

Impact van trillingen door bouwactiviteiten op woningen en haar bewoners

Na de eerste trilling van de vrachtwagen met heimachine en het slaan van damwanden treedt een periode op van verstoring voor omwonenden van een bouwproject. 's Nachts wakker liggen van de bronbemaling en overdag heiwerkzaamheden met mogelijk schade aan de woning en hinder. Krijgt dit onderdeel van het bouwproces voldoende aandacht?

Door Wim Soede

Over de auteur:

Dr.ir. W. Soede is senior akoestisch adviseur bij ARDEA Acoustics & Consult te Leiden. Daarnaast is hij als klinisch fysisch - audioloog betrokken bij het evenwichtsonderzoek bij de afdeling KNO van het Leids Universitair Medisch Centrum.

INLEIDING

Bij bouwprojecten ervaren vele omwonenden dat zij vogelvrij zijn. In de krant wordt een melding gedaan van een verleende bouwvergunning en daarna is het afwachten. Op een dag verschijnt er een vrachtwagen met kraan of shovel. Met de rust is het dan gedaan van 's morgens vroeg 6 uur (in de winter inclusief bouwverlichting) tot 's middags drie uur half vier. Na de voorbereidende werkzaamheden wordt een grote heimachine in stelling gebracht en valt de eerste klap 's morgens om zeven uur/half acht. Als de bewoner dan niet al is geschrokken van het geluid dan ontstaat er wel angst of zijn woning het houdt. Er worden al gauw scheurtjes bij ramen en deuren gezien die niet eerder waren opgevallen, terwijl de kopjes staan te rinkelen in de kast. Het resultaat is grote onrust bij de bewoner en angst dat er onherstelbare schade ontstaat aan zijn woning. Na een paar dagen is de damwand gereed en wordt de bronbemaling in werking gesteld. Deze "low-noise" pompen maken in de oren van de aannemer geen geluid maar je kunt 's nachts wel wakker liggen van een zacht dreunend geluid met een laagfrequent karakter. Nu is het wachten op het echte heiwerk. Het voorgaande is dagelijkse praktijk en slechts een enkeling is zo gehinderd dat er een klacht wordt indiend. In het voorjaar van 2009 ging het in Eindhoven anders.

COMMOTIE IN EINDHOVEN

In het voorjaar van 2009 was er ophef over de geluids- en trillingsoverlast vanwege de bouwwerkzaamheden voor het Stadionkwartier te Eindhoven (ondergrondse parkeerplaats met appartementencomplex). Veel omwonenden gaven aan ernstige hinder te ondervinden vanwege geluid en trillingen door het heien van vibropalen. Regionale- en landelijke dagbladen, het

NOS- en jeugdjournaal gaven acte de présance om de hinder in kaart te brengen. Voorafgaand aan deze landelijke aandacht was er door de gemeente Eindhoven, de GGD en de aannemer al nagedacht over mogelijke hinder en waren ook metingen uitgevoerd.

In een brief van de GGD van 18 februari 2009 (GGD 2009) wordt gemeld dat omwonenden aangeven vooral hinder te ondervinden van trillingen. De meest voorkomende gezondheidsklachten zijn hoofdpijn, concentratiestoornissen, spanningen/stress, slaapstoornissen (met name in vroege ochtend) en daarmee samenhangend vermoeidheid en hoge bloeddruk. De meeste personen zijn hiervoor naar de huisarts geweest. Aan enkele personen is door de huisarts (extra) medicatie verstrekt. Een enkeling geeft aan de dat de (lichamelijke) gevolgen van de werkzaamheden continu – dus na beëindiging van de werkzaamheden – voelbaar blijven. Met name vermoeidheid wordt hierbij genoemd. Aan een aantal mensen is aangeboden om tijdelijk elders gehuisvest te worden. Wat was er aan de hand?

Voor het bouwplan had de aannemer, na civieltechnisch onderzoek, een fundering gekozen op basis van vibropalen met een grote diameter van 610 mm. Bij het heien van deze palen kunnen relatief hoge trillingsniveaus optreden (zie Intermezzo, figuur 1).

Gezien de omvang van het project was sprake van heiwerkzaamheden gedurende zes maanden en waren zeecontainers geplaatst om het geluid tegen te houden (vier containers hoog).

Omschrijving	Waarde	Standaard deviatie
Diverse posities heistellingen, geluidsniveau in dB(A)	69.4	4.4
Topwaarde trillingen V_{top} in verband met beoordeling schade	1.5	0.8
Maximale waarde trillingen V_{max} in verband met beoordeling hinder	0.7	0.3

TABEL 1 SAMENVATTING MEETWAARDEN OP DIVERSE MEETDAGEN JANUARI-MEI 2009 NABIJ WONINGEN. DE GEMETEN TRILLINGSNIVEAUS (RE $V_0=1$ MM/S) DIENEN NOG GECORRIGEERD TE WORDEN VOOR TYPE METINGEN EN TYPE FUNDERING.

Bureau Caubergh-Huygen heeft vanaf januari 2009 regelmatig geluids- en trillingsmetingen verricht in en nabij de woningen rond het project. Tabel 1 geeft een samenvatting van de diverse meetwaarden die in de rapportages, bij verschillende woningen voor verschillende posities van de heistellingen, worden genoemd.

Uit het overzicht van tabel 1 blijkt dat het gemiddelde geluidsniveau uitkomt op 69 dB(A). Dit is hoger dan de waarde van 60 dB(A) die in de Circulaire Bouwlawaaai (Bouwlawaaai 2001) wordt genoemd voor langdurige werkzaamheden.

Verder blijkt dat de topwaarden V_{top} lager zijn dan de grens van 3 mm/s voor trillingsgevoelige gebouwen (zie Tabel 3). Uit de meetverslagen blijkt dat in één situatie de kans op schade aan het gebouw, na toepassing van meetcorrecties, niet kon worden uitgesloten. Op dat moment stond de heistelling op zeer korte afstand van de woning.

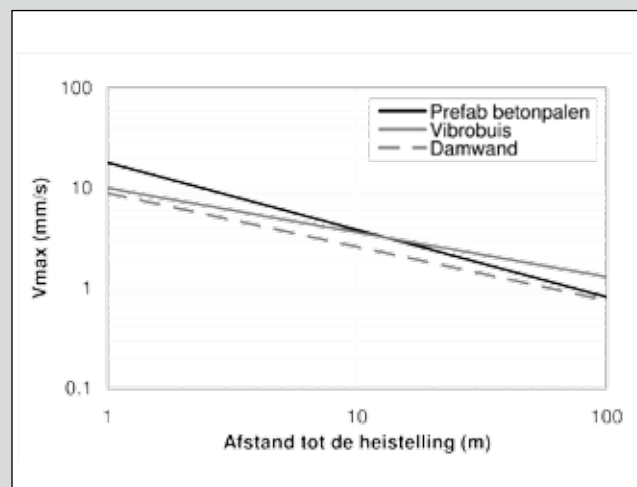
Voor de beoordeling van hinder blijkt dat de waarde V_{max} uitkomt op 0.7 ± 0.3 . Deze waarde is daarmee weliswaar hoger dan de drempelwaarden die de SBR B noemt (zie Tabel 4), maar bij lange na niet de waarde van 6 mm/s.

Prognose trilling- en contactgeluidsniveaus vanwege heien en damwand intrillen

Het is niet eenvoudig om een exacte prognose te geven van de te verwachten trillingsniveaus in de directe omgeving van een bouwplaats. Deze niveaus zijn sterk afhankelijk van de lokale bodemgesteldheid met specifieke tussenlagen en de wijze van funderen van woningen in de omgeving. Door Muller (Muller, 2007) is een samenvattend overzicht gegeven van de te verwachten trillingsniveaus vanwege heien en het in- en uittrillen van damwanden op basis van monitoringsmetingen. Tabel 1 geeft de te verwachten dominante trillingsfrequenties. Figuur 1 geeft de te verwachten trillingsniveaus voor zware prefab betonpalen en vibrobuisen met grote diameter. Muller geeft daarnaast ook grafieken voor kleine betonpalen en buizen.

Op basis van figuur 1 moet op 10 meter afstand van de heistelling rekening worden gehouden met trillingsniveaus tot 3 mm/s. Het gaat dan om trillingsniveaus welke gemeten kunnen worden op dragende delen van een woning. Zelfs op 100 meter afstand kunnen de niveaus nog circa 1 mm/s bedragen en zijn daarmee ruim boven de gevoelsgrens van 0.1 mm/s.

Door het trillen van een gebouwdeel (vloer/wand) kan ook geluid ontstaan. Dit constructiegeluid is al snel hoorbaar voor het menselijk oor. Figuur 2



FIGUUR 1. PROGNOSEGRAFIEK VOOR HET HEIEN VAN STANDAARDBETONPALEN, VIBRO-BUIZEN EN IN- EN UITTRILLEN DAMWANDEN (NAAR MULLER, 2007). DE GRAFIEK GEEFT DE BESTE RECHTE OP BASIS VAN METINGEN VAN IFCO VANAF 1988. AFHANKELIJK VAN DE SITUATIE DIENT NOG REKENING GEHOUDEN TE WORDEN MET EEN SPREIDINGSFACTOR VAN 0.2-2.0.

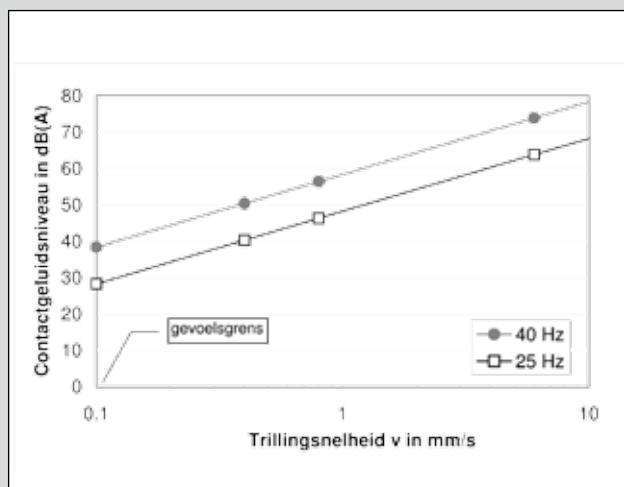
Uit het voorgaande blijkt dat, ondanks dat niveaus ruimschoots voldoen aan de maximale richtwaarde $A2 < 6$ mm/s, sprake is van ernstige hinder bij omwonenden met zelfs medicatie als gevolg. Ten opzichte van andere situaties is dit meest waarschijnlijk het gevolg van het semi-continue karakter van het heiproces in combinatie met de totale duur van enkele maanden. Uit de meetrapportages blijkt dat per paal 45-60 minuten moest worden geheid waarbij, om het totale proces te bekorten, gebruik werd gemaakt van drie heistellingen. Voor een aantal meetdagen wordt dan ook berekend dat de gemiddelde periodewaarde ($A3$) uitkomt op 0.3-0.4, met voor één woning een uitschieter naar 0.7 en dat daarmee de gemiddelde periodewaarde van $A3 = 0.2$ voor bouwprocessen van langer dan een maand wordt overschreden. Op het eerste gezicht lijkt de getalsmatige overschrijding niet groot maar gezien de reacties van een aantal omwonenden werd toch duidelijk een grens overschreden.

Inmiddels is het heien klaar en wordt een nadeelcompensatie toegekend op basis van de metingen en een regeling welke door het college van burgemeester en wethouders is vastgesteld. In totaal betreft het enkele honderden huishoudens.

Trillingsbron	Soort trilling	Dominante frequentie (Hz)
Heien van palen	Herhaald kortdurend	5-25
Trillen van damplanken	Laagfrequent (1200-1500 toer/min) Continu	Hoogfrequent (1800-2300 toeren/min) 20-2530-40
Verkeer	Herhaald kortdurend	5-20

TABEL 2. DOMINANTE FREQUENTIE VAN VERSCHILLENDE TRILLINGSBRONNEN (MULLER, 2007)

geeft het te verwachten contactgeluidsniveau bij maximale afstraling van een wand voor verschillende trillingsniveaus. Uit de grafiek blijkt dat een trilling met een sterkte van 0.1 (gelijk aan de gevoelsgrens) al een goed hoorbaar geluidsniveau kan opleveren van 28-38 dB(A). Bij 0.8 mm/s kan een waarde van 46-56 dB(A) optreden. Terwijl bij 6 mm/s de niveaus 69-79 dB(A) kunnen bedragen. Op basis van deze figuur blijkt dat vanaf een niveau van circa 0.8 mm/s binnen in een woning geluidsniveaus kunnen optreden die hoger zijn dan de grenswaarde die bijvoorbeeld het Activiteitenbesluit Milieubeheer stelt (BARIM, 2007).



FIGUUR 2. GELUIDSAFSTRALING DOOR TRILLINGEN. PROGNOSE CONTACTGELUIDSNIVEAU VOOR EEN RUIMTE VAN $4 \times 3 \times 2.4$ M³, MET NAGALMTIJD $T_{60}=0.5$ S OP BASIS VAN DE TRILLINGSSNELHEID v (DB RE 1.10-9 M/S). DE WEERGEGEVEN FREQUENTIES KOMEN OVEREEN MET DE WAARDEN A1 EN A2 ZOALS GENOEMD IN TABEL 4. DE GEMARKEERDE WAARDEN BETREFFEN $v = 0.1, 0.4, 0.8$ EN 6 MM/S.

SBR-Richtlijnen A en B

Voor de beoordeling van schade en hinder vanwege bouwwerkzaamheden wordt in Nederland uitgegaan van de richtlijnen van de Stichting Bouwresearch. Tabel 3 geeft de toelaatbare trillingsniveaus ter voorkoming van schade op de hoofdconstructie van een gebouw volgens Richtlijn deel A (SBR2003A). In de praktijk blijkt dat, in tegenstelling tot de subjectieve beleving van de bewoner, slechts zelden schade ontstaat aan een bouwwerk (tenzij dat op zeer korte afstand moet worden gewerkt en sprake is van zettingen van de bodem).

Categorie bouwwerk	Hoofddraag- (constructie excl. correctie type)	Overige onderdelen (trillingen met continue karakter)
1 Goede staat beton/hout	40	16
2 Goede staat metselwerk	15	6
3 Monumenten in slechte staat	8	3

TABEL 3 TOELAATBARE TRILLINGSNIVEAUS (WAARDEN RE V0 = 1 MM/S) CONFORM SBR A (EXCL. CORRECTIE TYPE TRILLING EN MAATGEVENDE FREQUENTIE).

Tabel 4 geeft de richtwaarden volgens Richtlijn deel B (SBR2003B). Indien de trillingsniveaus onder de drempel A1 blijven dan wordt de hinder acceptabel geacht. De maximum waarde van A2 = 6.0 wordt voor alle perioden als bovengrens gesteld. Als de duur van de werkzaamheden toeneemt, dan wordt de gemiddelde waarde (A3) verlaagd van 0.4 naar 0.2. Ten aanzien van deze niveaus geeft de richtlijn zelf aan dat een waarde tot 0.8 kan resulteren in matige hinder, tussen 0.8 en 3.2 is sprake van hinder terwijl een waarde > 3.2 gekwalificeerd kan worden als ernstige hinder.

Omschrijving	A1 (drempel)	A2 (maximum)	A3 (periode)
Duur ≤ 1 dag	0.8	6.0	0.4
Duur 6-26 dagen	0.4	6.0	0.3
Duur 27-78 dagen	0.3	6.0	0.2

TABEL 4 OVERZICHT RICHTWAARDEN VOOR BOUW- EN SLOOPWERKZAAMHEDEN CONFORM SBR B (PERIODE < 3 MAANDEN) (WAARDEN RE V0=1 MM/S).

BEOORDELING BOUWPROCESSEN

Uit de commotie in Eindhoven blijkt dat een bouwproces een grote impact kan hebben op omwonenden. Eindhoven staat daar niet alleen in maar heeft vanwege het langdurige en semi-continue karakter van de trillingen meer aandacht gekregen dan andere bouwprojecten. Bij de evaluatie van de Circulaire Bouwlawaai (Bouwlawaai 2001) meldt TNO dat 57% van de omwonenden gehinderd is, waarvan 9.5% in ernstige mate. Gezien het voorgaande is het gewenst dat gemeenten bij bouwplannen ook het bouwproces beoordelen. Daarbij zal ook aandacht moeten uitgaan naar het hindereffect van trillingen voor omwonenden en dan vooral ten aanzien van de duur en de gemiddelde waarde over de bouwperiode. De SBR richtlijnen kunnen daarbij als uitgangspunt gebruikt worden waarbij echter wel het volgende opgemerkt kan worden.

GRENSWAARDE, HINDER EN VERMOEIDHEID

De SBR richtlijn B lijkt een eenduidig beoordelingskader te geven voor de beoordeling van hinder. Indien voldaan wordt aan de richtwaarden zoals genoemd in Tabel 4 dan zou geconcludeerd worden dat dit een voldoende beveiliging is tegen hinder van trillingen. Mede gezien de ervaringen in Eindhoven is het de vraag of dat het geval is voor langdurige situaties met een semi-continue karakter.

Vanaf een trillingsniveau van $V_{max} = 0.8$ is een trilling zeer duidelijk voelbaar en kan, zoals ook genoemd in de SBR Richtlijn B, hinder verwacht worden. De waarde van 0.8 is daarmee een duidelijke grens voor hinder. Dit wordt bevestigd door White (White et al, 2002) die op basis van de Eurocode 3 draft norm

(Eurocode3 1992) aangeeft dat bij langdurige bouwprocessen (>26 dagen) een maximale snelheid tot 1 mm/s "acceptable" is om menselijke hinder te voorkomen terwijl een waarde van 2 mm/s genoemd wordt als "unacceptable" voor een langdurig bouwproces.

De SBR richtlijn B vertaalt metingen in getallen en gaat voorbij aan de aard van de hinder. De hinder kan zich uiteindelijk vertalen in een verminderd welbevinden en vermoeidheid, doordat het lichaam continue reageert op de trillingen en probeert te adapteren: één van de minder bekende, maar toch wel primaire functies van het evenwichtsorgaan is de directe aansturing van de ogen via de vestibulaire kernen van de hersenstam om te komen tot een stabilisatie van de blikrichting. Deze stabilisatie is nodig om de omgeving goed te kunnen waarnemen en bijvoorbeeld ook lezen mogelijk te maken. Indien dit proces continue moet reageren op trillingen dan kan dit de concentratie bij het lezen of werken ernstig beperken. Dit laatste is dan ook relevant voor kantoren en scholen of situaties waarbij de trillingen nauwelijks voelbaar zijn maar een computermonitor zachtjes staat te trillen.

Daar komt bij dat het nauwelijks mogelijk is om je te onttrekken aan trillingen omdat deze in de gehele woning optreden en ook nog hoge contactgeluidsniveaus kunnen optreden (zie figuur 2). De vermoeidheid kan dan bovendien nog extra worden versterkt indien het bouwproces al vanaf 's morgens 06.00 uur aanvangt en je onvoldoende nachtrust krijgt. De ervaren hinder en vermoeidheid moeten dus niet gebagatelliseerd worden en vragen om goede begeleiding. In Eindhoven is dit ondervangen door de inzet van een sociaal milieuvrpleegkundige van de GGD.

TOETSING BOUWPLANNEN

Op basis van de prognosegrafieken (figuur 1) zijn niveaus met een waarde van $V_{max}=0.8$ al snel te verwachten tot op een afstand van 100 meter van een heistelling. Dit betekent dat bij zeer veel nieuwbouwactiviteiten hinder is te verwachten. In het kader van de toetsing van een bouwplan is het daarom gewenst dat op voorhand nagedacht wordt over eventuele hinder indien zich woningen bevinden binnen een afstand van 100 meter van een bouwplan. In overleg met de aannemer zal het bouwproces beoordeeld moeten worden. Indien hoge, gemiddelde, geluid- en trillingniveaus gedurende langere tijd te verwachten zijn dan zal besproken moeten worden op welke wijze bewoners geïnformeerd worden over de aard en duur van de werkzaamheden. Daarbij zal dan zo nodig overwogen moeten worden om de gelegenheid te bieden tijdelijk elders gehuisvest te worden dan wel dan op een andere wijze compensatie te bieden voor de ondervonden hinder.

CONCLUSIE

Bij bouwactiviteiten bestaat in het algemeen beperkte aandacht voor de mogelijke overlast die omwonenden kunnen ondervinden van trillingen en contactgeluid. Deze beperkte aandacht wordt waarschijnlijk ingegeven door de verwachting dat de mogelijkheid om maatregelen te treffen beperkt is en de overlast relatief van korte duur is.

Desondanks zouden gemeenten in het kader van de toetsing van de aanvraag voor een bouwvergunning meer aandacht moeten geven aan de gevolgen van deze overlast door te verplichten (op basis van een algemene plaatselijke verordening) dat de aanvraag is voorzien van een beschrijving en duur van de activiteiten welke geluids- en trillingsoverlast kunnen veroorzaken zodra zich woningen binnen een afstand van 100 m van de bouwactiviteiten bevinden.

Daarbij zal in eerste instantie getoetst kunnen worden aan de Circulaire Bouwlawaai en de SBR Richtlijnen A en B. Bij grootschalige en langdurige bouwwerkzaamheden zal vooral beoordeeld moeten worden in hoeverre, zeker bij te verwachten

niveaus met een waarde van $V_{max} = 0.8$ mm/s en hoger, de totale cumulatieve belasting voor omwonenden acceptabel is. Daarnaast is het gewenst de bouwaanvraag te voorzien van een communicatieplan voor omwonenden.

DANKWOORD

Het inleidend deel over het Stadionkwartier te Eindhoven is tot stand gekomen op basis van openbare documenten van de gemeente Eindhoven. De auteur dankt de heer J. van Creij voor de medewerking om deze documenten voor dit artikel te kunnen gebruiken. Verder gaat dank uit naar de heer Muller van IFCO funderingsexpertise voor het beschikbaar stellen van zijn overzichtsartikel ten aanzien van over monitoring en prognose van trillingen.

LITERATUUR

- Barim (2007), Besluit van 19 oktober 2007, houdende algemene regels voor inrichtingen (Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer).
- Bouwlawaai (2001), Circulaire Bouwlawaai 1991, 10 jaar later, publicatie Ministerie van VROM, Directie Geluid & Omgeving.
- Eurocode 3 (1991). "Design of steel structures, chapter 5, piling" DD ENV 1991-1:1992 (draft).
- GGD (2009), Blootstelling trillingen/geluid n.a.v. huisbezoeken, brief Bureau Gezondheid, Milieu & Veiligheid GGD'en Brabant/Zeeland van 18 februari 2009.
- Muller, T.K. (2007), Meten, beoordelen en voorspellen van trillingen in de bouw, Geotechniek, 4 september 2007, pp. 40-46).
- SBR A (2003), Schade aan gebouwen, meet- en beoordelingsrichtlijn, deel A, Stichting Bouw Research, 2003.
- SBR B (2003), Hinder voor personen in gebouwen, meet- en beoordelingsrichtlijn deel B, Stichting Bouw Research, 2003.
- White, D. (2002), Finlay, T., Bolton M. and Bearss G., Press-in piling: ground vibration and noise during pile installation, proceedings of the International Deep Foundations Congress, Orlando, USA, ASCE Special Publication, pp. 363-371.

BEURS GELUID, TRILLINGEN en LUCHTKWALITEIT

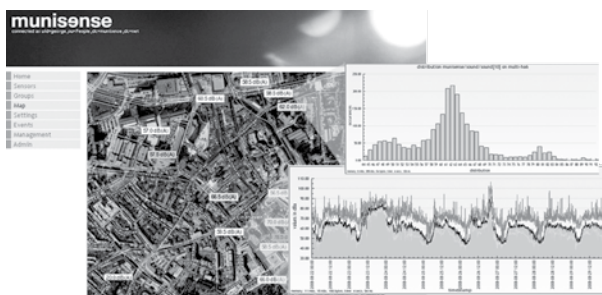
Gebruiksvriendelijke software voor ontwerpen, berekenen, controleren, structureren en analyseren

dirActivity software

www.dirActivity.nl

Verbeter de handhaving van geluidsbelasting aanzienlijk

...bij evenementen, binnenstad en industriegebied.



Real-time gedistribueerd geluidsmeten in stadscentrum

Real-time en historisch inzicht

Overall inzichtelijk

Alarmering bij normoverschrijding

Van 1 tot 1000 meetpunten

Zeer betaalbaar

Snel inzetbaar

De munisense geluidsbelasting meetdienst biedt gemeenten een unieke en zeer betaalbare on-line dienst om op een groot aantal locaties simultaan, continu en in real-time de geluidsbelasting te meten, historisch vast te leggen en de handhavende instantie bij normoverschrijdingen direct te notificeren (bv via SMS).

De historische meetdata is via het internet veilig toegankelijk en geeft een overzichtelijk en zeer gedetailleerd inzicht in het geluidprofiel van uw gemeente.

Het systeem werkt volledig draadloos, is duurzaam en zeer snel inzetbaar.

Wij verzorgen graag een pilot. Voor meer informatie:

071 - 711 46 23

www.munisense.com