waaraan de persoonlijke geluidsblootstellingsmeters moeten beantwoorden.

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

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Peter Cabus
Departement Omgeving
Vlaams Planbureau voor Omgeving
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel
vpo.omgeving@vlaanderen.be
www.omgevingvlaanderen.be

Auteurs

Kim Van Elsen – Bureau De Fonseca bv
Pierre De Fonseca – Bureau De Fonseca bv

PARTNERS





Eindrapport

voor

**“Marktanalyse van systemen voor persoonlijke
geluidsblootstellingsmeters in functie van de
beleidsbehoeften voor het beleidsdomein Omgeving”**

**volgens
Bestek nr. OMG-VPO/2019/04**

7 oktober 2020

Door
Kim Van Elsen
Pierre De Fonseca

Inhoudstafel

Inhoudstafel.....	2
Wijzigingshistoriek	3
Managementsamenvatting	4
Behoeftenanalyse	9
1. Doelstelling behoeftenanalyse	10
2. Use Cases en functionele behoeften	10
2.1 Inleiding	10
2.2 Humane biomonitoring	11
2.3 Publieke ruimte	13
3. Synthese	17
3.1 Technische vereisten	17
3.1.1 Mobiele en persoonlijke geluidsblootstellingsmeters.....	17
3.1.2 Vaste geluidsmeters.....	18
3.2 Functionele vereisten	18
3.2.1 Mobiele en persoonlijke geluidsblootstellingsmeters.....	18
3.2.2 Vaste geluidsmeters.....	18
3.3 Data-archivering en Inspire richtlijn	18
3.4 Eco-systeem van indicatoren voor een leefbaar geluidsklimaat.....	19
Marktanalyse	20
4. Doelstelling Marktanalyse	21
5. Beschikbare technologieën	21
5.1 Inleiding	21
5.2 Oplossingen met dedicated hardware	21
5.3 Oplossingen met smartphones.....	22
6. Marktaanbod persoonlijke (mobiele) geluidsblootstellingsmeters	23
6.1 Inleiding	23
6.2 Akron – Cesva DC112d.....	24
6.3 Norsonic Benelux – Listen Ear	25
6.4 Smartphone oplossingen.....	27
6.4.1 Desk-research beschikbare applicaties.....	27
6.4.2 Evaluatie van de applicaties	30
6.4.3 Microfoons	30
6.4.4 Ijking, nauwkeurigheid en meetbereik	33
6.4.5 Combinatie 1: Android smartphone + Noise Capture + microfoon	34
6.4.6 Combinatie 2: Android/iOS smartphone + Decibel X pro + microfoon	35
6.4.7 Combinatie 3: iOS smartphone + NIOSH app + microfoon	37
7. Marktaanbod vaste geluidsmeters	39
7.1 Inleiding	39
7.2 Akron – Munisense NP2/NP4	39
7.3 Norsonic benelux – Sound Ear 3-320X	41
8. Fit-gap analyse.....	42
8.1 Mobiele persoonlijke geluidsblootstellingsmeters	43
8.2 Vaste geluidsmeters.....	44
9. Aandachtspunten voor verdere projecten	45
9.1 Beheer van meettoestellen en operationele kosten	45
9.2 Ondergrens van het meetbereik.....	45
9.3 Communicatiemogelijkheden en data-archivering.....	46
9.4 Verdere ontwikkeling smartphone gebaseerde oplossingen	46
Bijlage 1: RFI geluidsblootstellingsmeters	47
Bijlage 2: communicatietechnieken Sound Ear	49
Bijlage 3: productvoorstellen RFI	53

Wijzigingshistoriek

Versie	Datum	Wijzigingen	Auteur	Nazicht
	23/09/2020	Eerste draft versie van het eindrapport	KVE	PDF
a	07/10/2020	Aanpassing van het eindrapport na feedback van de stuurgroepleden	KVE	PDF

Managementsamenvatting

NL: Internationaal wetenschappelijk onderzoek geeft aan dat geluidsblootstelling hinder, slaapstoornissen, stress en gezondheidseffecten, zoals cardiovasculaire effecten en neuropsychologische effecten, kan veroorzaken. Blootstelling aan geluid kan zorgen voor een daling van het aantal gezonde levensjaren met bijhorende maatschappelijke kost. De toenemende aandacht voor (persoonlijke) geluidsblootstelling binnen het beleidsdomein Omgeving van de Vlaamse Overheid en de mogelijke impact daarvan, vraagt om gepaste en onderbouwde gegevens zodat doeltreffende beleidsmaatregelen ontwikkeld kunnen worden. Geschikte meetsystemen moeten daarom geïdentificeerd worden om de persoonlijke geluidsblootstelling bij de algemene bevolking in Vlaanderen te meten ten behoeve van de beleidsvragen waarvoor ze de nodige input moeten leveren.

Een 6-tal workshops werden georganiseerd om de wensen en noden van de betrokken afdelingen, en bij uitbreiding ook van de lokale overheden, rond persoonlijke geluidsblootstellingsmetingen te verzamelen. Op basis van een aantal belangrijke use cases werden de behoeften gevalideerd en vertaald naar een set geprioritiseerde technische en functionele vereisten waaraan de persoonlijke geluidsblootstellingsmeters moeten beantwoorden. Uit de analyse van de verschillende use cases bleek dat er globaal genomen nood is aan twee verschillende systemen, al dan niet gecombineerd, om de geluidsblootstelling te meten: mobiele en persoonlijke geluidsblootstellingsmeters enerzijds, en vaste geluidsmeters anderzijds.

De aanbodzijde werd hoofdzakelijk geanalyseerd met behulp van een uitgebreide desk research. De resultaten van deze desk research werden vervolgens geëvalueerd en getoetst aan de functionele en technische beleidsbehoeften. Het marktaanbod aan oplossingen kan opgesplitst worden in de klassieke geluids(dosis)meters en smartphone applicaties om geluidsblootstelling te meten. Voor de klassieke geluids(dosis)meters werd een aanvraag voor informatie (RFI) verstuurd naar verschillende (Belgische) verdelers van professionele geluidsmeetapparatuur. Zij werden aangemoedigd een productvoorstel in te dienen voor elk van de twee types meetsystemen (mobiel en vast), waarbij een onderscheid gemaakt werd tussen de essentiële en optionele vereisten, die opgesteld werden op basis van de resultaten van de behoeftenanalyse. Voor de smartphone oplossingen werd naast de desk research ook een beknopte field research uitgevoerd met een eigen samengestelde meetketting (smartphone, bestaande applicatie en microfoon).

Een fit-gap analyse geeft ten slotte voor elk van de onderzochte mogelijke oplossingen aan waar de fits en gaps voor de essentiële behoeften zich bevinden en waar er nog moet bijgestuurd worden zodat de oplossing maximaal ingezet kan worden voor elke belangrijke use case. Ook wordt kort aangegeven waar de meerwaarde van elke oplossing zich bevindt in functie van de behoeften voor de verschillende use cases.

De persoonlijke (mobiele) geluidsblootstellingsmeters vragen oplossingen om te meten op het lichaam waar laagdrempeligheid, gebruiksvriendelijkheid en een optimaal draagcomfort staan hierbij centraal. Geluidsdosismeters, die ontworpen worden om lawaïblootstelling op de arbeidsplaats te meten, bieden kant-en-klare en enigszins betaalbare oplossingen met een hoge meetresolutie, de juiste parameters, voldoende hoge nauwkeurigheid, betrouwbaarheid, robuustheid en een optimaal draagcomfort. De ondergrens van het meetbereik echter en de beperkte of voorgedefinieerde uitbreidingsmogelijkheden vormen soms een bottleneck bij deze oplossingen. Externe hulpsensoren of de koppeling met een smartphone, een flexibel platform met een groot arsenaal aan hulpsensoren en communicatiemogelijkheden, zijn nodig om de essentiële en mogelijk nuttige behoeften maximaal in te vullen. Smartphone gebaseerde oplossingen bieden quasi dezelfde functionaliteiten als de geluidsdosismeters aangevuld met enorm veel uitbreidings- en communicatiemogelijkheden zoals wifi, bluetooth en mobiele data. De beschikbare applicaties vormen een solide basis voor verdere ontwikkelingen. De bijkomende ontwikkelingskost die echter nodig is om een betrouwbaar en maximaal inzetbaar meetsysteem samen te stellen is nog een groot vraagteken. De grote verscheidenheid in het marktaanbod met verschillende software- en hardware

architecturen en het feit dat de smartphone reeds sterk geïntegreerd is de samenleving verhoogt de inzetbaarheid en gebruiksvriendelijkheid van deze oplossing. Deze verscheidenheid verlaagt echter wel de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van deze oplossingen. Het gebruik van de smartphone van de burgers die deelnemen aan citizen science projecten is daarom uitgesloten. Er moet een vaste meetset (smartphone, applicatie en externe microfoon) samengesteld worden om een correcte calibratie mogelijk te maken en de betrouwbaarheid van het meetsysteem te waarborgen. Verdere praktijktesten zijn nodig om te bepalen wat de haalbare nauwkeurigheid en ondergrens van het meetbereik is met smartphone oplossingen.

De vaste geluidsmeters vragen eenvoudige, robuuste oplossingen die geschikt zijn om voor langere duur (buiten) te meten op een vaste locatie. Een oplossing met klassieke geluidsmeters, die geschikt zijn voor monitoring doeleinden, ligt voor de hand. Deze geluidsmeters zijn nauwkeurig, betrouwbaar en in basis reeds voorzien van een uitgebreide set functionaliteiten waarmee eenvoudig aan alle essentiële en mogelijk nuttige eisen voor de betreffende use cases voldaan wordt. Daarnaast bieden zij voldoende mogelijkheden voor het aansluiten van externe sensoren zoals een meteostation, zonnepaneel of IoT communicatie-interfaces zoals LoRaWan die mogelijk een meerwaarde bieden voor het beheer van de data en van de toestellen. De relatief hoge kostprijs van deze toestellen echter maakt ze mogelijk minder geschikt om op grote schaal in te zetten.

ENG: International scientific research indicates that noise exposure can cause annoyance, sleep disturbance, stress and health effects, such as cardiovascular effects and neuropsychological effects. Frequent noise exposure can reduce the number of healthy life years which comes at a social cost. The increasing awareness for (personal) noise exposure within the environmental department of the Flemish Government and the possible impact thereof, calls for appropriate and substantiated data so that effective policy measures can be developed. Appropriate measuring systems must therefore be identified to measure the personal noise exposure of the general population in Flanders for the policy questions for which they need to provide the necessary input.

Around 6 workshops were organised to attend to the wishes and needs of the departments involved, and by extension also of the local authorities, concerning personal noise exposure measurements. On the basis of a number of important use cases, the needs were determined and translated into a set of prioritised technical and functional requirements that the personal noise exposure meters must meet. The analysis of the different use cases showed that, overall, there is a need for two different systems, combined or not, to measure sound exposure: mobile and personal noise exposure meters on the one hand, and fixed noise meters on the other hand.

The supply side was mainly analysed with the aid of extensive desk research. The results of this desk research were then evaluated and tested against the functional and technical policy needs. The market supply of solutions can be split up into the classic noise (dose) meters and smartphone applications to measure noise exposure. For the classic sound (dose) meters, a request for information (RFI) was sent to various (Belgian) distributors of professional sound measuring equipment. They were encouraged to submit a product proposal for each of the two types of measurement systems (mobile and fixed), with a distinction between the essential and optional requirements, which were drawn up on the basis of the results of the needs analysis. For the smartphone solutions, in addition to the desk research, a concise field research was also carried out with its own composite measurement chain (smartphone, existing application and microphone).

Finally, for each of the possible solutions examined, a fit-gap analysis indicates where the fits and gaps for the essential needs are and where adjustments still need to be made so that each individual use case is paired up with the best possible solution. In addition, the analysis also indicates the added value of each solution not only on an individual basis, but in function of the needs of all use cases.

The personal (mobile) sound exposure meters require solutions to measure on the body where easy accessibility, user-friendliness and optimal wearing comfort are the key features. Noise dosimeters, which are designed to measure noise exposure in the workplace, offer ready-made and relatively affordable solutions with a high measuring resolution, adequate parameters, sufficiently high accuracy, reliability, robustness and optimal wearing comfort. However, the lower limit of the measurement range and the limited or pre-defined expansion possibilities can occasionally be a bottleneck for these solutions. Smartphone connectivity offers a flexible platform with a large arsenal of auxiliary sensors and communication capabilities that are required to maximally meet the essential and potentially useful needs. Smartphone-based solutions offer almost the same functionalities as the sound dosimeters, supplemented by an enormous number of expansion and communication possibilities such as wifi, bluetooth and mobile data. The available applications form a solid basis for further developments. However, the development costs required to put together a reliable and highly deployable measuring system is still a big question mark. The great diversity in the market supply with different software and hardware architectures and the fact that the smartphone is already strongly integrated in society increases the deployability and user-friendliness of this solution. However, this diversity reduces the accuracy and reliability of these solutions. The use of the participants own smartphone in citizen science projects is therefore excluded. A fixed measuring set (smartphone, application and external microphone) must be put together to enable correct calibration and ensure the reliability of the measuring system. Further practical tests are needed to determine the achievable accuracy and lower limit of the measurement range with smartphone solutions.

The fixed noise meters require simple, robust solutions that are suitable for long-term (outdoor) measurement at a fixed location. A solution with classic sound meters, suitable for monitoring purposes, is obvious. These sound meters are accurate, reliable and basically already equipped with an extensive set of functionalities that easily meet all essential and potentially useful requirements for the relevant use cases. In addition, they offer sufficient possibilities for the connection of external sensors such as a meteorological station, solar panel or IoT communication interfaces such as LoRaWan that may offer added value for the management of the data and the devices. However, the relatively high cost price of these devices may make them less suitable for large-scale deployment.

Behoeftenanalyse

1. Doelstelling behoeftenanalyse

Om een antwoord te kunnen bieden op de nood aan meest gepaste systemen voor het meten van persoonlijke geluidsblootstelling bij de algemene bevolking in Vlaanderen moeten de behoeften voor de afdelingen binnen het beleidsdomein Omgeving, en bij uitbreiding de afdeling Zorg en Gezondheid, gedefinieerd worden.

Om de behoeften bij de gebruikers van de verschillende betrokken afdelingen te valideren en te vertalen naar de technische en functionele vereisten waaraan de persoonlijke geluidsblootstellingsmeters moeten voldoen, werden een aantal workshops georganiseerd. Tijdens de kick-off vergadering van 6 maart 2020 werd afgesproken dat er 5 thematische workshops zouden worden georganiseerd om de behoeften in kaart te brengen. Volgende workshops vonden plaats via videoconferencing:

1. Humane biomonitoring en citizen science op 24/03/2020, met deelnemers:
 - Caroline Teughels en Hans Reynders, VPO
 - Stefan Acke, AZG
 - Pierre De Fonseca en Kim Van Elsen, opdrachtnemers
2. Geluidsklimaat in de publieke ruimte op 27/03/2020, met deelnemers:
 - Caroline Teughels, Hans Reynders, Philippe Van Haver en Peter Vervoort, VPO
 - Stefan Acke, AZG
 - Gunther Van Broeck, BJO
 - Pierre De Fonseca en Kim Van Elsen, opdrachtnemers
3. Data-archivering en Inspire richtlijnen op 17/04/2020, met deelnemers:
 - Caroline Teughels en Hans Reynders, VPO
 - Olav Peeters, Irceline
 - Tom Van Gulck, Milieuinfo
 - Pierre De Fonseca en Kim Van Elsen, opdrachtnemers
4. Specifieke noden van steden en gemeenten op 24/04/2020, met deelnemers:
 - Caroline Teughels, VPO
 - Raf Verbruggen, Stad Antwerpen
 - Heijke Rombaut, Stad Gent
 - Pierre De Fonseca en Kim Van Elsen, opdrachtnemers
5. Handhaving op 24/04/2020, met deelnemers:
 - Caroline Teughels en Hans Reynders, VPO
 - Geert Keppens, Handhaving
 - Nele Maes, BJO
 - Daisy Colsoul, BJO
 - Pierre De Fonseca en Kim Van Elsen, opdrachtnemers

Als voorbereiding voor deze workshops werd aan de deelnemers een vragenlijst ("vragenlijst workshops behoeftenanalyse" met ref. 2020R007-1) bezorgd waarin een aantal mogelijke kenmerken/vereisten voor de persoonlijke geluidsblootstellingsmeters opgelijst werden. In elke workshop werd met de betrokken afdelingen op basis van een aantal use cases de noodzaak of wenselijkheid van deze mogelijke kenmerken besproken en verder gestroomlijnd in functie van de behoeften.

Op 9 juni 2020 werd een stuurgroepvergadering georganiseerd (via videoconferencing) om de kruisbestuiving tussen de verschillende afdelingen te stimuleren en de behoeften finaal te valideren op basis van de beoogde onderzoeksprojecten.

2. Use Cases en functionele behoeften

2.1 Inleiding

Onderstaande paragrafen geven het doel, een korte beschrijving en de verwachte output en functionele behoeften voor de meest relevante of belangrijkste use cases die aan bod kwamen in de workshops. Omdat er heel wat overlap was tussen de verschillende

workshops worden de use cases onderverdeeld in 2 hoofdcategorieën: humane biomonitoring en geluid in de publieke ruimte.

2.2 Humane biomonitoring

Correlatie tussen persoonlijke geluidsblootstelling en effecten op de mens zoals stress, slaapstoornissen, gezondheid (cardiovasculair en neuropsychologisch)

Doel: In humane biomonitoringscampagnes wordt specifiek aandacht gegeven aan de verschillende relaties tussen blootstellingsmerkers en biomerkers van effect. Tot op heden is er nog onvoldoende kennis over de persoonlijke dynamische blootstelling in Vlaanderen voor het beleidsonderbouwend onderzoek betreffende het verband tussen persoonlijke geluidsblootstelling en de gezondheidseffecten.

Beschrijving: Bij humane biomonitoringsonderzoeken zal nagegaan worden wat de impact van persoonlijke geluidsblootstelling is op burgers. De grootte van de deelnemersgroep kan sterk variëren en moet representatief zijn voor de algemene populatie: alle lagen van de samenleving en alle leeftijdscategorieën kunnen betrokken worden. De merkers worden verzameld door middel van consultatie bij de onderzoekers. Doorgaans zijn er 3 consultatiedagen per week waarop de deelnemende burgers onderzocht worden. Per dag verwacht men maximaal 30 deelnemers. Voorafgaand aan de consultatiedag zou de geluidsblootstelling kunnen gemeten worden. Er wordt (voorlopig) voorgesteld de geluidsblootstelling gedurende een week te meten om een representatief beeld te krijgen van de dagdagelijkse geluidsniveaus in de leefomgeving. Vanuit die optiek zouden er maximaal een 90-tal geluidsblootstellingsmetingen simultaan plaatsvinden. Men is zowel geïnteresseerd in de blootstelling overdag (binnen en buiten) als 's nachts (binnen) om bv. effecten van stress respectievelijk slaapverstoring te kunnen correleren met de geluidsblootstelling. Om dit correct in kaart te brengen zijn er zowel objectieve als subjectieve hulpsensoren nodig. De locatie van de deelnemer is een belangrijke prioritaire sensor. Ook een hartslagmeter kan een nuttige aanvulling zijn. Daarnaast zijn subjectieve sensoren zoals appreciatie van het geluid (onafhankelijk van dag of nacht) ook belangrijk en nuttig om te weten hoe de burger de leefomgeving ervaart of ervaren heeft. Algemeen verwacht men een laagdrempelige geluidsmeter die voldoende nauwkeurig is om de onderzoeksbehoefte, de correlatie tussen geluidsblootstelling en andere effectmerkers, te kunnen invullen.

Output en functionele behoeften:

- De gebruiksvriendelijkheid, het draagcomfort en de robuustheid van de geluidsmeter staat centraal.
- De geluidsmeter vereist enige autonomie: de batterij moet minstens een dag en bij voorkeur meerdere dagen tot een week meegaan.
- De geluidsmeter zal breed ingezet worden, zowel binnen als buiten en zowel overdag als 's nachts. Het dynamisch bereik moet dus voldoende groot zijn: de geluidsniveaus binnen kunnen zeer laag zijn (achtergrondgeluid 's nachts), buiten zeer hoog (bv. voorbijrijdende ambulance).
- De geluidsmeters dienen ook geluidspieken (impulsachtig) te meten of ten minste pieken te tellen boven een bepaalde drempelwaarde: de meetresolutie bedraagt bij voorkeur 1s.

- Objectieve hulpsensoren zoals locatie zijn absoluut noodzakelijk. Bijkomend kunnen sensoren zoals hartslag- of bloeddrukmeters nuttig zijn.
- Subjectieve hulpsensoren zoals appreciatie en beleving van het geluid of de omgeving kunnen in sommige onderzoeken een grote meerwaarde bieden.
- Een motivator op de geluidsmeter zoals de momentane weergave van het geluid kan zinvol zijn. De noodzaak van deze behoefte dient echter verder onderzocht te worden.
- Connectie met het VPO platform zou een meerwaarde zijn maar is geen noodzakelijke behoefte.

De vertaling naar de technische vereisten wordt verder gespecificeerd in de tabellen in paragraaf 3.1.

Effect van nachtelijk geluid op slaapritme en bloeddruk

Doel: Onderzoek naar het effect van nachtelijke persoonlijke geluidsblootstelling en in het bijzonder geluidspieken op het slaapritme en de bloeddruk.

Beschrijving: Deze use case is een vorm van hotspot-biomonitoring en onderzoekt het effect van nachtelijk geluid op het slaapritme en andere merkers zoals bloeddruk in een locatiespecifiek onderzoeksgebied. Dit onderzoeksgebied noemt men een "hotspot" en kan een wijk zijn waar bv. veel hinder en/of meldingen van doorgaand vrachtverkeer (dichtbij industriegebied) of luide brommers (stedelijk gebied) zijn. De grootte van de deelnemersgroep kan daarom vaak beperkt worden tot enkele tientallen. In eerste instantie is het binnengeluid en de correlatie met objectieve en subjectieve sensoren zoals respectievelijk hartslag en appreciatie van het geluid belangrijk. In tweede instantie lijkt ook de correlatie tussen het binnen- en buitengeluid nuttig in het kader van brononderzoek: "wordt de verstoring effectief veroorzaakt door vrachtverkeer?". De geluidsmeters kunnen gedurende één of meerdere weken op een vaste locatie in de slaapkamer en buiten (bv. ter hoogte van de gevel) geplaatst worden. Het verschil tussen piekgeluiden (waarnemingen per seconde) en het stabiele achtergrondgeluid tijdens de nacht is belangrijk. De meetdata kan lokaal geregistreerd worden, een verbinding met het internet en het VPO platform echter zal de gebruiksvriendelijkheid van het meetsysteem verhogen.

Output en functionele behoeften:

- De geluidsmeters worden op vaste locaties opgesteld bij burgers, zowel binnen als buiten. Er zijn geen specifieke noden wat betreft draagcomfort, gebruiksvriendelijkheid en robuustheid.
- De inspanning van de burger is eerder beperkt tot het voorzien van de meetlocatie, stroomvoorziening en eventueel een verbinding met het internet.
- De geluidsmeters dienen zowel lage achtergrondgeluidniveaus (binnen) als hoge (impulsachtige) geluidspieken (buiten) te meten: het dynamisch bereik moet zeer groot zijn, de meetresolutie bedraagt bij voorkeur 1 s en de nauwkeurigheid 2 dB.
- De locatie hoeft niet door de geluidsmeter bepaald te worden. Het zijn immers vaste locaties die voorafgaand aan het onderzoek geselecteerd worden.

- Hulpensoren zoals een hartslagmeter, bloeddrukmeter of de appreciatie zijn een meerwaarde maar hoeven niet per se op de geluidsmeter zelf voorzien te worden.
- Connectie met het VPO-platform verhoogt de gebruiksvriendelijkheid maar is geen must.

De vertaling naar de technische vereisten wordt verder gespecificeerd in de tabellen in paragraaf 3.1.

2.3 Publieke ruimte

Validatie en uitbreiding van geluidsbelastingskaarten

<u>Doel:</u>	Validatie en waar nodig uitbreiding van de bestaande geluidsbelastingskaarten voor zoveel mogelijk locaties in Vlaanderen aan de hand van vaste geluidsmeters (stricto sensu niet meer met persoonlijke geluidsblootstellingsmetingen).
<u>Beschrijving:</u>	De geluidsmeters worden buiten op een vaste locatie (bij burgers of op een publieke plaats) opgesteld gedurende twee of meerdere weken. De grootte van de deelnemersgroep kan variëren maar zal doorgaans enkele tientallen bedragen. De meetcampagnes zullen vaak georganiseerd worden op wijkniveau ("hotspots"). Meettoestellen kunnen sequentieel ingezet worden: simultaan meten is niet prioritair, het aantal metingen is belangrijker om een representatief beeld te vormen. Mogelijk moet er ook seizoensgebonden gemeten worden om de invloed van variërende meteo-omstandigheden te kennen. Een hulpsensor zoals een lokaal meteostation is nuttig om de correctheid van de metingen in te schatten maar moet niet op de geluidsmeter zelf geïntegreerd worden. De meethoogte voor geluidsbelastingskaarten bedraagt standaard 4 m, dit impliceert dat er bv. ter hoogte van slaapkamerramen of op lantaarnpalen gemeten dient te worden. De meetnauwkeurigheid en -resolutie zijn belangrijk om de jaargemiddelde L_{den} waarde, waarmee geluidbelastingskaarten opgesteld worden, zo goed mogelijk te benaderen. Daarnaast zijn ook metingen van geluidspieken of ten minste een telling van de geluidspieken nodig.
<u>Output en functionele behoeften:</u>	<ul style="list-style-type: none"> - De geluidsmeters worden op vaste locaties opgesteld bij burgers. De inspanning van de burger is eerder beperkt tot het voorzien van de meetlocatie en stroomvoorziening. Mogelijk kan een autonome geluidsmeter wel een meerwaarde bieden uit praktisch oogpunt. - De geluidsmeter wordt enkel buiten ingezet: lage geluidsniveaus (< 40 dB(A)) zullen zelden voorkomen. - De gemiddelde geluidsniveaus zijn een prioritaire behoefte. Bijkomend kan een meting of telling van geluidspieken nuttig zijn: hoe hoger de meetresolutie en de nauwkeurigheid, hoe betrouwbaarder de metingen. - Spectrale informatie is 'nice to have' maar geen noodzaak. - Hulpensoren zoals een meteo-station, al dan niet geconnecteerd met de geluidsmeter, kunnen nuttig zijn. - Connectie met het VPO-platform voor data download verhoogt de gebruiksvriendelijkheid maar is geen must. - Connectiviteit met het internet opent wel deuren naar besturing en management op afstand: batterij-indicatie, start/stop status, geheugenstatus, ...

De vertaling naar de technische vereisten wordt verder gespecificeerd in de tabellen in paragraaf 3.1.

Opmaak van geluidsbelevingskaarten in een (rand)stedelijke omgeving

Doel: Ook wel "Urban sound mapping" genoemd. Het in kaart brengen van het geluidsklimaat in een (rand)stedelijke omgeving. Dit kan zowel objectief (geluidsluw vs. lawaaierig) als subjectief (aangenaam vs. hinderlijk) zijn.

Beschrijving: Er wordt buiten gemeten met vaste geluidsmeters, persoonlijke geluidsmeters of een combinatie van beide. De grootte van de deelnemersgroep kan variëren maar zal doorgaans uit 30 à 50 personen bestaan. De meetcampagnes zullen heel lokaal in (rand)stedelijk gebied georganiseerd worden ("hotspots") met het oog op verbetering van de publieke ruimte. De persoonlijke geluidsblootstellingsmeters zullen gedragen worden door de deelnemers. Hier primeert gebruiksgemak, comfort en robuustheid. De vaste meetposten kunnen geïnstalleerd worden aan bv. verlichtingspalen of bomen. De lokale overheid speelt hier een belangrijke rol bij het opstellen van de meetposten. Zowel de locatie (objectief) als de beleving/appreciatie van het geluid (subjectief) moeten gekoppeld worden aan de geluidsmeting. Hierbij is de hulp van een smartphone applicatie een niet te missen tool. De meetnauwkeurigheid en -resolutie zijn minder van belang, de focus ligt op relatieve verschillen (luid of stil) in geluidsniveau en de beleving van het geluid. Geluidspieken meten en/of tellen zijn een leuke feature maar een bevraging bij de deelnemer kan even waardevol zijn.

Output en functionele behoeften:

- De gebruiksvriendelijkheid, het draagcomfort en de robuustheid van de persoonlijke geluidsmeter staat centraal.
- De persoonlijke geluidsmeter vereist enige autonomie: de batterij moet minstens een dag en bij voorkeur meerdere dagen tot een week meegaan.
- De vaste geluidsmeters worden opgesteld in de publieke ruimte. Een voldoende grote autonomie (bv. 1 week) of een stroomvoorziening (indien beschikbaar), al dan niet met bv. externe PV panelen, is noodzakelijk.
- De meetresolutie, -nauwkeurigheid en -parameters van de geluidsmeters zijn minder van belang. De focus ligt op het subjectief beoordelen van het geluidsklimaat.
- Objectieve hulpsensoren zoals locatie en subjectieve hulpsensoren zoals appreciatie en beleving van het geluid zijn absoluut noodzakelijk.
- Connectie met het VPO-platform, momentane weergave van het geluid, bijkomende sensoren, etc. zijn leuke features maar geen noodzakelijke behoeften.
- De geluidsmeter wordt enkel buiten ingezet: lage niveaus (< 40 dB(A)) moeten niet gemeten worden.
- Connectiviteit met het internet opent wel deuren naar besturing afstand en systeemstatus: batterij-indicatie, start/stop, resterend geheugen, etc.

De vertaling naar de technische vereisten wordt verder gespecificeerd in de tabellen in paragraaf 3.1.

Effectmetingen van openbare aanleg of geluidsisolatie

Doel: Het akoestisch effect van aanpassingswerken in de openbare ruimte of aan de gevel van scholen, kinderdagverblijven, particuliere woningen etc. kan beoordeeld worden aan de hand van geluidsblootstellingsmetingen

Beschrijving: Stad Antwerpen werkte in samenwerking met het agentschap Zorg en Gezondheid een beoordelingskader uit voor de geluidshinder in scholen en kinderdagverblijven. Daarnaast is Stad Antwerpen ook geïnteresseerd in het effect van aanpassingen aan de openbare ruimte op het geluidsklimaat. Stad Gent geeft thermisch en akoestisch advies voor particuliere woningen, met name ter hoogte van drukke "hotspots". De beschikbare geluidsbelastingkaarten zijn vaak te beperkt en worden uitgedrukt met de jaargemiddelde waarde L_{den} , een waarde die onmogelijk de geluidsimpact tijdens bv. een ochtend- avondspits kan beoordelen. Effect- en verschildmetingen kunnen georganiseerd worden om verschillen in geluidsniveau voor, na of tijdens (evolutie) de aanpassingswerken respectievelijk tussen binnen en buiten te begroten. De geluidsmeters worden steeds op een vaste locatie opgesteld. Een week zal vaak voldoende zijn om het effect te kennen. Er dienen niet veel meters simultaan ingezet te worden, een beperkt aantal meters (bv. 2 tot 10 geluidsmeters) zal volstaan voor de meeste projecten.

Output en functionele behoeften:

- De geluidsmeters worden op vaste locaties opgesteld, zowel buiten als binnen in scholen of woningen.
- Binnen zal er stroomvoorziening zijn. Buiten kan een autonome geluidsmeter (batterij) of stroomvoorziening met bv. PV panelen wel een meerwaarde bieden.
- De geluidsmeter wordt zowel binnen als buiten ingezet: lage geluidsniveaus ($< 40 \text{ dB(A)}$) zijn noodzakelijk.
- De gemiddelde geluidsniveaus zijn een prioritaire behoefte. Bijkomend kan een meting of telling van geluidspieken nuttig zijn.
- De meetresolutie- en nauwkeurigheid zijn minder van belang. Men is immers geïnteresseerd in de gemiddelde waarden (meetresolutie) en het verschil in geluidsniveau (nauwkeurigheid).
- Hulpensoren zoals locatiebepaling of bewegingssensoren om stoorgeluiden binnen te filteren zijn niet nodig, maar vormen wel een leuke feature.
- Connectiviteit met het internet opent deuren naar besturing en management op afstand: batterij-indicatie, start/stop status, geheugenstatus, ... maar is eerder een leuke feature.

De vertaling naar de technische vereisten wordt verder gespecificeerd in de tabellen in paragraaf 3.1

Geluidsmonitoring van stiltegebieden

Doel: Een stiltegebied is een kwaliteitslabel dat toegekend wordt wanneer het geluidsniveau L_{den} onder een bepaalde drempelwaarde ligt.

Beschrijving: Stiltegebieden in Vlaanderen ontvangen een certificaat dat 10 jaar geldig is. Om de akoestische kwaliteit van deze gebieden te controleren of te monitoren kunnen geluidsmeters ingezet worden. Tot op heden zijn deze gebieden enkel gelegen in landelijke

omgevingen maar in de toekomst kan dit uitgebreid worden naar meer verstedelijkte omgevingen.

Output en functionele behoeften:

- Er wordt steeds gewerkt met vast geluidsmeters die buiten opgesteld worden. Een voldoende grote autonomie (bv. 1 week) of een stroomvoorziening (indien beschikbaar), al dan niet met bv. externe PV panelen, is noodzakelijk.
- De gemiddelde geluidsniveaus zijn een prioritaire behoefte. Bijkomend kan een meting of telling van geluidspieken nuttig zijn: hoe hoger de meetresolutie en de nauwkeurigheid, hoe betrouwbaarder de metingen.
- Connectie met het VPO-platform, momentane weergave van het geluid, bijkomende sensoren, etc. zijn leuke features maar geen noodzakelijke behoeften.
- De geluidsmeter wordt buiten ingezet maar in tegenstelling tot metingen in een verstedelijkte omgeving kunnen lage geluidsniveaus (< 40 dB(A)) wel voorkomen en nuttig zijn.
- Connectiviteit met het internet opent deuren naar besturing afstand en systeemstatus: batterij-indicatie, start/stop, resterend geheugen, etc. maar zijn eerder leuke features.

De vertaling naar de technische vereisten wordt verder gespecificeerd in de tabellen in paragraaf 3.1

Compliance promotion en gehoorpreventie bij muziekactiviteiten

Doel:

Een persoonlijke geluidsblootstellingsmeter bij muziekactiviteiten kan een indicator of een bewustmakingstool zijn in het kader van compliance promotion en gehoorpreventie.

Beschrijving:

Persoonlijke blootstellingsmeters kunnen ingezet worden op muziekevenementen zoals festivals, trouwfeesten, discotheken, etc. en gekoppeld worden aan specifieke onderzoeksdoeleinden zoals het in kaart brengen van verschillende zones (bv. geluidsluwe zones en zones met (te) hoge geluidsniveaus) op een festival of als preventief middel, met bv. een waarschuwingsapp op de geluidsmeter, tegen tinnitus of andere vormen van gehoorschade. Daarnaast kan een persoonlijke geluidsblootstellingsmeter ook een bewustmakings- of waarschuwingstool zijn voor jongeren. Bij dergelijke metingen zijn het vooral hoge geluidsniveaus, zowel kortstondige als stabiele niveaus en de blootstellingsduur die belangrijk zijn. De locatie van de deelnemer is een belangrijke prioritaire sensor. Ook een hartslagmeter kan een nuttige aanvulling zijn.

Output en functionele behoeften:

- De gebruiksvriendelijkheid, het draagcomfort en de robuustheid van de geluidsmeter staat centraal.
- Het dynamisch bereik is beperkt aangezien we enkel geïnteresseerd zijn in hoge geluidsniveaus tussen 85 dB(A) en bv. 110 dB(A) waarbij de absolute waarde wel belangrijk is.
- Zowel langdurige blootstelling aan een hoog stabiel geluidsniveau als kortstondige blootstelling aan zeer hoge geluidsniveaus kunnen schadelijk zijn. De meetresolutie mag daarom beperkt worden tot 5 s.
- De autonomie van de geluidsmeter mag beperkt zijn tot bv. 24u. De deelnemer zal de geluidsmeter enkel dragen bij evenementen die vaak slechts 2 tot 4u duren.

- Objectieve hulpsensoren zoals locatie zijn absoluut noodzakelijk. Meteo-omstandigheden en appreciatie van geluid zijn mogelijk nuttig.

De vertaling naar de technische vereisten wordt verder gespecificeerd in de tabellen in paragraaf 3.1.

3. Synthese

3.1 Technische vereisten

Onderstaande tabellen vertalen de functionele behoeften van de geluidsblootstellingsmeters naar de technische vereisten. Uit de analyse van de verschillende use cases konden we afleiden dat er globaal genomen nood is aan twee verschillende systemen, al dan niet gecombineerd, om de geluidsblootstelling te meten:

- Persoonlijke en eerder mobiele geluidsblootstellingsmeters die gedragen worden door de deelnemers, en
- Vaste geluidsmeters die op een specifieke locatie opgesteld kunnen worden.

De technische kenmerken worden daarom opgesplitst en geprioriteerd voor beide systemen. Onderstaande tabel geeft de prioriteitschaal weer:

Prioriteit	Beschrijving
1	Absoluut noodzakelijk voor het uit te voeren onderzoek
2	Mogelijk nuttig voor het uit te voeren onderzoek
3	Leuke feature, wie weet komt het later ooit nog van pas in projecten waar we nu nog niet aan gedacht hebben

De cijfers in de eerste kolom verwijzen naar de hoger besproken use cases.

1. Correlatie tussen persoonlijke geluidsblootstelling en effecten op de mens
2. Effect van nachtelijk geluid op slaapritme en bloeddruk
3. Validatie en uitbreiding van geluidsbelastingkaarten
4. Opmaak van geluidsbelevingskaarten in een (rand)stedelijke omgeving
5. Effectmetingen openbare aanleg of geluidsisolatie
6. Geluidsmonitoring van stiltegebieden
7. Compliance promotion en gehoorpreventie bij muziekactiviteiten

3.1.1 Mobiele en persoonlijke geluidsblootstellingsmeters

Use Case	Weging		Parameters			Meetresolutie		Meetbereik		Nauwkeurigheid		Autonomie			Hulpsensoren			Realtime Data Transfer			
	A	C	L _{eq}	L _{max}	# pieken	≤ 1s	≥ 5s	< 40 dB(A)	> 100 dB(A)	1 dB	2 dB	24u	1week	1 maand	Locatie	Hartslag	Bloeddruk	Meteo	Appreciatie	Wifi	Mobiele data
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3.1.2 Vaste geluidsmeters

Use Case	Weging		Parameters			Meetresolutie		Meetbereik		Nauwkeurigheid		Autonomie			Hulpsensoren				Realtime Data Transfer		
	A	C	Leq	Lmax	# pieken	≤ 1s	≥ 5s	< 40 dB(A)	> 100 dB(A)	1 dB	2 dB	24u	1week	1 maand	Locatie	Hartslag	Bloeddruk	Meteo	Appreciatie	Wifi	Mobiele data
2	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Yellow	Blue	Yellow	Yellow
3	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Green	Blue	Green	Yellow
4	Green	Blue	Green	Yellow	Yellow	Green	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Yellow	Blue	Yellow	Yellow
5	Green	Blue	Green	Yellow	Yellow	Green	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Yellow	Blue	Yellow	Yellow
6	Green	Blue	Green	Blue	Yellow	Green	Blue	Blue	Blue	Blue	Green	Green	Green	Yellow	Blue	Blue	Blue	Green	Blue	Yellow	Yellow

3.2 Functionele vereisten

Aan elke use case kunnen een aantal project overschrijdende en een aantal project specifieke functionele behoeften gekoppeld zijn. De project overschrijdende behoeften zijn essentiële kenmerken voor elk van de twee grote types voor geluidsblootstellingsmetingen (zie toelichting paragraaf 2.1). We maken opnieuw een onderscheid tussen de persoonlijke geluidsblootstellingsmeters en vaste geluidsmeters.

3.2.1 Mobiele en persoonlijke geluidsblootstellingsmeters

- Laagdrempelig: de gebruiksvriendelijkheid moet maximaal zijn en de inspanning minimaal.
- Optimaal draagcomfort: kleine geluidsmeters en draadloze microfoons genieten de voorkeur.
- Robuust: voorzien op een lange levensduur.
- Batterijvoeding.
- Stabiël in de tijd: de geluidsmeter moet minstens een week stabiel functioneren. Tussentijdse ijking of systeemcrashes dienen absoluut vermeden te worden.
- Integratie van meerdere objectieve en subjectieve hulpsensoren.
- Custom oplossing met softwarematige uitbreidings- en aanpassingsmogelijkheden.

3.2.2 Vaste geluidsmeters

- Robuust: voorzien op een lange levensduur.
- Meerdere montage mogelijkheden: aan een gevel, op een statief of aan een paal.
- Aan te sluiten op netstroom of een zonnepaneel.
- Stabiël in de tijd: de geluidsmeter moet minstens 2 weken stabiel functioneren. Tussentijdse ijking of systeemcrashes moeten vermeden worden. Technische interventies kunnen echter wel georganiseerd worden indien nodig.
- Basic oplossing met beperkte uitbreidings- en aanpassingsmogelijkheden.

3.3 Data-archivering en Inspire richtlijn

Uit de workshop rond data-archivering en de INSPIRE richtlijn konden we wat betreft de behoeften rond deze richtlijn en de connectie met het toekomstig VPO platform concluderen dat:

- Indien de (ruwe) meetdata opengesteld worden voor derden, kan de Overheid de verplichting opleggen te voldoen aan de INSPIRE richtlijnen. Tot op heden is de behoefte voor het openstellen of publiceren van meetdata niet aan bod gekomen. Er dient echter wel enigszins rekening mee gehouden te worden in het verdere verloop van dit onderzoek. Het al dan niet compatibel zijn met de INSPIRE richtlijn

zal zich pas uiten in de verwerking of eventuele publicatie van de meetdata. De meetdata van bij de bron (sensor) Inspire-compliant maken zou volgens de specialisten bovendien een grote overhead (bv door de omvang van de xml berichten) met zich meebrengen, terwijl het niet strikt nodig is. Belangrijk is om voldoende en correcte metadata bij elke meetcampagne bij te houden, zodat latere interpretatie mogelijk blijft.

- Het toekomstig VPO platform zal gebruik maken van het ThingsBoard IoT platform (open source). Als belangrijkste transportprotocol om te connecteren met het platform wordt geopteerd voor het MQTT protocol. De mogelijkheid tot implementatie (of aanwezigheid) van dit MQTT protocol zal dus een voorwaarde zijn om connectie te maken met het toekomstig VPO platform. Voor onderzoeksprojecten met persoonlijke geluidsblootstellingsmeters is een realtime koppeling met het platform zeker geen must.

3.4 Eco-systeem van indicatoren voor een leefbaar geluidsklimaat

In de syntheseworkshop werd een laatste en bijkomende behoefte gedefinieerd in het kader van een nieuw 'eco-systeem' van indicatoren voor een leefbaar geluidsklimaat, opgemaakt – in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), dienst Milieurapportering (MIRA) - door de Universiteit van Gent (UGent) in samenwerking met betrokkenen.

Het gaat hierbij om het vaststellen van de linken tussen enerzijds gemeten geluidsemissies van wegverkeer (prioritair), spoorverkeer en luchtverkeer (en eventueel andere lokaal belangrijke geluidsbronnen als industrie, burens en recreatie), en anderzijds zowel de objectief gemeten geluidsblootstelling als subjectieve geluidservaring (bv. welzijn/welbevinden, gezondheid, slaapverstoring, etc.) die mee de geluidsimpact bepaalt bij de burger. Zowel geluidsemissies (dichtbij de bron), geluidsimmissies (dichtbij de ontvanger) als de appreciatie van het geluid kunnen indicatoren vormen die op termijn kunnen evolueren tot tijdreeksen (op periodieke/jaarlijkse basis).

De functionele en technische behoeften voor het opstellen van deze indicatorset overlappen deels met een aantal van de hierboven beschreven use cases zoals

- Correlatie tussen persoonlijke geluidsblootstelling en effecten op de mens
- Effect van nachtelijk geluid op slaapritme en bloeddruk
- Validatie en uitbreiding van geluidsbelastingkaarten
- Opmaak van geluidsbelevingskaarten in een (rand)stedelijke omgeving

Concreet vertaalt dit zich in volgende belangrijke technische vereisten die mee opgenomen werden als essentieel (groen) of mogelijk nuttig (oranje) in de tabellen in paragraaf 3.1.1 en 3.1.2:

- C-gewogen geluidsniveaus: belangrijk voor de mobiele en persoonlijke geluidsblootstellingsmeters
- Ondergrens van het meetbereik bedraagt 40 dB(A) of minder voor beide meetsystemen
- Een autonomie van 24 uur voor de persoonlijke geluidsblootstellingsmeters en een autonomie van 1 week voor de vaste geluidsmeters
- Locatiebepaling is belangrijk voor beide meetsystemen
- Appreciatie van het geluid is belangrijk voor de persoonlijke geluidsblootstellingsmeters

Volgende belangrijke technische vereisten werden als leuke feature beschouwd of niet mee opgenomen in de tabellen in paragraaf 3.1.1 en 3.1.2:

- Spectrale informatie: deze behoefte verhoogt de complexiteit en kost van de beschikbare oplossingen voor de use cases beschreven in paragraaf 2 aanzienlijk. In het PIO-traject zal hieraan wel de nodige aandacht besteed worden.
- Hartslag: essentieel voor het opstellen van de indicatorset maar werd niet mee opgenomen in de tabel.
Bloeddruk en ademhaling: mogelijk nuttig voor het opstellen van de indicatorset maar eerder leuke features voor de beoogde use cases beschreven in paragraaf 2.

Marktanalyse

4. Doelstelling Marktanalyse

Volgende paragrafen onderzoeken de aanbodzijde van systemen geschikt voor het meten van persoonlijke geluidsbootstelling in functie van de behoeften binnen het beleidsdomein Omgeving, en bij uitbreiding de afdeling Zorg en Gezondheid, van de Vlaamse Overheid.

De aanbodzijde wordt geanalyseerd met behulp van een uitgebreide desk research. De resultaten van deze desk research worden vervolgens geëvalueerd en getoetst aan de functionele en technische beleidsbehoeften. Een fit-gap analyse geeft voor elk van de onderzochte mogelijke oplossingen een beoordeling van de mogelijke meerwaarde en een olijsting van de vastgestelde tekortkomingen/niet ingevulde behoeften.

5. Beschikbare technologieën

5.1 Inleiding

De beschikbare technologieën kunnen we in aantal voor de hand liggende productsegmenten ingedeeld worden die nauw aanleunen bij de behoeften voor de persoonlijke geluidsblootstellingsmetingen. Enerzijds zijn er de oplossingen met dedicated hardware. Binnen dit segment bevinden zich de klassieke geluids(dosis)meters die hoofdzakelijk ingezet worden in professionele omgevingen waar nauwkeurigheid, robuustheid en betrouwbaarheid centraal staan en gelden als absolute vereiste. Anderzijds is er de opkomst van de smartphones, een sterk groeiende technologie op een platform dat oneindig veel mogelijkheden biedt maar waarvan het toepassingsgebied tot op vandaag, zeker wat betreft geluidsmetingen, eerder beperkt blijft tot consumentenomgevingen.

5.2 Oplossingen met dedicated hardware

- a) **geluidsdosimeters** worden hoofdzakelijk ingezet om de persoonlijke lawaai-blootstelling op de werkplek te meten. Dit gebeurt meestal in industriële werkomgevingen. Onderstaande afbeeldingen geven een aantal voorbeelden van dergelijke types geluidsmeters:



Bron: larsondavis.com



Bron: larsondavis.com



Bron: bkst.com

Aangezien deze types meters gemaakt zijn om lichaamsmetingen uit te voeren, hebben zij een aantal belangrijke voordelen binnen het huidige onderzoek dat focust op persoonlijke geluidsblootstellingsmetingen, maar ook een aantal belangrijke nadelen. Deze meters worden namelijk ontworpen voor een zeer specifiek toepassingsgebied binnen de geluidswereld (lawaai-blootstelling op de werkplek). Onderstaande tabel geeft de belangrijkste voor- en nadelen:

Voordelen

- Robuust
- Stabiel
- Kant-en-klare oplossing
- Hoge nauwkeurigheid conform de vigerende IEC standaarden (minstens 2 dB)

Nadelen

- Beperkt meetbereik (gemaakt voor hoge geluidsbelastingen)
- Beperkte autonomie. Deze toestellen zijn ontworpen om te meten op de arbeidsplaats (+- 8u/dag)

- Vaak opzichtig
- Weinig tot geen uitbreidingsmogelijkheden

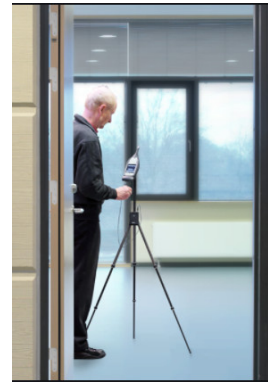
b) De meer conventionele geluidsmeters kennen een breed toepassingsgebied binnen de professionele geluidswereld. Zij zijn ontworpen om in alle soorten omgevingen (industrie, bouw, muziek, laboratoria, ...), zowel in binnen- als buitenomgevingen, te functioneren. Ze kunnen zowel ingezet worden bij bemande (ambulante toepassingen) als onbemande (monitoring toepassingen) metingen en vereisen vaak een hoge nauwkeurigheid en betrouwbaarheid. Onderstaande afbeeldingen geven een aantal voorbeelden van dergelijke types geluidsmeters:



Bron: norsonic.be



Bron: norsonic.be



Bron: bskv.com

Omwille van hun brede inzetbaarheid hebben deze geluidsmeters een aantal belangrijke voordelen binnen dit onderzoek dat focust op persoonlijke geluidsblootstellingsmetingen in de meest uiteenlopende omstandigheden. Deze meters worden niet ontworpen voor lichaamsmetingen waardoor voor de mobiele persoonlijke geluidsblootstellingsmeters een aantal belangrijke nadelen hebben. Voor de vaste geluids(blootstellings)meters echter hebben ze weinig tot geen nadelen, ze zijn hier in principe ook voor gemaakt.

Voordelen

- Stabiel
- Kant-en-klare oplossing
- Zeer hoge nauwkeurigheid (vaak 1 dB)
- Groot dynamisch meetbereik
- Ideaal voor langdurige buitenmetingen
- Vaak compatibel met externe sensoren

Nadelen

- Niet gemaakt voor lichaamsmetingen
- Vaak hogere prijsklasse
- Geen aangepaste maar enkel voorgedefinieerde uitbreidingsmogelijkheden
- Minder robuust
- Groot en zwaar

5.3 Oplossingen met smartphones

Smartphones bieden een laagdrempelige oplossing met enorm veel mogelijkheden die volgens behoefte kunnen aangepast worden. Dit toestel is zo goed als volledig geïntegreerd in onze dagdagelijkse samenleving waardoor het een onzichtbare tool is om persoonlijke geluidsblootstelling te meten.



Bron: acoustics.org

Voordelen

- Onzichtbaar, geïntegreerd in de samenleving
- Flexibel platform met enorm vele mogelijkheden
- Groot aantal sensoren ter beschikking
- Keuze uit een waaier aan connectiviteitsoplossingen zoals wifi, bluetooth, mobiele data, ...
- Combineerbaar met zowel interne als externe microfoons
- Gebruiksvriendelijk



Bron: rode.com

Nadelen

- Ijking mogelijk een probleem
- Nauwkeurigheid is niet gegarandeerd
- Mogelijk instabiel in de tijd
- Weinig tot geen professionele microfoons beschikbaar op de markt
- Hard- en softwarearchitectuur vaak niet gekend en niet geschikt voor professionele signaalverwerking

6. Marktaanbod persoonlijke (mobiele) geluidsblootstellingsmeters

6.1 Inleiding

Ter voorbereiding van de marktanalyse werd een aanvraag tot informatie (RFI) opgesteld en verstuurd naar Belgische verdelers van (geluids)meetapparatuur. Voor elk van de twee types meetsystemen (mobiele en vaste persoonlijke geluids(blootstellings)meters) werd een tabel met basisvereisten en een tabel met optionele vereisten opgesteld. De basiseisen omvatten alle prioritaire technische en functionele kenmerken. De optionele vereisten omvatten alle mogelijk nuttige kenmerken. Beide werden bepaald op basis van de prioritering in de behoeftenanalyse (zie ook paragraaf 3). De verdelers werden aangemoedigd een productvoorstel in te dienen dat voldoet aan alle (of minstens een groot deel van de) basiseisen en waar mogelijk aan te geven welke aanpassingen nodig zijn om te voldoen aan elke optionele eis, al dan niet in de vorm van een alternatief product. Bij zowel het productvoorstel voor de basiseisen als de optionele eisen werd gevraagd een indicatieve prijs mee te geven. Bijlage 1 geeft de volledige aanvraag tot informatie (RFI) weer. Bijlage 3 bevat de ontvangen productvoorstellen.

Volgende verdelers dienden (in willekeurige volgorde) een productvoorstel in voor de vaste geluidsmeters:

- Akron
- Norsonic benelux
- Enmo
- PCB Piezotronics

In onderstaande paragrafen (6.2 en 6.3) wordt een selectie van de ontvangen productvoorstellen besproken die het meest aanleunen bij de beleidsbehoeften voor de mobiele persoonlijke geluidsblootstellingsmeters. Paragraaf 6.4 bespreekt de oplossingen met smartphones.

6.2 Akron – Cesva DC112d



Akron stelt een geluidsdosimeter type Cesva DC122d voor. Dit is een robuuste geluidsmeter ter grootte van een moderne smartphone en dus makkelijk op te bergen in een broek- of jaszak. De microfoon is voorzien van een 1 m lange kabel met clip waardoor deze eenvoudig op de kledij (schouder/oorhoogte) kan bevestigd worden. Het toestel wordt gevoed door een externe 9V batterij. De bediening van het toestel oogt gebruiksvriendelijk en het eerder eenvoudig maar praktisch display draagt bij tot een betere gebruikservaring. Er zijn verder geen hulpsensoren op het toestel aanwezig noch mogelijkheden tot het aansluiten van externe sensoren. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de basisvereisten (prioriteit 1), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 1 in paragraaf 3.1.1.

Basisvereisten (prioriteit 1)	Ja	Nee	Opmerking
Registratie van L_{Aeq}	X		
"Fast" detector	X		
Meetresolutie/logging van minstens 1s	X		
Microfoon, geschikt voor geluidsmetingen op het lichaam	X		
Meetnauwkeurigheid van 2 dB	X		
Meetbereik tussen 20 en 120 dB(A)		X	Ondergrens beperkt tot 35 dB(A)
Autonomie op batterij van minstens 72u, bij voorkeur 1 week		X	Beperkt tot 20u
Voldoende geheugencapaciteit om een week te meten ($L_{Aeq,1s}$)	X		
Locatiebepaling op het toestel		X	
Beperkt in afmetingen om een optimaal draagcomfort te bekomen	X		

Vaststellingen:

- De geluidsmeter voldoet aan het merendeel van de basisvereisten, zeker wat de functionele basiseisen betreft.
- De ondergrens van het meetbereik is beperkt tot 35 dB(A), dit vormt een belangrijke beperking voor binnenmetingen, zeker in de slaapkamer waar het geluidsniveau 's nachts kan zakken tot 20 dB(A) of minder.
- De batterij autonomie is beperkt tot 20u en er kan enkel gewerkt worden met externe 9V batterijen. Het werken met herlaadbare batterijen lijkt ons het meest aangewezen. Dit impliceert dat er steeds een reserve herlaadbare batterij én batterijlader dient voorzien te worden.
- Het ontbreken van de locatiebepaling vormt een belangrijke beperking voor buitenmetingen. Dit kan eventueel opgelost worden met een extern gps toestel (smartphone, wandelgps, ...).

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de optionele vereisten (prioriteit 2), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 2 in paragraaf 3.1.1.

Optionele vereisten (prioriteit 2)	Ja	Nee	Opmerking
C-gewogen geluidsniveaus	(X)		Enkel peak waarden
Registratie van L_{max}	X		
Autonomie op batterij van 1 maand		X	
Interface met externe sensoren zoals een hartslagmeter, regensensor		X	
Interface die toelaat notities te maken (op het toestel of via een app)		X	

Koppeling van de geluidsmeter met smartphone applicatie		X	
Verbinding met wifi en/of mobiele data (sim kaart)		X	

Vaststellingen:

- De geluidsmeter beantwoordt aan weinig vereisten die mogelijk nuttig zijn voor de uit te voeren onderzoeken.
- Er is geen mogelijkheid tot het registreren van C-gewogen geluidsniveaus met uitzondering van de 'peak' waarde. De 'peak' is hoogste waarde van een geluidsdruk golf voor er een tijdsweging (bv. "fast") wordt toegepast. Dit is enkel een zinvolle parameter in het kader van gehoorbescherming.
- De L_{max} -waarde wordt wel geregistreerd. Dit houdt in dat hoge (piek)geluidsniveaus (met een A-weging) ook begroot zullen worden. Dit vormt een meerwaarde ten opzichte van het louter tellen van piekniveaus boven een bepaalde drempelwaarde.
- Er zijn verder geen specificaties die niet vernoemd werden in bovenstaande tabel en mogelijk nuttig zijn voor de uit te voeren onderzoeken.

Voor dit toestel worden in **basis** volgende stukprijzen verwacht:

Prijzetting	Indicatieve prijs excl. BTW
Cesva DC122d	1080 €
2 herlaadbare 9V batterijen	20 €
1 9V batterijlader	25 €
Locatiebepaling:	
- Externe gps	100 €
- Smartphone met gratis app	210 €
- Smartphone van de deelnemer met gratis app	0 €

Daarnaast zijn er nog een aantal kosten verbonden aan het operationeel beheer van de geluidsmeter(s). Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 9.1.

6.3 Norsonic Benelux – Listen Ear



Norsonic benelux stelt een geluidsdosimeter type Listen Ear voor. Dit is een compacte en robuuste geluidsmeter ter grootte van een bankkaart. Het toestel heeft zowel een ingebouwde microfoon als de mogelijkheid om een externe microfoon met (30 cm lange) kabel aan te sluiten zodat deze eenvoudig op de kledij (schouder/oorhoogte) kan bevestigd worden. Het toestel wordt gevoed door een interne herlaadbare batterij die wordt opgeladen met een eenvoudige USB lader. De Listen Ear wordt geleverd met een gratis Android applicatie die toelaat alle parameters weer te geven en het toestel te bedienen. Het display van het toestel zelf is eerder klein maar laat wel toe het geluidsniveau snel visueel weer te geven. Er zijn standaard een aantal hulpsensoren op het toestel aanwezig: temperatuur, relatieve vochtigheid en beweging. Optioneel kan het toestel ook uitgerust worden met een luchtkwaliteit sensor (TVOC) en een sensor voor fijnstof metingen. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de basisvereisten (prioriteit 1), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 1 in paragraaf 3.1.1.

Basisvereisten (prioriteit 1)	Ja	Nee	Opmerking
Registratie van L_{Aeq}	X		
"Fast" detector	X		
Meetresolutie/logging van minstens 1s	X		

Microfoon, geschikt voor geluidsmetingen op het lichaam	X		30 cm kabel
Meetnauwkeurigheid van 2 dB	X		
Meetbereik tussen 20 en 120 dB(A)	X		
Autonomie op batterij van minstens 72u, bij voorkeur 1 week	X		
Voldoende geheugencapaciteit om een week te meten ($L_{Aeq,1s}$)	X		
Locatiebepaling op het toestel	(X)		Locatiebepaling op smartphone met bijhorende applicatie
Beperkt in afmetingen om een optimaal draagcomfort te bekomen	X		

Vaststellingen:

- De geluidsmeter voldoet aan zo goed als alle technische en functionele basisvereisten.
- Er is geen locatiebepaling op het toestel zelf. Norsonic benelux geeft echter aan dat locatiebepaling kosteloos kan geïmplementeerd worden in de bijhorende applicatie.
- De externe microfoon beschikt over een 30 cm lange kabel. Norsonic benelux geeft aan dat een langere microfoonkabel mogelijk is zonder meerkost.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de optionele vereisten (prioriteit 2), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 2 in paragraaf 3.1.1.

Optionele vereisten (prioriteit 2)	Ja	Nee	Opmerking
C-gewogen geluidsniveaus	X		
Registratie van L_{max}	X		
Autonomie op batterij van 1 maand	(X)		Haalbaar met tussentijds opladen van de interne batterij
Interface met externe sensoren zoals een hartslagmeter, regensensor		X	
Interface die toelaat notities te maken (op het toestel of via een app)	(X)		Kan eenvoudig voorzien worden in de mobiele Android applicatie
Koppeling van de geluidsmeter met smartphone applicatie	X		
Verbinding met wifi en/of mobiele data (sim kaart)	(X)		Kan toegevoegd worden via de smartphone

Vaststellingen:

- De geluidsmeter beantwoordt aan heel wat vereisten die mogelijk nuttig zijn voor de uit te voeren onderzoeken.
- De interface (via bluetooth) van de geluidsmeter met een smartphone applicatie biedt heel wat mogelijkheden. Norsonic benelux geeft echter aan toevoegingen zoals de mogelijkheid om notities te maken en verbinding met mobiele data kosteloos te kunnen integreren in de applicatie.
- De geluidsmeter is uitgerust met een aantal sensoren die mogelijk een leuke feature vormen voor bepaalde types onderzoeken: temperatuur, relatieve vochtigheid, beweging en optioneel luchtkwaliteit (TVOC). Momenteel zijn ontwikkelingen lopende om ook fijnstof PM10 en PM2,5 te meten. Deze sensoren zijn enkel nuttig wanneer ook het toestel zelf (naast de externe microfoon) op het lichaam bevestigd wordt. De kwaliteit van deze sensoren kan desgevallend ook beoordeeld worden door de Vlaamse Milieumaatschappij.
- De geluidsmeter is verder ook uitgerust met een systeem voor herkenning en verwijdering van stoorgeluiden bij het aanraken van de microfoon. Een leuke feature die de correctheid van de metingen verhoogt.

Voor dit toestel worden in **basis** volgende stukprijzen verwacht:

Prijzetting	Indicatieve prijs excl. BTW
Listen Ear en externe microfoon	522 €
Gebruik van de gratis applicatie:	

- Aankoop smartphone	250 €
- Smartphone van de deelnemer*	0 €

*enkel mogelijk indien de deelnemer over een Android smartphone beschikt

Extra sensoren zoals registratie van TVOC of fijnstof betekenen een meerkost. Daarnaast zijn er nog een aantal kosten verbonden aan het operationeel beheer van de geluidsmeter(s). Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 9.1.

6.4 Smartphone oplossingen

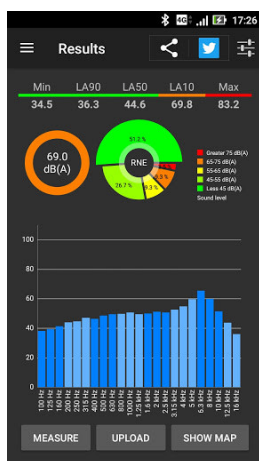
6.4.1 Desk-research beschikbare applicaties

Er zijn reeds heel wat smartphone applicaties op de markt die geschikt zijn om geluid te meten, van eenvoudige applicaties die enkel het geluidsniveau weergeven tot applicaties met zeer uitgebreide functionaliteiten zoals logging van geluidsniveaus, spectrale analyse, geolokalisatie, etc. In het kader van de beoogde onderzoeksprojecten proberen we ons te beperken tot die applicaties die reeds voorzien zijn van een uitgebreide set functionaliteiten. Dit zijn veelal applicaties geschikt voor 'community based noise mapping'. Een concept waarbij gebruikers hun geluidservaringen meten en delen met een 'community' zodat snel een heel gevarieerde en uitgebreide dataset wordt aangemaakt die dan gebruikt kan worden voor tal van doeleinden zoals bv. het karteren van luide en geluidsluwe zones in steden.

Bij de evaluatie van de applicaties wordt in de mate van het mogelijke rekening gehouden met de mogelijkheden om de applicatie verder te ontwikkelen/aan te passen aan de beleidsbehoeften. Dit noemt men 'open source' applicaties waarbij iedereen de kans heeft om de broncode te downloaden en aan te passen/verder te ontwikkelen naar wens. De basiscode werd niet ontwikkeld door een fabrikant maar door een community van verschillende ontwikkelaars die ervoor zorgt dat de applicatie up-to-date blijft en naar behoren blijft werken. Het tegenovergestelde van 'open source' zijn 'closed source' applicaties. Hierbij koopt men een (eenmalige of tijdelijke) licentie voor het gebruik van de applicatie en is de ontwikkelaar/fabrikant verantwoordelijk voor de werking van de applicatie (ook in de toekomst). Uitbreidingen of aanpassingen van een bestaande 'closed source' applicatie kunnen mogelijk wel maar uiteraard steeds in overleg met de fabrikant en vaak ook tegen een meerkost.

Onderstaand worden een aantal applicaties besproken die het meest interessant bevonden werden en vervolgens getest werden in het kader van de behoeften voor persoonlijke geluidsblootstellingsmetingen.

Noise Capture (Android)



- Gratis (community based) noise mapping voor android platformen
- Open source dus code beschikbaar voor verdere ontwikkeling
- Gelinkt aan een open database (ODbL licentie) en gratis te downloaden via de website
- Uitgebreide weergave- en analysemogelijkheden (A-weging, percentiel-waarden, tertsbanden, spectrogram)
- Ingebouwde interface voor gebruik van gps (geomapping)
- Exporteren van $L_{Aeq,1s}$ mogelijk en $L_{eq,1s}$ in de tertsbanden tussen 100 Hz en 16 kHz mogelijk
- Mogelijkheid tot notities maken over de appreciatie van de geluidsregistratie

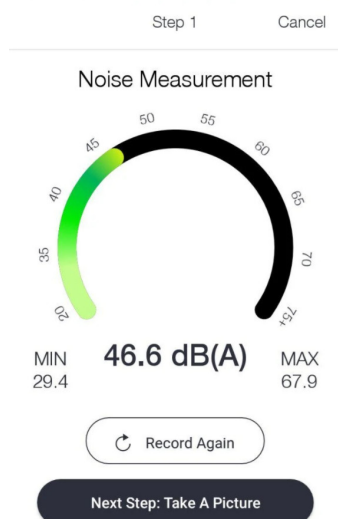
- Manuele calibratie in de app (stappen van 0,1 dB)

Noisetube (Android)



- Gratis (community based) noise mapping applicatie voor android platformen. Er werd wel gewerkt aan een iOS versie. Open source dus code beschikbaar voor verdere ontwikkeling
- Ontwikkeld door de vrije Universiteit van Brussel (VUB)
- Verouderd (laatste update 2015)
- Logging van $L_{Aeq,1s}$
- Exporteren van meetdata enkel naar Noisetube server, voor zover duidelijk geen toegang tot deze data
- Geen calibratie in de app
- Mogelijkheid tot notities maken

Hush City (Android en iOS)



- Gratis (community based) noise mapping voor android en iOS platformen
- Closed source dus voor zover duidelijk geen code beschikbaar
- Ontwikkeld door de Technische Universiteit van Berlijn (TU Berlijn) in het kader van projecten "Beyond the Noise: Open Source Soundscapes" en "hush City Mobile Lab"
- Gelinkt aan een gesloten database in eigendom van de TU Berlijn
- Enkel weergave van L_{Aeq} over de meetperiode (meetduur beperkt tot 30 s)
- Exporteren van data niet mogelijk
- Geen calibratie mogelijk in de app
- Mogelijkheid tot notities maken

Noisetracker (Android)



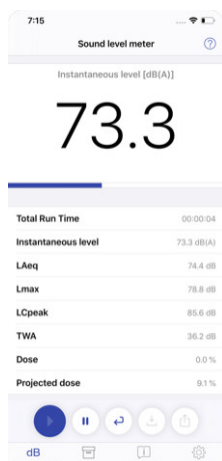
- Gratis applicatie om geluid te monitoren en vervolgens op te slaan. Voornamelijk om de bewustmaking rond alle soorten geluidshinder te stimuleren.
- Ontwikkeld door CSIR - National Environmental Engineering Research Institute (NEERI) in Nagpur, Indië
- Closed Source
- Weergave van $L_{Aeq,1s}$, L_{max} en L_{min}
- Exporteren beperkt tot gemiddeld niveau over de hele meetperiode. Geen export van meetwaarden per seconde.
- Geen calibratie mogelijk in de app

Decibel x (pro) app (Android)



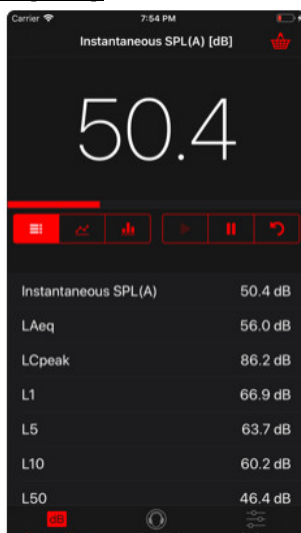
- Geluidsmeter applicatie voor android en iOS, zowel een gratis als betalende (pro) versie beschikbaar.
- Ontwikkeld door Skypaw, een appontwikkelaar uit Vietnam
- Closed source
- Uitgebreide weergavemogelijkheden (A-weging, percentiel-waarden, tertsbanden, spectrogram)
- Exporteren van geluidsniveau per 200 ms mogelijk. De Pro versie is vereist voor uitgebreide functionaliteiten zoals het exporteren van grote datasets, toepassen van meerdere wegingsfilters (A- en C-weging) en advertentievrij gebruik
- Geen interface voor gebruik van gps
- Manuele calibratie in de app (stappen van 1 dB)

NIOSH sound level meter (iOS)



- Gratis geluidsmeter applicatie voor iOS platformen.
- Ontwikkeld door NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) in de VS
- Closed Source
- Registratie van de gangbare parameters bij geluidsdosismetingen zoals L_{Aeq}, L_{max}
- Exporteren beperkt tot gemiddeld L_{Aeq}-niveau over de hele meetperiode. Geen export van meetwaarden per seconde.
- Geen interface voor gebruik van gps
- Automatische calibratie in de app

NoiSee (iOS)



- Betalende geluidsmeter applicatie voor iOS platformen
- Ontwikkeld door EA Lab, een team van Sloveense ingenieurs dat later ook meewerkte aan de NIOSH applicatie (zie hierboven)
- Closed Source
- Registratie van de gangbare parameters bij geluidsdosismetingen zoals L_{Aeq} en L_{Cpeak}
- Exporteren van data beperkt tot gemiddeld L_{Aeq}-niveau over de hele meetperiode. Geen export van meetwaarden per seconde.
- Geen interface voor gebruik van gps
- Automatische calibratie in de app

6.4.2 Evaluatie van de applicaties

De applicaties (besproken in voorgaande paragraaf 6.4.1) die als meest belovend uit de testen rolden, worden geëvalueerd in functie van de basisvereisten (prioriteit 1) en optionele vereisten (prioriteit 2) voor de persoonlijke geluidsblootstellingsmeters, zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 1 en 2 in paragraaf 3.1.1. Bijkomend worden ook een aantal extra kenmerken toegevoegd die een meerwaarde vormen naar inzetbaarheid en toekomstige ontwikkelingen:

- Cross platform: de applicatie functioneert zowel op Android als op iOS platformen
- Open Source: de broncode is vrij te gebruiken voor verdere ontwikkelingen

Basisvereisten (prioriteit 1)	Noise Capture	Decibel X Pro	NIOSH
Registratie van L_{Aeq}	X	X	X
"Fast" tijdsweging	(X)	X	X
Mogelijkheid tot exporteren van L_{Aeq} -waarden per 1 s	X	X	-
Optionele vereisten (prioriteit 2)			
Registratie van C-gewogen geluidsniveaus	-	X	(X)
Registratie van L_{max}	X	X	X
Interface voor locatiebepaling	X	-	-
Interface die toelaat notities te maken	X	-	-
Andere kenmerken			
Cross platform	-	X	-
Open Source	X	-	-

Vaststellingen:

- Met alle applicaties kan een L_{Aeq} -waarde gemeten worden.
- Een snelle (fast) tijdsweging is mogelijk in de Decibel X Pro en NIOSH app. In de Noise Capture app wordt de tijdsweging niet opgegeven. Het geluidsniveau fluctueert echter zeer snel bij de momentane weergave waardoor het wellicht niet om een trage (slow) tijdsweging gaat. Bij een trage (slow) tijdsweging wordt een integratietijd van 1 s gebruikt en kan het momentaan geluidsniveau niet zo snel fluctueren, in tegenstelling tot de 125 ms integratietijd bij een snelle (fast) tijdsweging.
- Enkel de Noise Capture applicatie is reeds voorzien van een interface met de ingebouwde gps van de smartphone. In tegenstelling tot de oplossingen met dedicated hardware kunnen we bij de toepassingen met smartphones steeds gebruik maken van de ingebouwde gps. Locatiebepaling in de applicatie zelf is dus eerder nuttig dan noodzakelijk bij de evaluatie van de applicaties.
- Zowel de Decibel Pro X als de NIOSH kunnen C-gewogen geluidsniveau weergeven. In de NIOSH applicatie is dit echter beperkt tot de L_{Cpeak} -waarde, een typische parameter bij de evaluatie van lawaai op de arbeidsplaats en niet vermoedelijk niet nuttig voor de beoogde onderzoeksprojecten.
- De Noise Capture heeft een functie om een foto, notitie en de appreciatie (op basis van enkele sleutelwoorden) van het geregistreerde geluidsniveau mee te geven na afloop van de meting. Bij de Decibel X Pro en NIOSH applicaties is er geen ingebouwde functie.
- De Noise Capture app is een open source applicatie voor Android platformen. Bijkomende ontwikkelingen in de Decibel X Pro en de NIOSH app (closed source) moeten in overleg met de ontwikkelaar/fabrikant gebeuren.
- De Noise Capture en NIOSH functioneren op slechts 1 platform. De decibel X Pro app functioneert zowel op het Android als iOS platform.

6.4.3 Microfoons

Een geschikte microfoon voor akoestische metingen met een smartphone moet voldoen aan een aantal belangrijke voorwaarden. In onderstaande paragrafen worden de belangrijkste voorwaarden toegelicht.

Interne of externe microfoons

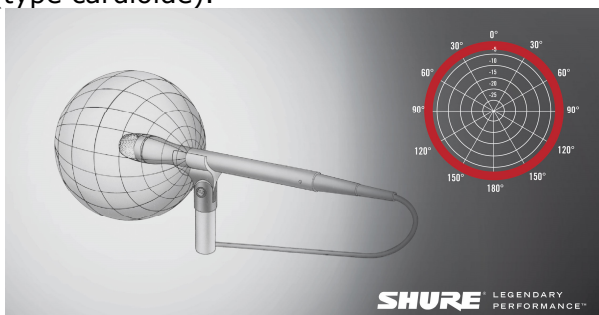
Er wordt geen gebruik gemaakt van de interne microfoon in een smartphone. Het calibreren van een interne microfoon met een professionele akoestische calibrator is immers niet mogelijk. Daarnaast kan men met een interne microfoon ook niet meten op oorhoogte (tenzij de smartphone aan de schouder bevestigd wordt).

Bedrade of draadloze microfoons

Een draadloze microfoon kan het gebruiksgemak en draagcomfort van de geluidsmeter enorm vergroten. Het gebruik van draadloze microfoons bij akoestische meetapparatuur is technisch immers zeer moeilijk. De gangbare externe microfoons die gebruikt worden voor smartphone toepassingen (vaak in de vorm van een headset) maken gebruik van 'companding' technieken om het digitaal signaal te versturen. Dit is een samengestelde term van 'compressie' en 'expansie' van het digitaal signaal. Compressie is nodig omdat het bronsignaal een (te) groot dynamisch bereik heeft dat niet draadloos kan verstuurd worden. Bij ontvangst is er bijgevolg een expansie nodig om het signaal terug te converteren naar het bronsignaal. Daarnaast zullen er bij het draadloos verzenden van het signaal 2 extra 'analoog-digitaal' conversies nodig zijn. Het analoge meetsignaal wordt immers eerst gedigitaliseerd, vervolgens verstuurd, en bij de ontvanger terug omgezet naar een analog signaal dat vervolgens door de smartphone terug gedigitaliseerd wordt voor verwerking door de smartphone/applicatie. Deze companding en ADC (analoog-digitaal conversie) technieken zouden leiden tot te veel digitale artefacten (verlies van informatie, vertragingen, ...) om voldoende betrouwbare meetresultaten te bekomen. Er bestaan wel draadloze microfoons die geen gebruik maken van deze 'companding' techniek. Deze zijn echter niet geschikt voor gebruik met smartphones (connector, afmetingen, ...) en zeer duur in vergelijking met de bedrade microfoons voor smartphones.

Omnidirectioneel of directioneel

We meten enkel met omnidirectionele microfoons. De microfoon moet het geluidsniveau in alle richtingen even sterk kunnen meten. Andere directiviteitspatronen zijn technisch mogelijk maar niet wenselijk voor het beoogd type onderzoeksprojecten. Onderstaande afbeeldingen (bron: shure.eu) illustreren aan de hand van een 3D beeld en een polair diagram het verschil tussen een omnidirectioneel patroon en een directioneel patroon (type cardioïde).



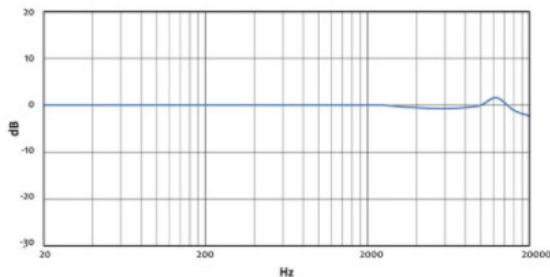
Omnidirectioneel patroon



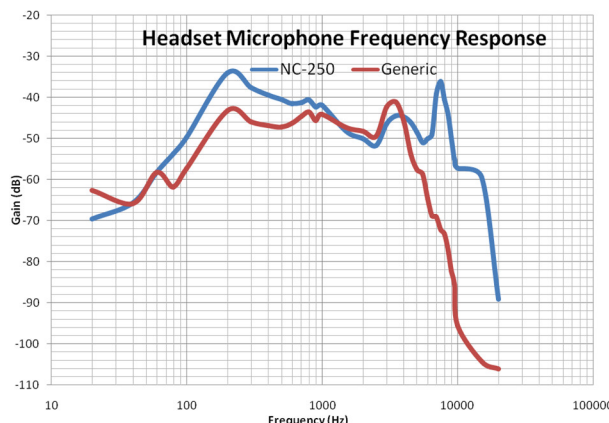
Directioneel patroon type 'cardioïde'

Frequentiebereik en -respons

De frequentiebereik van de microfoons is bij voorkeur zo groot mogelijk in het hoorbare frequentiegebied (20 Hz- 20 kHz). De gangbare microfoons die gebruikt worden voor smartphone toepassingen zijn ontworpen om spraaksignalen door te geven. Lage frequenties en zeer hoge frequenties zijn in spraaktoepassingen eerder storend en bevatten geen nuttige informatie. Ze worden vaak door de microfoon zelf gefilterd waardoor de signaal-ruisverhouding sterk vermindert in deze frequentiegebieden. Een meetmicrofoon heeft een zo vlak/neutraal mogelijke respons zodat alle frequenties even goed geregistreerd worden.



Vlakke frequentierespons van een meetmicrofoon (bron:micwaudio.com)



Gefilterde frequentierespons van een spraakmicrofoon (bron: learningaboutelectronics.com)

Aansluiting

Aangezien de meeste smartphones voorzien zijn van een analoge koptelefoonuitgang geschikt voor een 3,5 mm jack plug, moet de microfoon ook uitgerust zijn met dit type connector. De microfoon zal immers in de koptelefoonuitgang (al dan niet met verlengkabel en/of splitter) geprikt worden. Op sommige smartphones is geen analoge jack connector meer aanwezig en worden andere types connectors gebruikt als alternatief (Apple lightning of usb-C). De fabrikanten van meetmicrofoons voor smartphones bieden daarvoor vaak alternatieven aan met deze connector of een adaptor.

Onderstaand wordt een selectie van microfoons besproken die het meest aanleunen bij de beleidsbehoeften voor de persoonlijke geluidsblootstellingsmeters.

Dayton audio iMM6



De Dayton Audio iMM6 is een omnidirectionele en voorgecalibreerde meetmicrofoon met vlakke frequentierespons (18 Hz – 20 kHz). De microfoon wordt geleverd met een calibratiebestand dat kan ingeladen worden in de smartphone applicatie (indien de applicatie dit voorziet). De diameter van de microfoon bedraagt 6,3 mm (0,25 inch) en is daarom geschikt voor gebruik met een gangbare akoestische calibrator. De microfoon wordt standaard voorzien van een splitter zodat de koptelefoonuitgang nog gebruikt kan worden. De microfoon is nog niet voorzien van accessoires (clip, verlengkabel, windbol) om op het lichaam te bevestigen.

Richtprijs: 20 € + extra benodigheden zoals een windbol, verlengkabel en bevestigingsclip (+- 20 €)

MicW i436



De MicW i436 is een omnidirectionele en voorgecalibreerde meetmicrofoon met vlakke frequentierespons (20 Hz – 20 kHz). De microfoon voldoet aan de voorwaarden gespecificeerd in de IEC 61672 norm voor klasse 2 geluidsmeters. In principe moet heel de meetketen voldoen aan deze norm om een klasse 2 nauwkeurigheid te bekomen. Ondanks deze kanttekening toont dit wel aan dat de microfoon voldoende betrouwbaar zou kunnen zijn om akoestische metingen uit te voeren. De diameter van de microfoon bedraagt 6,3 mm (0,25 inch) en is daarom geschikt voor gebruik met een gangbare akoestische calibrator. De microfoon kan apart of in een kit geleverd

worden, voorzien van een verlengkabel, splitter, windbol en clip.

Richtprijs : 80 € (kit)

MiniDSP PMIK-1



De MiniDSP PMIK-1 is een omnidirectionele en voorgecalibreerde meetmicrofoon met vlakke frequentierespons (20 Hz – 20 kHz). De microfoon wordt geleverd met een calibratiebestand dat kan ingeladen worden in de smartphone applicatie (indien de applicatie dit voorziet). De diameter van de microfoon bedraagt 13,2 en is daarom minder geschikt voor gebruik met een gangbare akoestische calibrator. De microfoon wordt geleverd zonder verlengkabel, clip of windbol.

Richtprijs: 65 € + extra benodigdheden zoals windbol, verlengkabel en bevestigingsclip (+- 20 €)

6.4.4 Ijking, nauwkeurigheid en meetbereik

De voorbije jaren werden er reeds enkele studies uitgevoerd die aantoonen dat een meetopstelling met smartphone, applicatie en externe microfoon kan voldoen aan de klasse 2 voorwaarden volgens de IEC 61672-2 standaard (2 dB meetnauwkeurigheid). Ook vergelijkende studies tussen verschillende applicaties, platformen en meetmicrofoons gaven aan dat er accurate meetresultaten kunnen bekomen worden met smartphone oplossingen. Algemeen geeft men de voorkeur aan Apple toestellen om de eenvoudige reden dat men steeds kan rekenen op dezelfde audio architectuur, hetzelfde platform (iOS) en dezelfde hardware. De markt voor de Android toestellen is groter maar veel gefragmenteerder omwille van de vele fabrikanten, andere audioverwerkingsmethoden, verschillende chipsets etc.

Omdat er geen zekerheid bestaat op nauwkeurige resultaten (2 dB), ijkingsmogelijkheden (met een klassieke calibrator) en het meetbereik werden drie potentiële applicaties getest en vergeleken met een gecalibreerde referentiegeluidsmeter klasse 1 van het type Norsonic 140 met een meetnauwkeurigheid van 1 dB.

- Meetopstelling 1: Android toestel (Honor 8x) + Decibel x app + MicW i436 microfoon
- Meetopstelling 2: Android toestel (Honor 8x) + NoiseCapture app + MicW i436 microfoon
- Meetopstelling 3: iOS toestel (Apple Ipad Air 3e generatie) + NIOSH app + MicW i436 microfoon

Calibratie

1. De Decibel x app laat een manuele calibratie per stap van 1 dB toe. Een kleine aanpassing van 2 dB was nodig om een correcte calibratie te bekomen. Merk op dat er steeds in stappen van 1 dB moet gecalibreerd worden. De nauwkeurigheid zal dus reeds met 0,5 dB (maximaal) verminderen.
2. De Noise Capture app laat een manuele calibratie per stap van 0,1 dB toe. Ook hier was een kleine correctie van 2 dB nodig om een correcte ijking te bekomen.
3. De NIOSH app kan zowel manueel als automatisch gecalibreerd worden. Via de automatische calibratiefunctie bleek dat er een correctie van slechts 0,6 dB nodig was.

Nauwkeurigheid

Om de nauwkeurigheid te testen werd een witte ruis afgespeeld met een geluidsniveau van +- 60 dB(A).

1. De Decibel X app bleek na ijking 2 à 3 dB(Z) (A-weging enkel in de betalende versie) af te wijken van de referentiegeluidsmeter. Verder onderzoek is nodig om de oorzaak van deze afwijking te vinden.
2. De Noise Capture app bleek na ijking minder dan 1 dB(A) af te wijken van de referentiegeluidsmeter.
3. De NIOSH geluidsmeter app bleek na ijking iets meer dan 1 dB(A) af te wijken van de referentiegeluidsmeter.

Ondergrens meetbereik

Om het meetbereik van de meetopstellingen te testen werd een geluidsmeting uitgevoerd in een zeer stille ruimte met een achtergrondgeluid < 20 dB(A).

1. De Decibel x app gaf bij een achtergrondgeluid van minder dan 37 dB(Z) of minder dan 17 dB(A), de ondergrens van het referentietoestel, een geluidsniveau van +- 42 dB(Z) aan. Dit impliceert dat de ondergrens van de Decibel X applicatie schommelt rond 22 dB(A). De website van de ontwikkelaar echter geeft een ondergrens van 30 dB(A) aan.
2. De Noise Capture app gaf bij een achtergrondgeluid van minder dan 17 dB(A), de ondergrens van het referentietoestel, een geluidsniveau van +- 39 dB(A) aan. Dit impliceert dat de ondergrens van de Noise Capture applicatie vermoedelijk schommelt rond 40 dB(A).
3. De NIOSH app gaf bij een achtergrondgeluid van minder dan 17 dB(A), de ondergrens van het referentietoestel, een geluidsniveau van +- 31 dB(A) aan. Dit impliceert dat de ondergrens van de NIOS applicatie vermoedelijk schommelt rond 30 dB(A).

6.4.5 Combinatie 1: Android smartphone + Noise Capture + microfoon

In bovenstaande paragrafen (6.4.1, 6.4.2 en 6.4.3) werden een aantal applicaties en microfoons geëvalueerd. Twee essentiële onderdelen die in combinatie met een smartphone tot volwaardige persoonlijke geluidsblootstellingsmeter kunnen omgevormd worden. Onderstaande tabel geeft, analoog aan de oplossingen met dedicated hardware, voor de combinatie met de Noise Capture app een overzicht van de conformiteit met de basisvereisten (prioriteit 1), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 1 in paragraaf 3.1.1.

Basisvereisten (prioriteit 1)	Ja	Nee	Opmerking
Registratie van L_{Aeq}	X		
"Fast" detector	(X)		Zie toelichting paragraaf 6.4.2
Meetresolutie/logging van minstens 1s	X		
Microfoon, geschikt voor geluidsmetingen op het lichaam	X		
Meetnauwkeurigheid van 2 dB	(X)		Zie toelichting paragraaf 6.4.4
Meetbereik tussen 20 en 120 dB(A)		X	Ondergrens in de applicatie beperkt tot 40 dB(A)
Autonomie op batterij van minstens 72u, bij voorkeur 1 week	X		
Voldoende geheugencapaciteit om een week te meten ($L_{Aeq,1s}$)	X		
Locatiebepaling op het toestel	X		
Beperkt in afmetingen om een optimaal draagcomfort te bekomen	X		

Vaststellingen:

- Deze samengestelde geluidsmeter voldoet aan zo goed als alle basisvereisten.
- De ondergrens van het meetbereik in de Noise Capture applicatie is beperkt tot 40 dB(A), dit vormt een belangrijke beperking voor binnenmetingen, zeker in de slaapkamer waar het geluidsniveau 's nachts kan zakken tot 20 dB(A) of minder. Mogelijk kan dit softwarematig opgelost worden.
- Eerder uitgevoerde studies en een eerste indicatieve test toonden aan dat de Noise Capture applicatie + MicW i436 microfoon voldoende nauwkeurig kan zijn (zie paragraaf 6.4.4)

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de optionele vereisten (prioriteit 2), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 2 in paragraaf 3.1.1.

Optionele vereisten (prioriteit 2)	Ja	Nee	Opmerking
C-gewogen geluidsniveaus		X	
Registratie van L_{max}	X		
Autonomie op batterij van 1 maand	(X)		Wel met externe batterij(en) of voedingsadapter
Interface met externe sensoren zoals een hartslagmeter, regensensor	X		
Interface die toelaat notities te maken (op het toestel of via een app)	X		
Koppeling van de geluidsmeter met smartphone applicatie	X		
Verbinding met wifi en/of mobiele data (sim kaart)	X		

Vaststellingen:

- De geluidsmeter beantwoordt aan het merendeel van de vereisten die mogelijk nuttig zijn voor de uit te voeren onderzoeken.
- Een C-wegingsfilter werd nog niet voorzien in de Noise Capture applicatie. Mogelijk kan dit wel softwarematig geïmplementeerd worden.
- Een smartphone heeft ingebouwde sensoren en laat toe verschillende externe sensoren te koppelen via bluetooth.
- Een wifi en/of 4G verbinding is voorzien op elke smartphone.

Voor deze combinatie worden in **basis** volgende stukprijzen verwacht:

Prijszetting	Indicatieve prijs excl. BTW
Noise Capture applicatie	0 €
MicW i436 microfoon kit	80 €
Aanpassing meetbereik Noise Capture applicatie	?
Android Smartphone*	250 €

* Voor bepaalde types onderzoeken kan mogelijk de smartphone van de deelnemer gebruikt worden. Aangezien de Noise Capture applicatie enkel gemaakt is voor Android platformen wordt er voorgesteld een smartphone aan te kopen zodat de geluidsmeter maximaal inzetbaar is.

In de prijszetting dienen nog een aantal kosten verbonden aan het operationeel beheer van de geluidsmeter(s) ingerekend te worden. Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 9.1.

6.4.6 Combinatie 2: Android/iOS smartphone + Decibel X pro + microfoon

In bovenstaande paragrafen (6.4.1, 6.4.2 en 6.4.3) werden een aantal applicaties en microfoons geëvalueerd. Twee essentiële onderdelen die in combinatie met een smartphone als een volwaardige persoonlijke geluidsblootstellingsmeter kunnen functioneren. Onderstaande tabel geeft, analoog aan de oplossingen met dedicated hardware, voor de combinatie met de Decibel X pro app een overzicht van de conformiteit met de basisvereisten (prioriteit 1), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 1 in paragraaf 3.1.1.

Basisvereisten (prioriteit 1)	Ja	Nee	Opmerking
Registratie van L_{Aeq}	X		
"Fast" detector	X		
Meetresolutie/logging van minstens 1s	X		
Microfoon, geschikt voor geluidsmetingen op het lichaam	X		
Meetnauwkeurigheid van 2 dB	(X)		Zie toelichting paragraaf 6.4.4
Meetbereik tussen 20 en 120 dB(A)	(X)		Volgens de fabrikant 30 dB(A), volgens een eerste indicatieve test 22 dB(A) (zie toelichting paragraaf 6.4.4)

Autonomie op batterij van minstens 72u, bij voorkeur 1 week	X		
Voldoende geheugencapaciteit om een week te meten ($L_{Aeq,1s}$)	X		
Locatiebepaling op het toestel	(X)		Geen interface in de applicatie
Beperkt in afmetingen om een optimaal draagcomfort te bekomen	X		

Vaststellingen:

- Deze samengestelde geluidsmeter voldoet aan zo goed als alle basisvereisten.
- Eerder uitgevoerde studies en een eerste indicatieve test toonden aan dat de Noise Capture applicatie + MicW i436 microfoon voldoende nauwkeurig kan zijn (zie paragraaf 6.4.4)
- De ondergrens van het meetbereik in de Decibel X applicatie is volgens de fabrikant beperkt tot 30 dB(A). Een eerste indicatieve test toonde echter aan dat de applicatie ook meet tot 22 dB(A) (zie paragraaf 6.4.4). Verder onderzoek of overleg met de fabrikant is nodig om deze ondergrens te bepalen. Mogelijk kan dit softwarematig opgelost worden.
- Er is geen ingebouwde locatiebepaling in de Decibel X Pro applicatie. Mogelijk kan dit in samenspraak met de ontwikkelaar/fabrikant geïmplementeerd worden of kan er gebruik gemaakt worden van een gps applicatie.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de optionele vereisten (prioriteit 2), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 2 in paragraaf 3.1.1.

Optionele vereisten (prioriteit 2)	Ja	Nee	Opmerking
C-gewogen geluidsniveaus	X		
Registratie van L_{max}	X		
Autonomie op batterij van 1 maand	(X)		Wel met externe batterij(en) of voedingsadaptor
Interface met externe sensoren zoals een hartslagmeter, regensensor	X		
Interface die toelaat notities te maken (op het toestel of via een app)	X		
Koppeling van de geluidsmeter met smartphone applicatie	X		
Verbinding met wifi en/of mobiele data (sim kaart)	X		

Vaststellingen:

- De geluidsmeter beantwoordt aan het merendeel van de vereisten die mogelijk nuttig zijn voor de uit te voeren onderzoeken.
- Een smartphone heeft ingebouwde sensoren en laat toe verschillende externe sensoren te koppelen via bluetooth.
- Een wifi en/of 4G verbinding is voorzien op elke smartphone.

Voor deze combinatie worden in **basis** volgende stukprijzen verwacht:

Prijzetting	Indicatieve prijs excl. BTW
Decibel X pro applicatie	6,5 €*
MicW i436 microfoon kit	80 €
Smartphone	
- Android	250 €
- iOS	390 €
- smartphone van de deelnemer*	6,5 €/licentie*

*Voor bepaalde types onderzoeken kan mogelijk de smartphone van de deelnemer gebruikt worden. De applicatie Decibel X pro is beschikbaar voor zowel Android als iOS platformen. Deze app is echter wel betalend, dus voor elke unieke deelnemer dient een licentie aangekocht te worden.

In de prijszetting dienen nog een aantal kosten verbonden aan het operationeel beheer van de geluidsmeter(s) ingerekend te worden. Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 9.1.

6.4.7 Combinatie 3: iOS smartphone + NIOSH app + microfoon

In bovenstaande paragrafen (6.4.1, 6.4.2 en 6.4.3) werden een aantal applicaties en microfoons geëvalueerd. Twee essentiële onderdelen die in combinatie met een smartphone als een volwaardige persoonlijke geluidsblootstellingsmeter kunnen functioneren. Onderstaande tabel geeft, analoog aan de oplossingen met dedicated hardware, voor de combinatie met de NIOSH app een overzicht van de conformiteit met de basisvereisten (prioriteit 1), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 1 in paragraaf 3.1.1.

Basisvereisten (prioriteit 1)	Ja	Nee	Opmerking
Registratie van L_{Aeq}	X		
"Fast" detector	X		
Meetresolutie/logging van minstens 1s	X		
Microfoon, geschikt voor geluidsmetingen op het lichaam	X		
Meetnauwkeurigheid van 2 dB	(X)		Zie toelichting paragraaf 6.4.4
Meetbereik tussen 20 en 120 dB(A)	(X)		Ondergrens bedraagt 30 dB(A), zie toelichting paragraaf 6.4.4
Autonomie op batterij van minstens 72u, bij voorkeur 1 week	X		
Voldoende geheugencapaciteit om een week te meten ($L_{Aeq,1s}$)	X		
Locatiebepaling op het toestel	(X)		Geen interface in de applicatie
Beperkt in afmetingen om een optimaal draagcomfort te bekomen	X		

Vaststellingen:

- Deze samengestelde geluidsmeter voldoet aan zo goed als alle basisvereisten.
- De ondergrens van het meetbereik in de NIOSH applicatie is beperkt tot 30 dB(A), dit vormt een belangrijke beperking voor binnenmetingen, zeker in de slaapkamer waar het geluidsniveau 's nachts kan zakken tot 20 dB(A) of minder. Mogelijk kan dit softwarematig opgelost worden.
- Eerder uitgevoerde studies en een eerste indicatieve test toonden aan dat de NIOSH applicatie + MicW i436 microfoon voldoende nauwkeurig kan zijn (zie paragraaf 6.4.4)
- Er is geen ingebouwde locatiebepaling in de NIOSH applicatie. Mogelijk kan dit in samenspraak met de ontwikkelaar/fabrikant geïmplementeerd worden of kan er gebruik gemaakt worden van een gps applicatie.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de optionele vereisten (prioriteit 2), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 2 in paragraaf 3.1.1.

Optionele vereisten (prioriteit 2)	Ja	Nee	Opmerking
C-gewogen geluidsniveaus	(X)		Enkel L_{Cpeak}
Registratie van L_{max}	X		
Autonomie op batterij van 1 maand	(X)		Wel met externe batterij(en) of voedingsadapter
Interface met externe sensoren zoals een hartslagmeter, regensensor	X		
Interface die toelaat notities te maken (op het toestel of via een app)	X		
Koppeling van de geluidsmeter met smartphone applicatie	X		
Verbinding met wifi en/of mobiele data (sim kaart)	X		

Vaststellingen:

- De geluidsmeter beantwoordt aan het merendeel van de vereisten die mogelijk nuttig zijn voor de uit te voeren onderzoeken.
- Een smartphone heeft ingebouwde sensoren en laat toe verschillende externe sensoren te koppelen via bluetooth.
- Een wifi en/of 4G verbinding is voorzien op elke smartphone.

Voor deze combinatie worden in **basis** volgende stukprijzen verwacht:

Prijszetting	Indicatieve prijs excl. BTW
NIOSH applicatie	0 €
MicW i436 microfoon kit	80 €
Aanpassing NIOSH applicatie	?
iOS Smartphone*	390 €

* Voor bepaalde types onderzoeken kan mogelijk de smartphone van de deelnemer gebruikt worden. Aangezien de NIOSH applicatie enkel gemaakt is voor iOS platformen wordt er voorgesteld een smartphone aan te kopen zodat de geluidsmeter maximaal inzetbaar is.

In de prijszetting dienen nog een aantal kosten verbonden aan het operationeel beheer van de geluidsmeter(s) ingerekend te worden. Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 9.1.

7. Marktaanbod vaste geluidsmeters

7.1 Inleiding

Ter voorbereiding van de marktanalyse werd een aanvraag tot informatie (RFI) opgesteld en verstuurd naar Belgische verdelers van (geluids)meetapparatuur. Voor elk van de twee types meetsystemen (mobiele en vaste persoonlijke geluids(blootstellings)meters) werd een tabel met basisvereisten en een tabel met optionele vereisten opgesteld. De basiseisen omvatten alle prioritaire technische en functionele kenmerken. De optionele vereisten omvatten alle mogelijk nuttige kenmerken. Beide werden bepaald op basis van de prioritering in de behoeftenanalyse (zie ook paragraaf 3.1.2). De verdelers werden aangemoedigd een productvoorstel in te dienen dat voldoet aan alle (of minstens een groot deel van de) basiseisen en waar mogelijk aan te geven welke aanpassing(en) nodig is (zijn) te voldoen aan elke optionele eis, al dan niet in de vorm van een alternatief product. Bij zowel het productvoorstel voor de basiseisen als de optionele eisen werd gevraagd een indicatieve prijs mee te geven. Bijlage 1 geeft de volledige aanvraag tot informatie (RFI) weer. Bijlage 3 bevat de ontvangen productvoorstellen.

Volgende verdelers dienden (in willekeurige volgorde) een productvoorstel in voor de vaste geluidsmeters:

- ACSOFT
- Akron
- Belram
- Norsonic benelux
- Enmo
- PCB Piezotronics

In onderstaande paragrafen (7.2 en 7.3) wordt een selectie van de ontvangen productvoorstellen besproken die het meest aanleunen bij de beleidsbehoeften voor de vaste geluids(blootstellings)meters.

7.2 Akron – Munisense NP2/NP4



Akron stelt een geluidsmeter type Munisense NP2 of NP4 voor. De Munisense geluidsmeters zijn specifiek ontwikkeld voor monitoring doeleinden. Ze kunnen eenvoudig gemonteerd worden aan een paal (beugel standaard meegeleverd) en dienen enkel voorzien te worden van een stroom of- ethernetkabel (met PoE). Verder beschikken ze over een LTE-M 4G router, één van de nieuwere standaarden voor IoT toepassingen, met betere dekking dan standaard 4G en een laag energieverbruik. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de basisvereisten (prioriteit 1), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 1 in paragraaf 3.1.2.

Basisvereisten (prioriteit 1)	Ja	Nee	Opmerking
Registratie van L_{Aeq}	X		
"Fast" detector	X		
Meetresolutie/logging van minstens 5s	X		
Piekdetectie of -telling boven een bepaalde drempelwaarde	X		
Omnidirectionele microfoon, geschikt voor (langdurige) buitenmetingen	X		
Meetnauwkeurigheid van 2 dB	X		NP2: 2 dB meetnauwkeurigheid NP4: 1 dB meetnauwkeurigheid

Meetbereik tussen 20 en 100 dB(A)	(X)		NP2: meetbereik 30 tot 130 dB(A) NP4: meetbereik 20 tot 140 dB(A)
Oplaadbare batterij met autonomie van minstens één week, bij voorkeur 1 maand	X		Rechtstreeks aansluiten van zonnepanelen mogelijk
Voedingsadapter voor aansluiting op netspanning (220V)	X		
Wifi-module of ethernet poort op de geluidsmeter	X		Wifi en ethernet

Vaststellingen:

- Het NP4 model voldoet aan alle technische en functionele basisvereisten
- Het NP2 model voldoet aan zo goed als alle technische en functionele basisvereisten. De ondergrens van het meetbereik bedraagt bij de NP2 30 dB(A) ten opzichte van de gevraagde 20 dB(A) waaraan het NP4 model wel voldoet. De NP4 is echter een duurder toestel.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de optionele vereisten (prioriteit 2), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 2 in paragraaf 3.1.2.

Optionele vereisten (prioriteit 2)	Ja	Nee	Opmerking
C-gewogen geluidsniveaus	X		
Registratie van L_{max}	X		
Meetresolutie/logging van 1s	X		
Meetbereik tussen 20 en 120 dB(A)	(X)		NP2: meetbereik 30 tot 130 dB(A) NP4: meetbereik 20 tot 140 dB(A)
Interface met een extern meteo-station	X		
Verbinding met mobiele data (sim kaart)	X		LTE-M of 4G
Kit (met bv. beugel) voor montage van de geluidsmeter en microfoon tegen gevelpanelen, palen, ...	X		

Vaststellingen:

- Het NP4 model voldoet aan alle optionele technische en functionele vereisten die mogelijk nuttig zijn voor de uit te voeren onderzoeken.
- Het NP2 model voldoet net zoals bij de basisvereisten net niet aan de gevraagde ondergrens van 20 dB(A) voor het meetbereik. Het NP4 model is een toestel met 1 dB nauwkeurigheid (klasse 1) en voldoet wel aan de ondergrens van 20 dB(A).

Voor deze toestellen worden in **basis** volgende stukprijzen verwacht:

Prijzetting	Indicatieve prijs excl. BTW
Munisense NP2	1540 €
Munisense NP4	2880 €

Daarnaast zijn er nog een aantal kosten verbonden aan het operationeel beheer van de geluidsmeter(s). Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 9.1.

7.3 Norsonic benelux – Sound Ear 3-320X



Norsonic benelux stelt een geluidsmeter type Sound Ear voor. De Sound Ear is een meetplatform specifiek ontwikkeld voor langdurige buitenmetingen. Ze worden voorzien in een meetkast, zoals afgebeeld op de foto. Deze meetkast kan eenvoudig tegen een gevel(paneel) of rond een paal (met optionele beugel) gemonteerd worden. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de basisvereisten (prioriteit 1), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 1 in paragraaf 3.1.2.

Basisvereisten (prioriteit 1)	Ja	Nee	Opmerking
Registratie van L_{Aeq}	X		
"Fast" detector	X		
Meetresolutie/logging van minstens 5s	X		
Piekdetectie of -telling boven een bepaalde drempelwaarde	X		
Omnidirectionele microfoon, geschikt voor (langdurige) buitenmetingen	X		
Meetnauwkeurigheid van 2 dB	X		
Meetbereik tussen 20 en 100 dB(A)	X		
Oplaadbare batterij met autonomie van minstens één week, bij voorkeur 1 maand	X		21 dagen autonomie, optioneel is 50 dagen ook mogelijk
Voedingsadapter voor aansluiting op netspanning (220V)	X		
Wifi-module of ethernet poort op de geluidsmeter	X		Wifi en ethernet

Vaststellingen:

- De Sound Ear voldoet aan alle technische en functionele basisvereisten
- De autonomie van de batterij kan optioneel vergroot worden tot 50 dagen. Aangezien de vaste geluidsmeters voor vele onderzoeken kunnen gebruik maken van een aansluiting op het elektriciteitsnet, lijkt dit geen noodzaak.
- De Sound Ear heeft een ingebouwde wifi-module en ethernet poort. Een uitbreiding voor mobiele data over het 4G netwerk of een LoraWan gateway kan eenvoudig toegevoegd worden in de meetkast en aangesloten worden op het toestel. Bijlage 2 geeft een kort overzicht van de verschillende communicatietechnieken die mogelijk zijn met de Sound Ear 3-320x.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de conformiteit met de optionele vereisten (prioriteit 2), zoals weergegeven in bijlage 1 en in overeenstemming met prioriteit 2 in paragraaf 3.1.2.

Optionele vereisten (prioriteit 2)	Ja	Nee	Opmerking
C-gewogen geluidsniveaus	X		
Registratie van L_{max}	X		
Meetresolutie/logging van 1s	X		
Meetbereik tussen 20 en 120 dB(A)	X		
Interface met een extern meteo-station	X		
Verbinding met mobiele data (sim kaart)	X		Meerprijs
Kit (met bv. beugel) voor montage van de geluidsmeter en microfoon tegen gevelpanelen, palen, ...	X		Meerprijs voor beugel

Vaststellingen:

- De Sound Ear voldoet aan alle optionele technische en functionele basisvereisten die mogelijk nuttig zijn voor de uit te voeren onderzoeken.
- Verbinding met mobiele data is mogelijk door het toevoegen van een 4G router in de meetkast. Hiervoor is een meerprijs van toepassing.

Voor dit toestel worden in **basis** volgende stukprijzen verwacht:

Prijzetting	Indicatieve prijs excl. BTW
Sound Ear 3-320x	2275 €

Daarnaast zijn er nog een aantal kosten verbonden aan het operationeel beheer van de geluidsmeter(s). Dit wordt verder toegelicht in paragraaf 9.1.

8. Fit-gap analyse

Onderstaande paragrafen geven een synthese van de fit-gap analyse, gemaakt door de mogelijke oplossingen te projecteren op de tabellen met de technische vereisten voor beide types meetsystemen (zie ook paragraaf 3.13.1.1). Op die manier wordt een overzichtelijke tabel gecreëerd die in eerste instantie tot doel heeft aan te geven waar de fits en gaps voor de essentiële vereisten zich bevinden (prioriteit 1, groen) en waar er nog moet bijgestuurd worden zodat de oplossing maximaal (voor elke use case) ingezet kan worden. Ook de aankoopkost wordt voor elke oplossing schematisch weergegeven volgens onderstaande intervallen:

- +: < 500 €
- ++: 500-1000 €
- +++: > 1000 €

Vervolgens wordt kort besproken waar de meerwaarde van elke oplossing zich bevindt in functie van de behoeften die mogelijk nuttig zijn voor verschillende use cases.

Onderstaande tabel geeft de fit/gap legende voor de tabel weer. Paragraaf 3.1 geeft de prioriteitschaal weer van de technische behoeften.

Fit/Gap	Beschrijving
F	Fit – het productvoorstel voldoet aan de behoefte
F/G	Fit en Gap – het productvoorstel voldoet deels aan de behoefte en kan indien mits een kleine inspanning eenvoudig ingevuld worden
G	Gap – het productvoorstel voldoet niet aan de behoefte

8.1 Mobiele persoonlijke geluidsblootstellingsmeters

Use Case	Weging		Parameters			Meetresolutie		Meetbereik		Nauwkeurigheid		Autonomie			Hulpsensoren				Realtime Data Transfer		Investeringskost	
	A	C	L_{eq}	L_{max}	# pieken	$\leq 1s$	$\geq 5s$	< 40 dB(A)	> 100 dB(A)	1 dB	2 dB	24u	1week	1 maand	Locatie	Hartslag	Bloeddruk	Meteo	Appreciatie	Wifi		Mobiele data
1																						
2																						
4																						
7																						

Cesva DC112d	F	F/G	F	F	F	F	F	F	F/G	F	G	F	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	+++
Listen Ear	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	G	F	F	F	F/G	F/G	G	F/G	G	F	F	F	++
Combinatie 1	F	G	F	F	F	F	F	G	F	G	F/G	F	F/G	F/G	F	F/G	F/G	G	F	F	F	F	+
Combinatie 2	F	F	F	F	F	F	F	F	F	G	F/G	F	F/G	F/G	F/G	F/G	F/G	G	F/G	F	F	F	+
Combinatie 3	F	F/G	F	F	G	F/G	F/G	F/G	F	G	F/G	F	F/G	F/G	F/G	F/G	F/G	G	F/G	F	F	F	+

Essentiële vereisten (prioriteit 1)

- De NIOSH app (combinatie 3) heeft nog geen functie om de meetwaarden per seconde te exporteren. Het tellen van pieken (in naverwerking) is daarom niet mogelijk. De meetresolutie bedraagt wel reeds $\leq 1s$ waardoor de inspanning voor de ontwikkelaar (closed source) om een export functie te implementeren vermoedelijk beperkt is.
- De ondergrens van het meetbereik vormt bij een aantal oplossingen een beperking, zeker voor binnenmetingen waar het bereik tussen 20 dB(A) en 40 dB(A) zeer belangrijk is. Voor de Cesva DC112d is de ondergrens beperkt tot 35 dB(A). Om de ondergrens te verlagen tot 20 dB(A) moet uitgeweken worden naar een alternatief toestel met klasse 1 nauwkeurigheid. Dit betekent meer dan een verdubbeling van de kostprijs. De ondergrens van de Noise Capture app (combinatie 1) en de NIOSH app bedraagt 40 dB(A) respectievelijk 30 dB(A). Deze applicaties zijn hoofdzakelijk bedoeld om hogere geluidsbelastingen te meten en werden daarom wellicht begrensd. Mogelijk spelen technische belemmeringen zoals de eigenruis van de meetketting ook een bepalende rol voor de haalbare ondergrens van het meetbereik.
- De nauwkeurigheid (L_{Aeq}) van de smartphone oplossingen (combinaties 1, 2 en 3) dient verder onderzocht te worden. Eerder uitgevoerde studie en een eerste indicatieve test toonden aan dat de resultaten binnen een nauwkeurigheidsmarge van 2 dB lagen.
- De Cesva DC112d werkt in tegenstelling tot de andere oplossingen met een externe 9V batterij. De batterijduur bedraagt in theorie slechts 20u. In praktijk zal de autonomie wellicht nog beperkter zijn.
- De Decibel X pro en de NOISH applicatie (combinatie 2 en 3) hebben nog geen functie voor locatiebepaling in de applicatie. Mogelijk kan dit mits een kleine inspanning van de ontwikkelaar(s) wel voorzien worden. De Cesva DC112d heeft geen ingebouwde gps of interface met een smartphone applicatie. Er kan mogelijk wel gewerkt worden met een externe gps.
- Geen enkel applicatie heeft een interface voor het koppelen van een bloeddruk meter. Smartphones (combinatie 1,2 en 3 en de Listen Ear applicatie) zijn echter wel voldoende flexibel om een bloeddrukmeter te koppelen (bv. via bluetooth).
- De applicatie van de Listen Ear en de Noise Capture app (combinatie 1) zijn standaard voorzien van een functie om notities te maken. Bij de Decibel pro X en de NIOSH applicatie (combinatie 2 en 3) kan dit mogelijk voorzien worden door de ontwikkelaar(s).

Optionele en mogelijk nuttige vereisten (prioriteit 2)

- De Listen Ear geluidsmeter en de Decibel X pro app hebben een ingebouwde C-wegingsfilter.
- Alle oplossingen kunnen de L_{max} waarde meten.
- Alle oplossingen hebben een meetresolutie van ≤ 1s. Bij de NIOSH applicatie dient wel een aanpassing te gebeuren om het exporteren van de meetwaarden per seconde mogelijk te maken.
- Alle oplossingen kunnen geluidsniveaus van meer dan 100 dB(A) meten.
- Smartphones (combinatie 1,2 en 3 en de Listen Ear applicatie) bieden voldoende flexibiliteit om zonder of met beperkte inspanningen externe hulpsensoren te koppelen (bv. via bluetooth).

8.2 Vaste geluidsmeters

Use Case	Weging		Parameters			Meetresolutie		Meetbereik		Nauwkeurigheid		Autonomie			Hulpsensoren				Realtime Data Transfer		Investeringskost	
	A	C	L _{eq}	L _{max}	# pieken	≤ 1s	≥ 5s	< 40 dB(A)	> 100 dB(A)	1 dB	2 dB	24u	1 week	1 maand	Locatie	Hartslag	Bloeddruk	Meteo	Appreciatie	Wifi		Mobiele data
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						

Munisense NP2	F	F	F	F	F	F	F	F/G	F	G	F	F	F	F	F	F	G	G	F	G	F	F	+++
Munisense NP4	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	G	G	F	G	F	F	+++
Sound Ear	F	F	F	F	F	F	F	F	F	G	F	F	F	F	F	F	G	G	F	G	F	F	+++

Essentiële vereisten (prioriteit 1)

- De ondergrens van het meetbereik van de Munisense NP2 is beperkt tot 30 dB(A).
- Met uitzondering van deze beperking van het meetbereik worden alle essentiële behoeften ingevuld met de voorgestelde oplossingen.

Optionele en mogelijk nuttige vereisten (prioriteit 2)

- De nauwkeurigheid van de Munisense NP2 en Sound Ear geluidsmeters is beperkt tot 2 dB. De Munisense NP4 heeft een nauwkeurigheid van 1 dB.
- Met uitzondering van de 1 dB nauwkeurigheid worden alle vereisten die mogelijk nuttig zijn voor de verschillende use cases ingevuld.

9. Aandachtspunten voor verdere projecten

9.1 Beheer van meettoestellen en operationele kosten

Het beheer en de calibratie van de meettoestellen, vaste of mobiele, is belangrijk om de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de meetresultaten en -toestellen te garanderen. Elk meetsysteem (meettoestel/smartphone, microfoon en alle toebehoren zoals kabels die deel uitmaken van de meetketting) wordt als een geheel behandeld en dient voorzien te worden van een uniek label. Een logboek wordt bijgehouden door de verantwoordelijke en geeft aan waar en wanneer het gebruikt wordt, wanneer de tweedelijns-calibratie plaats vond en welke defecten eventueel vastgesteld werden. Er zijn verschillende vormen van calibratie:

- Eerste lijns-calibratie: hierbij voert de persoon of de onderzoeker die het meetapparaat gebruikt de calibratie uit. Dit gebeurt net voor de aanvang en bij voorkeur ook na het beëindigen van de metingen. De calibratie wordt uitgevoerd met een handcalibrator die een sinustoon van 1 kHz genereert met een geluidsniveau van 94 of 114 dB. De richtlijnen van de fabrikant worden hierbij steeds gevolgd.
- Tweede lijns-calibratie: elk toestel dient jaarlijks gecalibreerd te worden bij verschillende geluidsniveaus. Deze calibratie gebeurt aan de hand van een referentiegeluidsmeter (klasse 1 typegekeurd volgens IEC 61672-1) dat extern gecalibreerd werd door een labo met BELAC accreditatie (bv. een meettoestel van een toezichthouder of een ander referentietoestel binnen het departement Omgeving van de Vlaamse Overheid).

Het operationeel beheer van de meettoestellen impliceert bovendien ook een aantal niet te verwaarlozen kosten die bij de analyse van de beschikbare oplossingen nog niet in rekening gebracht werden en variëren in functie van het type onderzoeksproject. Onderstaande tabel geeft een niet-limitatieve opsomming van enkele kostenposten:

Kostenpost	Indicatieve prijs excl. BTW
Aankoop van één of meerdere akoestische calibrators	850 €/stuk
Maandelijkse kosten data abonnementen geluidsmeters (SIM kaart)	10 €/stuk/maand*
Personeelskosten voor beheer en calibratie	?

*enkel indien een connectie met het internet via mobiele data vereist is (VPO-platform, besturing op afstand, ...)

9.2 Ondergrens van het meetbereik

De synthese van de behoeftenanalyse (zie paragraaf 3) geeft aan dat voor een aantal van de beoogde onderzoeksprojecten de meetdata tussen 20 dB(A) en 40 dB(A) essentieel zijn. Uit het onderzoek naar de beschikbare oplossingen voor de persoonlijke (mobiele) geluidsblootstellingsmeters blijkt dat de ondergrens van het meetbereik vaak beperkt is tot 40 dB(A). Dit vormt een belangrijke beperking voor geluidsmetingen binnen, zeker in de slaapkamer waar het geluidsniveau 's nachts kan zakken tot 20 dB(A) of minder. De twee types geluidsmetsystemen voor lichaamsmetingen die onderzocht werden (geluidsdosimeters en smartphone applicaties), zijn namelijk bedoeld om te meten in lawaaierige omgevingen (buiten of in luidruchtige werkomstandigheden) waarbij vooral de bovengrens van het meetbereik een bepalende rol speelt: men wil immers niet dat het meetsignaal overstuurt bij hoge geluidsniveaus die zinvolle informatie opleveren om preventief te werk te gaan tegen eventuele risico's op gehoorschade. De ondergrens van het meetsysteem wordt in hoofdzaak bepaald door de eigenruis die veroorzaakt wordt door de transducer, dat de invallende geluidsgolf (geluidsdruk) op het microfoonmembraan omzet naar een elektrisch signaal, het elektrisch circuit en de behuizing. Hoe groter die eigenruis, hoe hoger de ondergrens van het meetbereik. Indien de eigenruis gekend is, kan er wel een correctie door het toestel doorgevoerd worden. Het verschil echter tussen het gemeten signaal en de eigenruis dient voldoende groot te zijn in elke frequentieband om een betrouwbare bepaling van het werkelijk gemeten geluid toe te

laten. Hiermee dient rekening gehouden te worden bij de keuze en verdere ontwikkelingen van de beschikbare oplossingen.

9.3 Communicatiemogelijkheden en data-archivering

De smartphone gebaseerde oplossingen en sommige oplossingen met geluidsdosimeters (mits interface met een smartphone) en vaste geluidsmeters bieden mogelijkheden om IoT oplossingen zoals een LoRaWAN gateway te connecteren met de geluidsmeter. Dit is een meerwaarde voor het toekomstig VPO platform (zie paragraaf 3.3), dat gebruik zal maken van het ThingsBoard IoT platform, maar ook voor andere doeleinden. LoRa is een laagdrempelige techniek geschikt voor eenzijdig versturen van kleine hoeveelheden data. Deze techniek biedt een aantal uiteenlopende voordelen zoals een laag energieverbruik, grote communicatieafstanden, geen maandelijkse kosten en de mogelijkheid om aan locatiebepaling te doen met bijvoorbeeld geofencing. Dit soort IoT oplossingen zijn wellicht compatibel met het toekomstig VPO platform dat gebruik zal maken van het ThingsBoard IoT platform (open source) voor het beheer van de toestellen en het vergaren en visualiseren van de data.

Merk op dat het opzetten van zo een realtime communicatie vooral geschikt is voor meetnetwerken die over (heel) lange termijn data verzamelen. Voor de korter lopende metingen (zoals die in het kader van de humane biomonitoring onderzoeksprojecten) biedt deze realtime communicatie met een centraal platform maar een beperkte meerwaarde, zoals ook uit de behoeftenanalyse naar voren kwam. Bij het verzamelen van de data moet daarnaast ook enigszins rekening gehouden worden met de INSPIRE richtlijnen, zoals kort toegelicht in paragraaf 3.3. Het is belangrijk om voldoende en correcte metadata bij elke meetcampagne bij te houden, zodat latere interpretatie mogelijk blijft.

9.4 Verdere ontwikkeling smartphone gebaseerde oplossingen

De fit-gap analyse van de smartphone gebaseerde oplossingen geeft aan dat er nog een aantal gaps zijn die een kleine of relatief grote ontwikkelings- en onderzoekskosten vereisen om te beantwoorden aan alle essentiële en bij uitbreiding alle mogelijk nuttige behoeften.

Een aanpassing aan de code (open source of closed source) is vaak nodig om effectief te voldoen aan alle essentiële vereisten. Dit gaat voornamelijk om kleine aanpassingen zoals de integratie van functies voor het exporteren van de ruwe data, locatiebepaling of een tool voor het capteren van de appreciatie van het geluid. Hetzelfde geldt voor de optionele eisen. De grotere aanpassingen zoals de beperking op de ondergrens van het meetbereik (zie paragraaf 9.2) en het behalen van vereiste meetnauwkeurigheid vereisen field research en wellicht iets grotere softwarematige ingrepen.

Bijlage 1: RFI geluidsblootstellingsmeters

De aanvraag voor informatie werd verstuurd naar volgende verdelers van geluidsmmeetapparatuur. De twee laatste kolommen geven aan wie een productvoorstel indiende voor de twee types meetsystemen: mobiele persoonlijke geluidsblootstellingsmeters (mobiele) en vaste geluidsmeters (vaste).

Bedrijf	Contactpersoon	E-mail	Mobiele	Vaste
Enmo	Hans De Wit	Hans.dewit@enmo.be	X	X
PCB Piezotronics	Milan Devogelaere	mdevogelaere@pcb.com	X	X
AC Soft	Vito Divincenzo	Vito.divincenzo@acsoft.be		X
Akron	Geert Dierckx	Geert.dierckx@akron.be	X	X
Norsonic Benelux	Pieter Blanckaert	Pieter.blanckaert@norsonic.be	X	X
Belram	John Mendrik	jm@belram.be		X
ISI	Etienne Neyens	Etienne.neyens@isi-be.eu	X	X

RFI Geluidsblootstellingsmeters Aanvraag voor informatie

15 juli 2020

Bureau De Fonseca voert in opdracht van de **Vlaamse Overheid**, departement Omgeving, een **marktanalyse uit voor persoonlijke geluidsblootstellingsmeters**. Een eerste synthese van de behoeften binnen de verschillende departementen leidde tot een oplossing met twee types geluidsmeters: mobiele en persoonlijke geluidsblootstellingsmeters enerzijds, en vaste geluidsmeters anderzijds.

De **mobiele geluidsblootstellingsmeters** zullen hoofdzakelijk ingezet worden bij burgerwetenschapsprojecten. De deelnemers aan dergelijke onderzoeken zullen dus voor een bepaalde tijd een geluidsmeter met zich meedragen. Hierbij ligt de focus op een optimaal draagcomfort, robuustheid en uitstekende batterijprestaties. De microfoon wordt daarbij bij voorkeur op oorhoogte gehangen, bv. gespeld op de kledij, op de schouder, ... Voor de gangbare projecten zou een set van **90 geluidsmeters** simultaan ingezet worden.

De **vaste geluidsmeters** zullen altijd op een vaste plaats en zowel binnen (in een slaapkamer) als buiten (in een park, aan de gevel) ingezet worden. Hierbij zou een set van **30 tot 50 geluidsmeters** simultaan ingezet worden.

Ook op lokaal beleidsniveau is er een interesse voor dergelijke geluidsblootstellingsmeters. Uit een eerste bevraging bij lokale overheden van grote steden zoals Antwerpen en Gent bleek er reeds heel wat interesse en een waaier aan toepassingen te zijn. Hun behoeften worden ook meegenomen in de marktanalyse.

Voor beide systemen zal Bureau De Fonseca een **beoordeling** maken op basis van **prijs/kwaliteit**. Onderstaande tabellen geven in de eerste kolom voor elk van beide systemen geluidsmeters (mobiele en vaste) een set technische basisvereisten waarvoor wij graag één **productvoorstel met indicatieve prijs (per stuk) dat voldoet aan alle eisen** ontvangen.

Mobiele geluidsblootstellingsmeters	Vaste geluidsmeters
Registratie van L_{Aeq}	Registratie van L_{Aeq}
"Fast" detector	"Fast" detector
Meetresolutie/logging van minstens 1s	Meetresolutie/logging van minstens 5s
Microfoon, geschikt voor geluidsmetingen op het lichaam	Piekdetectie of -telling boven een bepaalde drempelwaarde
Meetnauwkeurigheid van 2 dB	Omnidirectionele microfoon, geschikt voor (langdurige) buitenmetingen
Meetbereik tussen 20 en 120 dB(A)	Meetnauwkeurigheid van 2 dB
Autonomie op batterij van minstens 72u, bij voorkeur 1 week	Meetbereik tussen 20 en 100 dB(A)
Voldoende geheugencapaciteit om een week te meten ($L_{Aeq,1s}$)	Oplaadbare batterij met autonomie van minstens één week, bij voorkeur 1 maand
Locatiebepaling op het toestel	Voedingsadapter voor aansluiting op netspanning (220V)

Beperkt in afmetingen om een optimaal draagcomfort te bekomen	Wifi-module of ethernet poort op de geluidsmeter
---	--

Als uitbreiding ontvangen we ook graag voor elk van beide systemen geluidsmeters (mobiele en vaste) een **indicatieve meerprijs of alternatief productvoorstel (en indicatieve prijs)** die bijkomend een antwoord kunnen bieden op **één of meerdere** van onderstaande **technische vereisten**:

Mobiele geluidsblootstellingsmeters	Vaste geluidsmeters
C-gewogen geluidsniveaus	C-gewogen geluidsniveaus
Registratie van L_{max}	Registratie van L_{max}
Autonomie op batterij van 1 maand	Meetresolutie/logging van 1s
Interface met externe sensoren zoals een hartslagmeter, regensensor	Meetbereik tussen 20 en 120 dB(A)
Interface die toelaat notities te maken (op het toestel of via een app)	Interface met een extern meteo-station
Koppeling van de geluidsmeter met smartphone applicatie	Verbinding met mobiele data (sim kaart)
Verbinding met wifi en/of mobiele data (sim kaart)	Kit (met bv. beugel) voor montage van de geluidsmeter en microfoon tegen gevelpanelen, palen, ...

Verder verzoeken we u ook een heldere toelichting te geven over:

- Wat is de basisoplossing voor het databeheer bij de voorgestelde oplossing ?
- Hoe wordt de data uitgelezen en verwerkt?
- Zijn er ook mogelijkheden om de ruwe data naar bijvoorbeeld een cloud server op te laden?

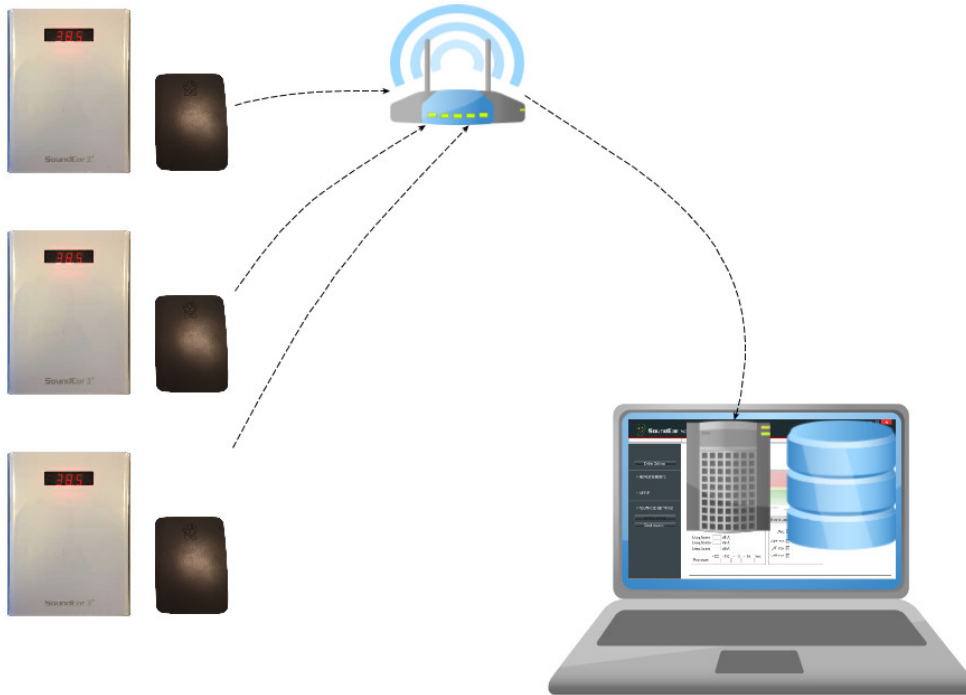
Mocht u nog bijkomende vragen hebben betreffende de aanvraag, kan u ons deze bezorgen tegen uiterlijk dinsdag 4 augustus 2020 per e-mail naar kim.vanelsen@defonseca.be

We verzoeken u elk productvoorstel met richtprijs en een korte motivatie in MS Word formaat (1 document per voorstel) aan te leveren waarbij duidelijk het onderscheid gemaakt wordt tussen de basisvereisten en optionele vereisten. De bijhorende technische fiche en/of gebruikershandleiding mag u bezorgen in PDF formaat.

U wordt vriendelijk verzocht uw **voorstellen** over te maken **uiterlijk op vrijdag 7 augustus 2020** per e-mail naar bovenvermeld adres.

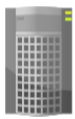
Op basis van een vergelijking van de ontvangen voorstellen zal in het project dan een aanbeveling worden geformuleerd naar de voorkeursoplossing voor de verschillende types onderzoeksprojecten die de Vlaamse Overheid voor ogen heeft.

Local solution using WI-FI/LAN



Features

Local Area Network solution using WI-FI or ethernet connection. Communicates only on the internal network to a host PC that collects data and stores them in a database on the PC. When PC is off, noise meters stores measurements internally until connection to PC is recovered. The devices are associated with a site id.



Measurements collector

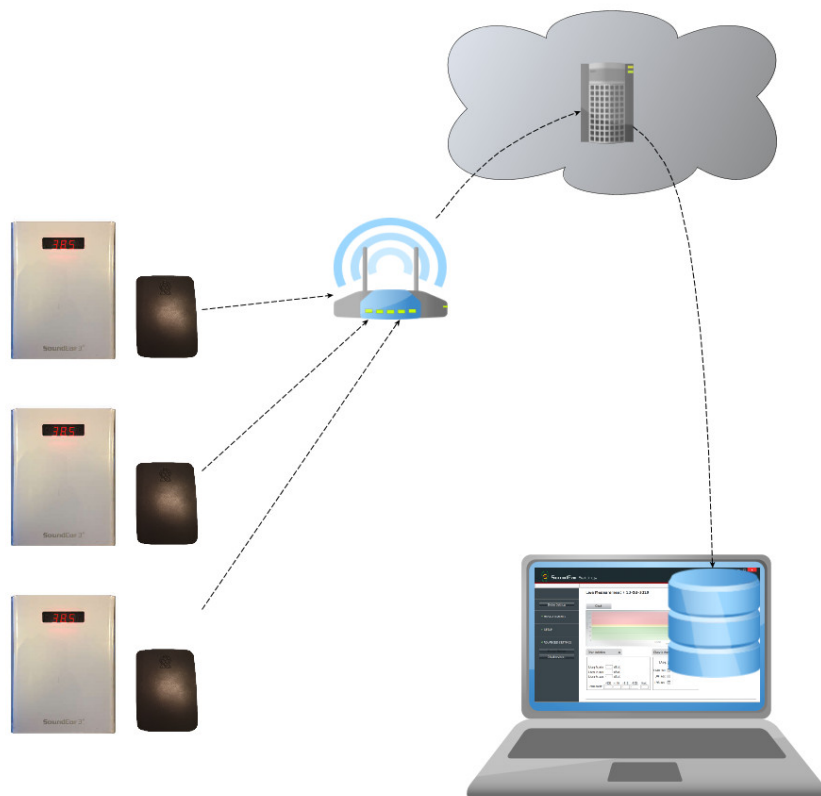
On host PC running SoundEar Software



Measurements database

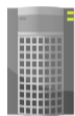
On host PC running SoundEar Software

Cloud solution using WI-FI/LAN



Features

Cloud solution using WI-FI or ethernet connection. Communicates measurements to the cloud data collector. A host PC anywhere in the world can connect to the cloud and get measurements from the devices. The devices are associated with a site id.



Measurements collector

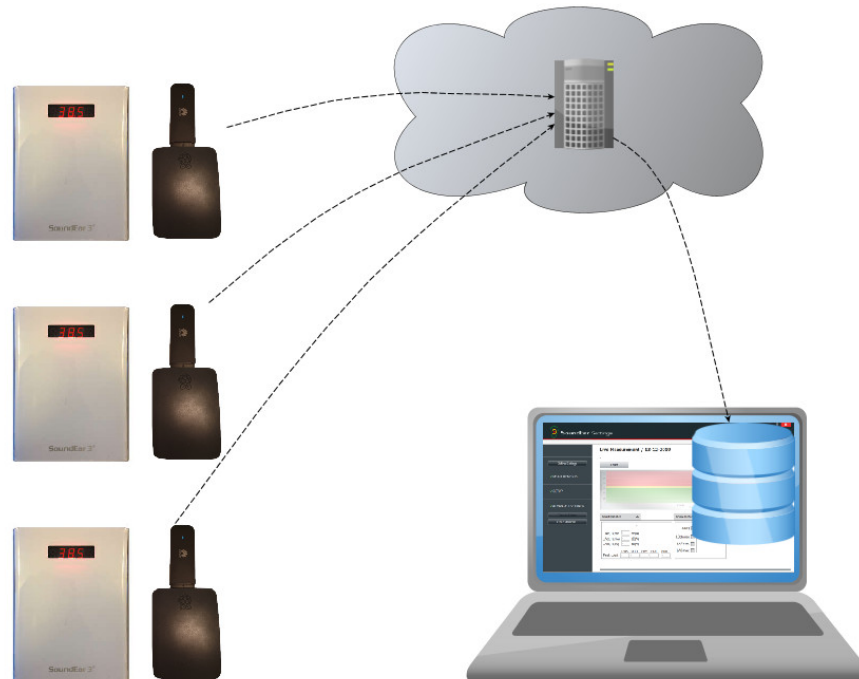
In the cloud



Measurements database

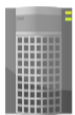
On host PC running SoundEar Software

Cloud solution using 3G modem



Features

Cloud solution using 3G modem connection. Communicates measurements to the cloud data collector. A host PC anywhere in the world can connect to the cloud and get measurements from the devices. The devices are associated with a site id.



Measurements collector

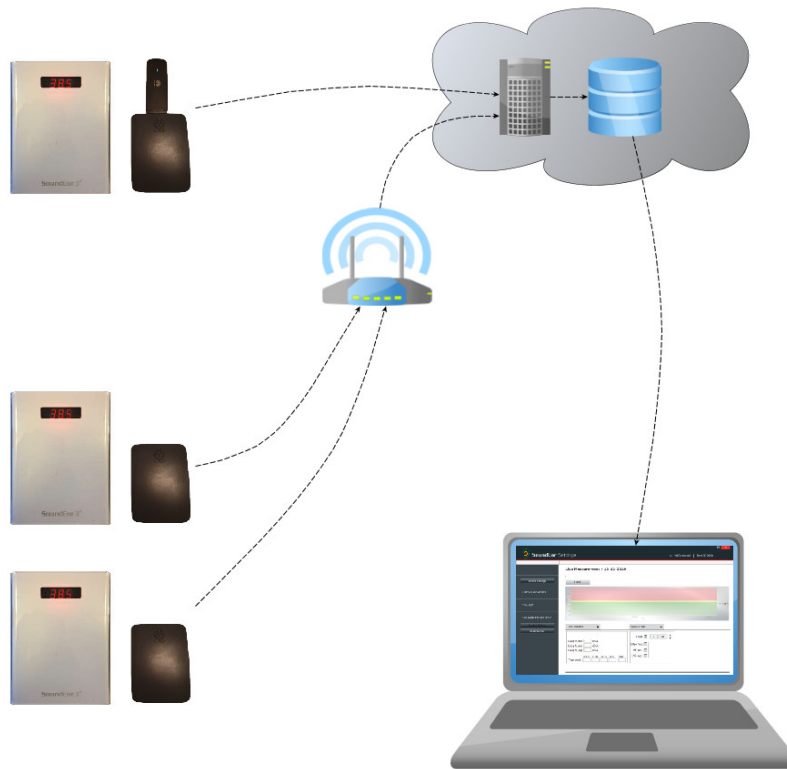
In the cloud



Measurements database

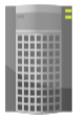
On host PC running SoundEar Software

Hosted cloud solution



Features

Cloud solution using 3G modem, WI-FI or ethernet connection. Communicates measurements to the cloud data collector hosted by SoundEar. The database stores measurements, which can be accessed by a PC running SoundEar Software anywhere in the world. Data protected with login and password.



Measurements collector

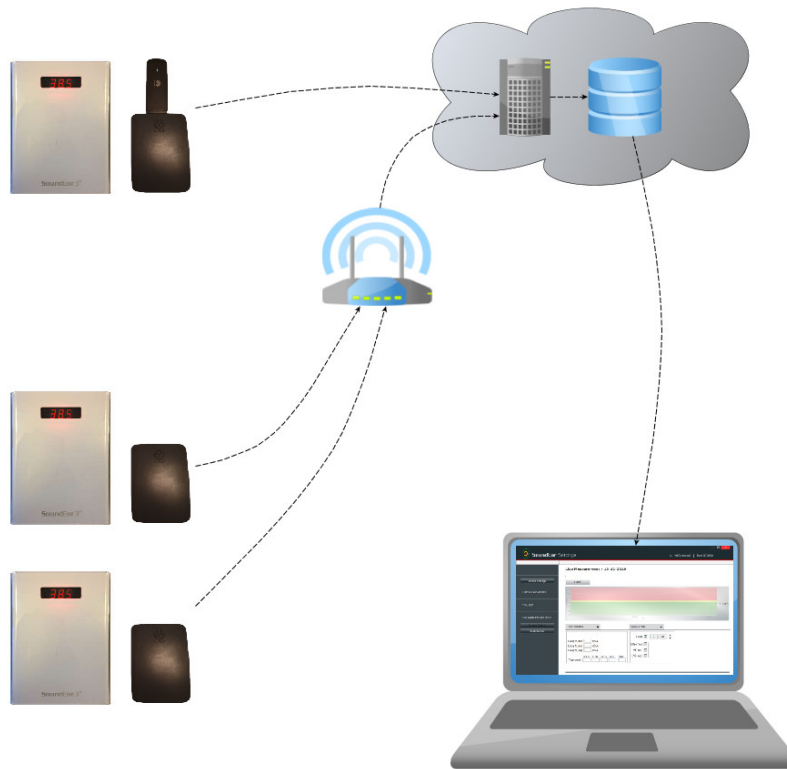
In the cloud hosted by SoundEar



Measurements database

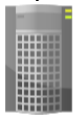
In the cloud hosted by SoundEar

Custom cloud solution



Features

Cloud solution using 3G modem, WI-FI or ethernet connection. Communicates measurements to the cloud data collector, which is hosted by the customer. The database stores measurements, which can be accessed by a PC running SoundEar Software anywhere in the world. Data can be protected with login and password.



Measurements collector

In the cloud hosted by the customer



Measurements database

In the cloud hosted by the customer

Bijlage 3: productvoorstellen RFI



2020R007 Productvoorstellen RFI.zip