Rapport V.2011.1353.03.R001
Analyse metingen vier meetpunten Geluidsnet, Best

Resultaten metingen eerste twee jaar

Status: DEFINITIEF

Van Pallandtstraat 9-11
Postbus 153
6800 AD Arnhem
T +31 (0)26 351 21 41

Casuariestraat 5
Postbus 370
2501 CJ Den Haag
T +31 (0)70 350 39 99

Lavendelheide 2
Postbus 671
9200 AR Drachten
T +31 (0)512 52 23 24

Geerweg 11
Postbus 640
6130 AP Sittard
T +31 (0)46 411 39 30

info@dgmr.nl
www.dgmr.nl

Colofon

Rapportnummer:	V.2011.1353.03.R001	
Plaats en datum:	Den Haag, 30 januari 2015	
Versie:	002	Status: DEFNITIEF
Opdrachtgever:	Gemeente Best Postbus 50 5680 AB BEST	
Contactpersoon: Telefoon: e-mail:	de heer J.B. van Bergen 0499 36 02 75 t.van.bergen@gembest.nl	
Uitgevoerd door: Informatie: E-mail: Telefoon: Fax:	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. dr. A.Y. (Arnaud) Kok ko@dgmr.nl 088 346 75 00 026 443 58 36	
Auteur(s):	dr. A.Y. (Arnaud) Kok	
Eindverantwoordelijke:	ir. M.H.J. (Mark) Bakermans	
Verwerkt door:	MA|SBA|OZU	

©DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Alle rechten voorbehouden. Wilt u (delen van) dit rapport kopiëren of vermenigvuldigen, vraagt u dan schriftelijk toestemming daarvoor bij DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Inhoudsopgave Pagina

1. INLEIDING 4
2. SITUATIE 5
3. MEETMETHODE 8
4. RESULTATEN 9
4.1 Gemeten totaalniveaus 9
4.2 Wegverkeer 11
4.3 Railverkeer 13
4.4 Luchtvaart 17
4.5 Industrie 21
4.6 Scheepvaart 21
4.7 Evenementen 21
4.8 Effecten meteorologie 25
5. CONCLUSIE 28

Bijlage 1: begrippenlijst en overzicht nauwkeurigheden meetsysteem

1. Inleiding

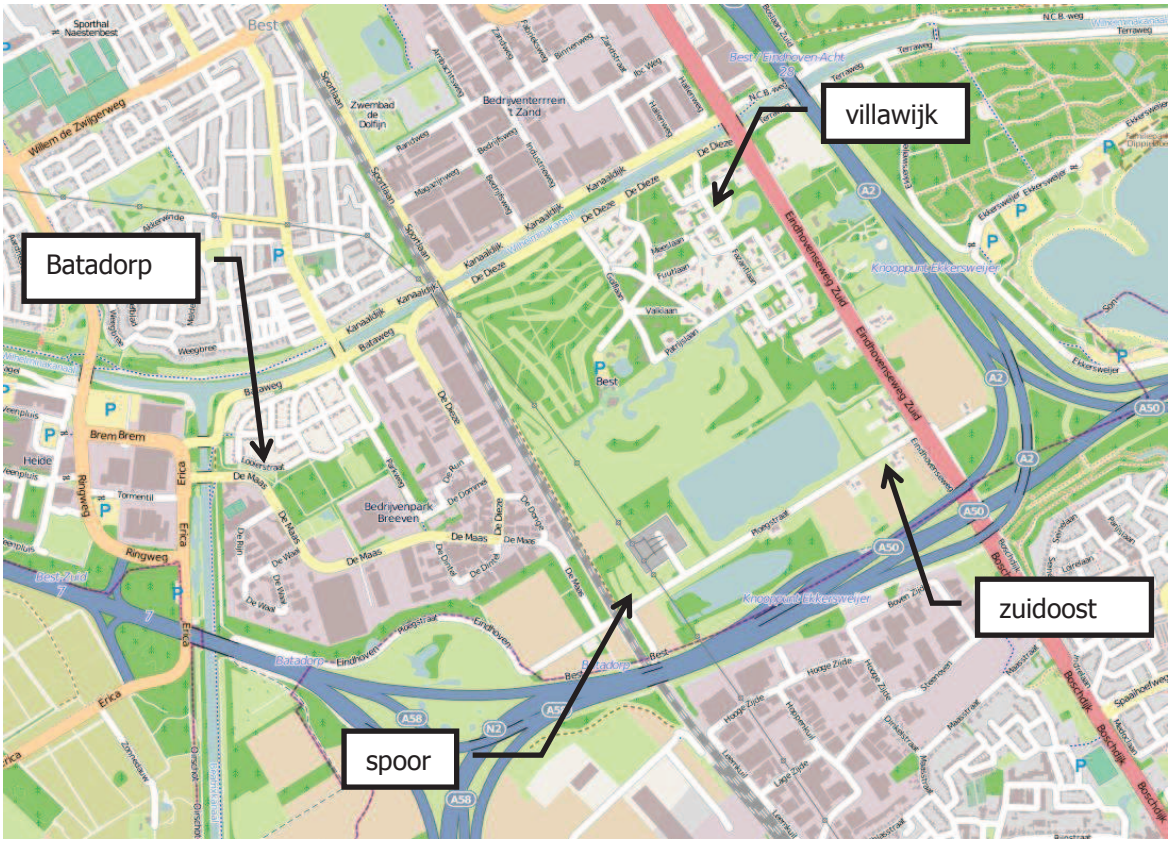
In opdracht van de gemeente Best voert Sensornet BV geluidsmetingen uit (onder de naam Geluidsnet) op vier locaties in Best. Het betreft een locatie langs het spoor, langs de A2 in een tuin/weiland, langs de A2 in een woonwijk en bij een woning langs het Wilhelminakanaal en nabij bedrijventerrein Breeven. Onderzochte geluidsbronnen zijn luchtvaart, wegverkeer, railverkeer, industriegeluid van evenementen en scheepvaart. Door DGMR is de meetdata van Sensornet gebruikt om analyses uit te voeren van deze metingen. Voorliggend rapport geeft het resultaat van de analyses over de eerste twee jaar geluidmetingen weer. Deze metingen lopen nog door. Over een jaar zal onderliggend rapport geactualiseerd worden en lopen de metingen af.

Voor dit rapport wordt gekeken naar de bijdrage van de individuele bronnen (zover mogelijk) op de geluidsniveaus gedurende twee jaar meten. Deze geluidsniveaus worden vergeleken met de verwachte geluidsniveaus uit bijvoorbeeld rekenmodellen of EU-geluidskaarten. Er wordt kort ingegaan op de trend, wat in een volgend jaarrapport nader uitgewerkt wordt. Ook wordt ingegaan op effecten van meteorologie.

In dit rapport wordt eerst ingegaan op de situatie, vervolgens op de meetmethodiek en uiteindelijk op de resultaten. Ten slotte wordt een conclusie gepresenteerd.

2. Situatie

In onderstaande figuur is de ligging van de meetpunten in de gemeente Best weergegeven.



Figuur 1: overzicht ligging meetpunten (ondergrond © OpenStreetMap-auteurs, CC BY-SA)

In figuur 1 zijn de voornaamste bronnen (met uitzondering van vliegverkeer) duidelijk te zien. In tabel 1 wordt per meetpunt aangegeven wat, naar verwachting, de belangrijkste geluidsbronnen zullen zijn.

Tabel 1
Overzicht meetpunten en mogelijk relevante geluidsbronnen. De schaal loopt van -- via o tot ++ om aan te geven wat a priori de mogelijke belangrijke bronnen zijn

geluidssoort	Batadorp	spoor	villawijk	zuidoost
luchtvaart	+	++	++	++
railverkeer	-	++	-	-
wegverkeer	o	+	+	+
scheepvaart	o	--	--	--
industrie	+	--	-	--
evenementen	--	o	o	+

Naast het bovenaanzicht op de kaart zijn hierna (pagina 6 en 7) foto's van de meetopstelling weergegeven.

Figuur 2: spoor

Figuur 3: villawijk zuidoost

Figuur 4: Batadorp

3. Meetmethode

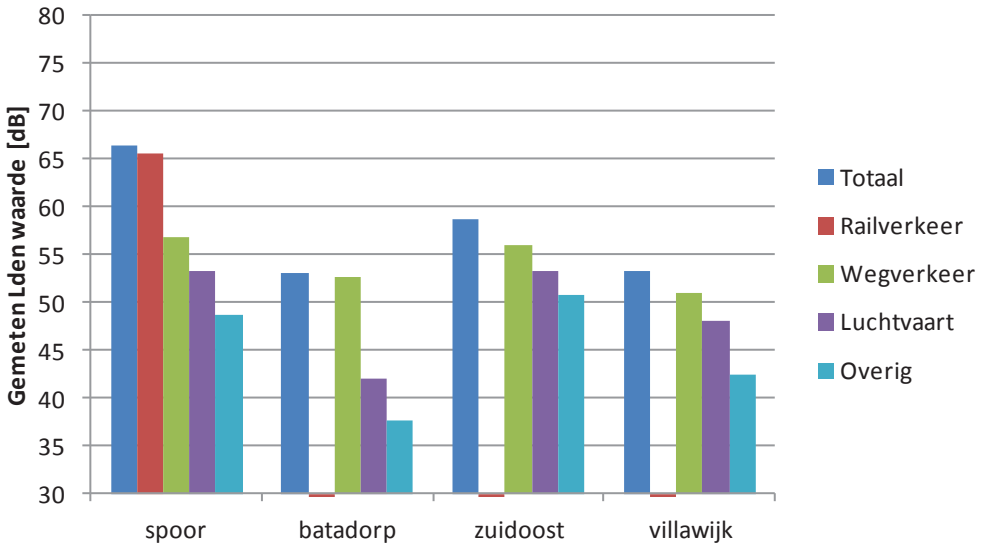
De meetinstrumenten van Sensornet (zie bijlage voor informatie over de instrumenten) registreren continu het geluidsniveau. Daarnaast worden de meteorologische omstandigheden met een meteostation geregistreerd. Bij het geluid is niet altijd direct duidelijk wat hiervan de bron is. Voor dit onderzoek zijn we geïnteresseerd in de geluidsbelasting van weg- en railverkeer, industrie, scheepvaart en evenementengeluid. Echter ook zingende vogels, blaffende honden, grasmaaiers, etc. kunnen hoge geluidsniveaus veroorzaken. Om de verschillende bronnen te kunnen onderscheiden, is een aantal algoritmes ontwikkeld, die op basis van bepaalde eigenschappen van geluid de betreffende bijdragen kunnen filteren. Een voorbeeld is wegverkeergeluid. Dit is (zeker voor rijkswegen) een vrij continue bron van geluid. Door uit te gaan van de mediaan van het geluidsniveau van een periode (L_{50}) zijn afwijkende pieken niet meegenomen en is de gemeten waarde representatief voor wegverkeer. Treinen zijn verder goed herkenbaar op de locatie nabij het spoor. Door Sensornet is ook een algoritme ontwikkeld om vliegtuigen te herkennen. Dit gaat ervan uit dat een vliegtuig op meerdere punten (eventueel vlak na elkaar) te horen moet zijn.

In deze tweede jaarrapportage worden de resultaten van de analyses gepresenteerd. Bij nieuwe ontwikkelingen van algoritmes en methoden kan het zijn dat in toekomstige rapportages de resultaten nog verfijnd zullen worden.

4. Resultaten

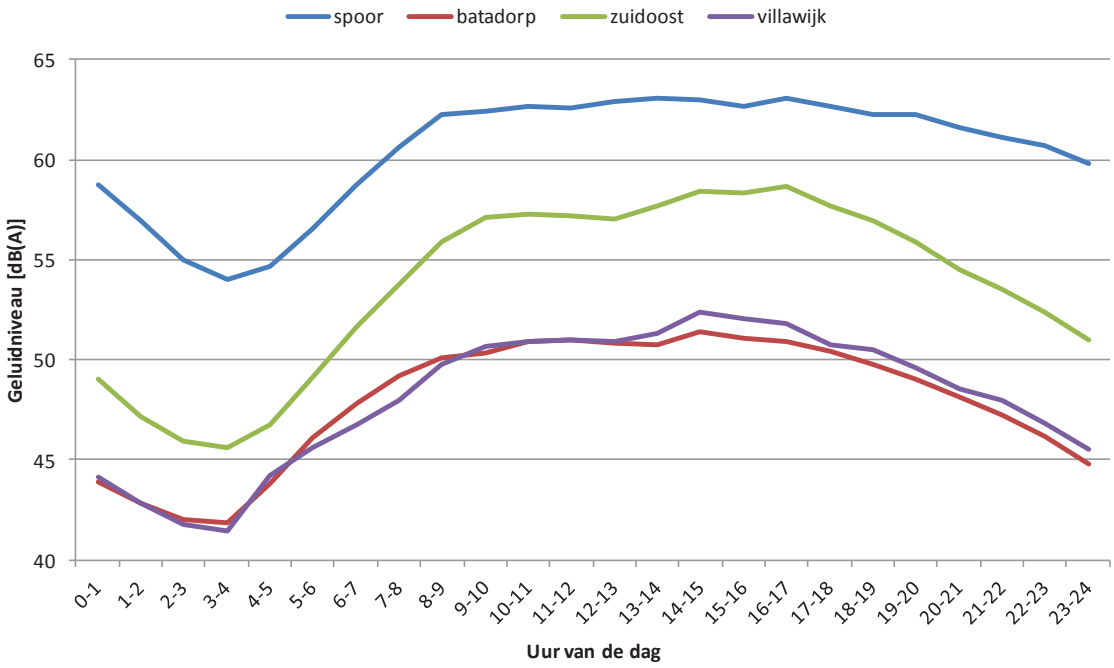
4.1 Gemeten totaalniveaus

Op de vier meetpunten is continu het geluid geregistreerd. Daarbij is per locatie een aantal bronnen te onderscheiden. In de komende subhoofdstukken wordt ingegaan op de bijdrage van de verschillende geluidsbronnen op de totaalniveaus. Alvorens dat te onderzoeken is gekeken naar het rekenkundig gemiddelde geluidsniveau per uur, bepaald over de gehele meetperiode, gedurende een etmaal. Dit geluid wordt veroorzaakt door verschillende geluidsbronnen, maar bijvoorbeeld ook door stoorgeluid, zoals vogelgezang of hondengeblaf. Een weergave van deze niveaus is te zien in de volgende figuren, waarbij figuur 5 naast het totale L_{den}-niveau ook een opsplitsing laat zien in verschillende deelbijdragen per bron:

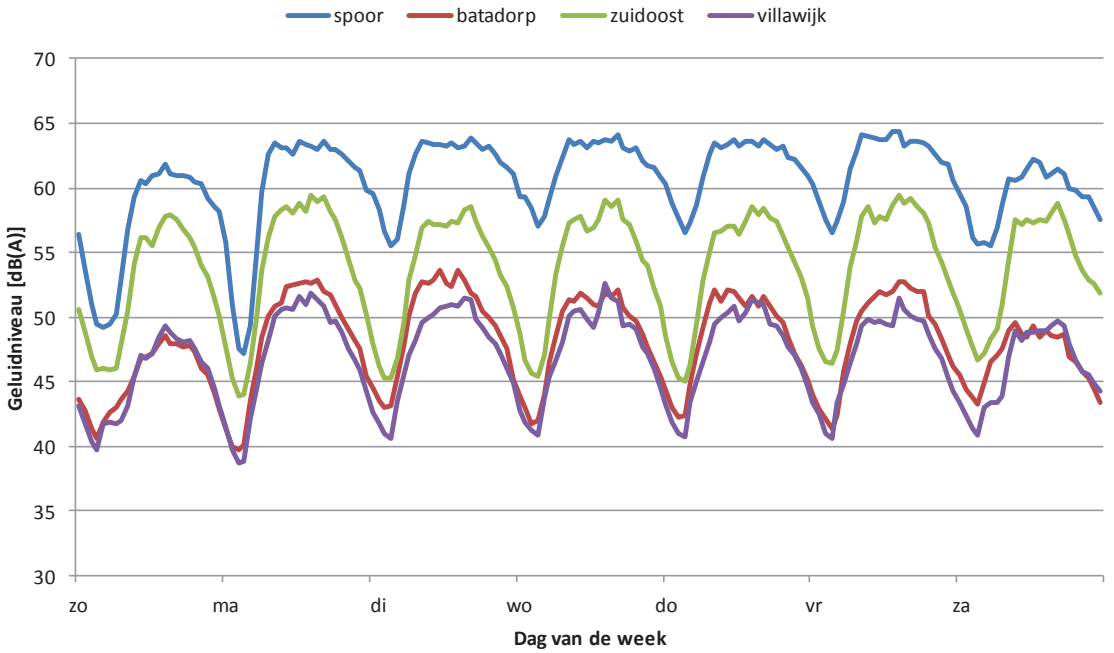


Figuur 5: overzicht totale L_{den}-waarden en de deelbijdragen per bron. Overige bronnen zijn niet herkend (zie uitleg in komende hoofdstukken).

Verder is in figuur 6 het niveau over een etmaal (weekdaggemiddelde) en in figuur 7 over een week weergegeven.



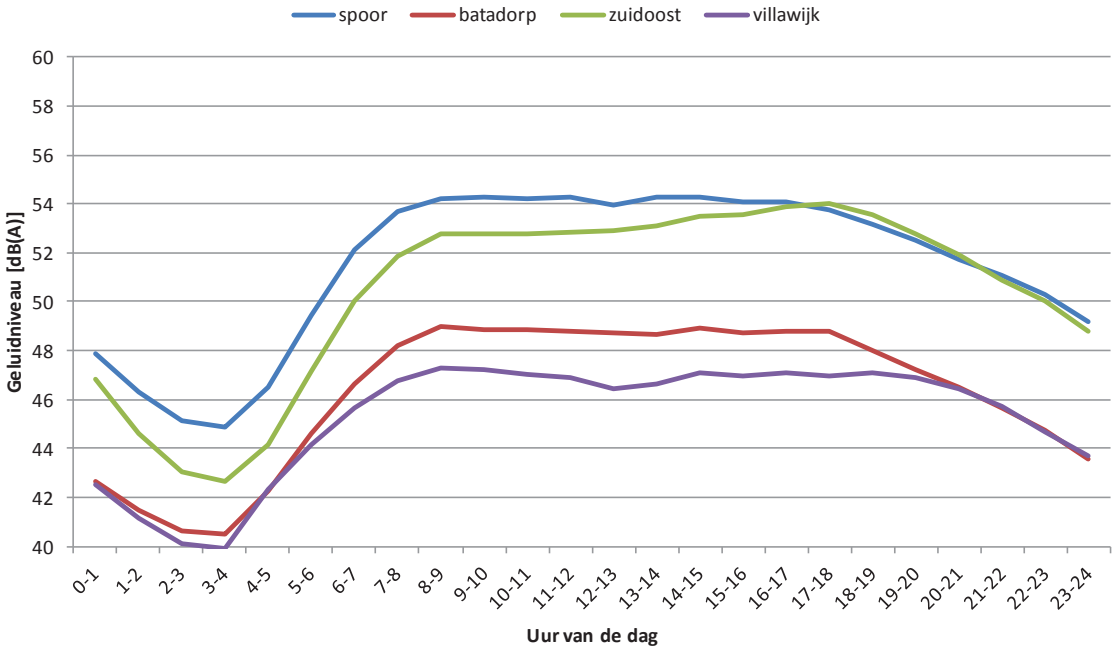
Figuur 6: weekgemiddeld uurverloop gedurende een dag



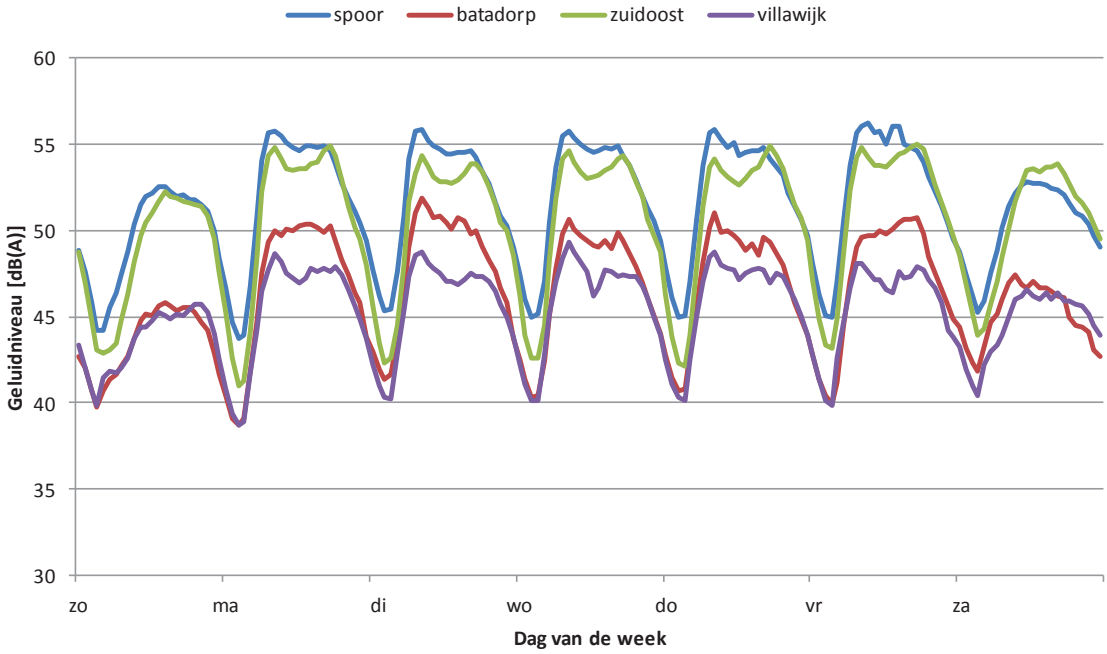
Figuur 7: overzicht gemiddelde geluidsniveaus gedurende een week

4.2 Wegverkeer

In de volgende figuren zijn de L_{eq}-waarden per uur voor wegverkeer van de vier meetpunten weergegeven. Figuur 8 is het verloop over een etmaal en figuur 9 over een week.



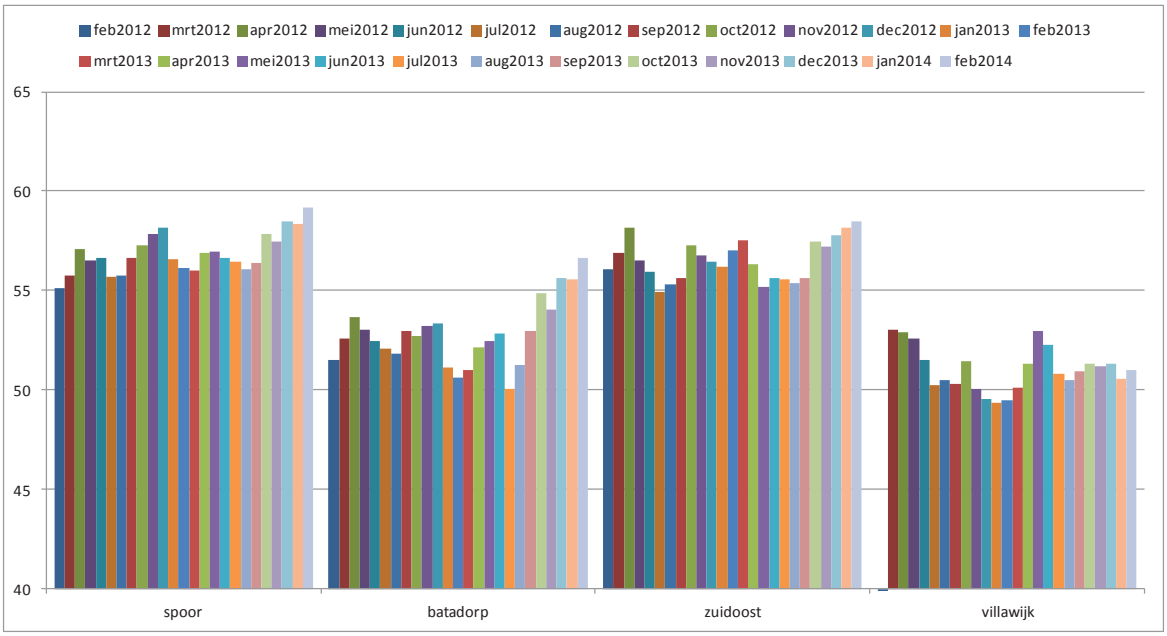
Figuur 8: weekgemiddeld uurverloop gedurende een dag



Figuur 9: overzicht geluidsniveaus wegverkeer gedurende een week

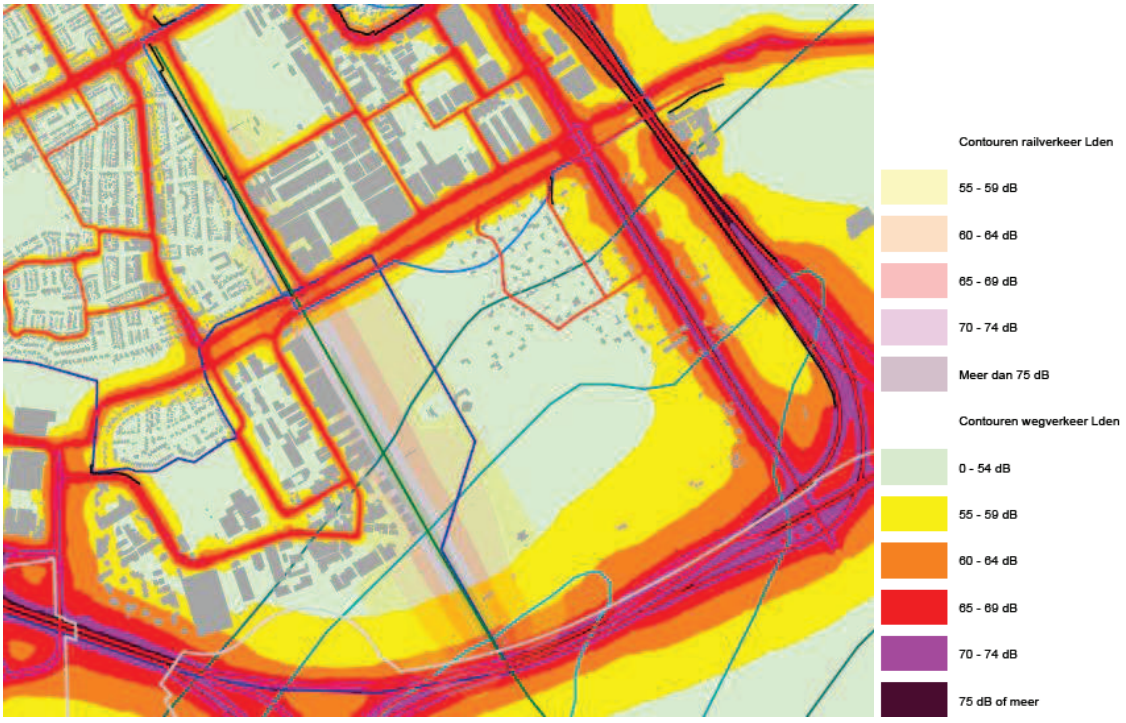
In bovenstaande figuur is te zien dat met name de ochtendspits tot een verhoogd geluidsniveau leidt. Ter hoogte van meetpunt zuidoost is ook de avondspits zichtbaar.

Bovenstaande geluidsniveaus leiden tot de volgende L_{den}-niveaus per maand (figuur 10) gedurende de meetperiode.



Figuur 10: gemeten L_{den}-waarden wegverkeer per maand. Ter hoogte van meetpunt villawijk zijn geen meetgegevens beschikbaar over de maand februari 2012.

Genoemde L_{den}-waarden kunnen vergeleken worden met de geluidskaart van de gemeente Best.



Figuur 11: uitsnede geluidskaart weg- en railverkeer en luchtvaart gemeente Best (2011)

De berekende en gemeten geluidsniveaus zijn weergegeven in onderstaande tabel:

Tabel 2
Berekende en gemeten geluidsniveaus in L_{den}

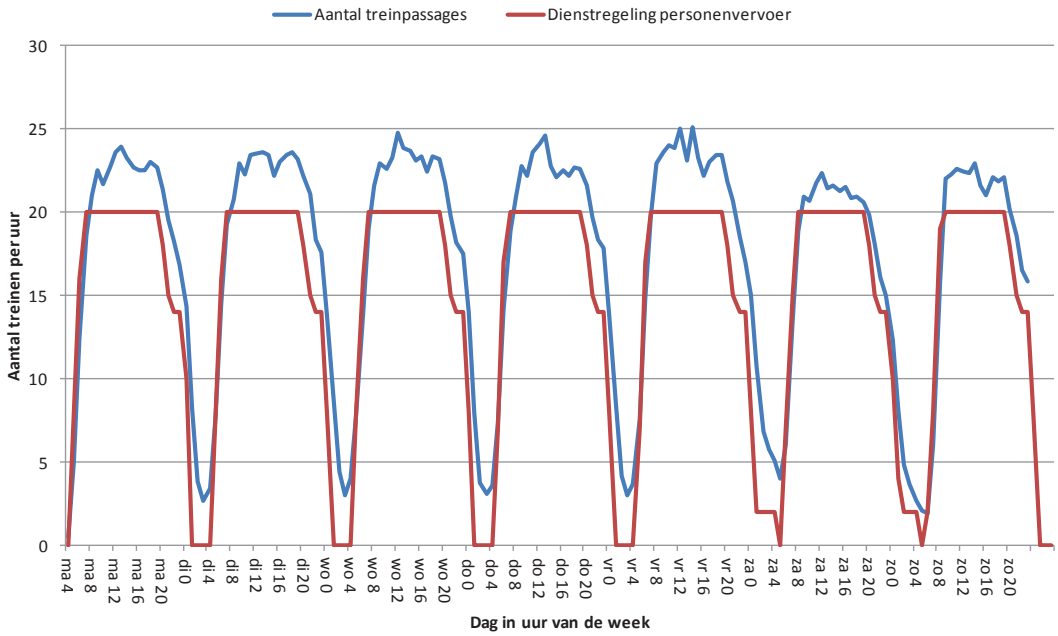
locatie	gemeten in dB	geluidskaart in dB
spoor	57	55 t/m 59
Batadorp	53	50 t/m 54
villawijk	51	50 t/m 54
zuidoost	56	60 t/m 64

Uit de vergelijking in tabel 2 blijkt dat, met uitzondering van locatie zuidoost, de gemeten waarden binnen de berekende geluidsbelastingklassen voor de betreffende punten vallen. Opgemerkt moet worden dat de berekening van de geluidskaart voor een waarneemhoogte van 4 meter boven het lokale maaiveld is uitgevoerd. De meethoogtes wijken hier op enkele locaties van af (met name locatie zuidoost). Dit zal echter tot marginale verschillen leiden, omdat in de rekenmethode gebruik is gemaakt van een eenvoudig (SKM1) rekenmodel, waarbij bebouwing beperkt is meegenomen. Alleen bij Zuidoost is het meetpunt op circa 1.5 meter boven het maaiveld gelegen. Hierdoor zal een iets lagere geluidsbelasting worden gemeten dan berekend. Wat verder opvalt, is dat vanwege wegverkeer de geluidsniveaus bij meetpunt villawijk vanaf juli duidelijk lagere waarden toen ten opzichte van de periode daarvoor. Dit zal te maken hebben met de reconstructie van de Eindhovenseweg waarbij een geluidsreducerende verharding is aangebracht. Op de locatie langs het spoor laat de tweede helft van de meetperiode juist een hoger geluidsniveau vanwege wegverkeer zien. De reden hiervan is (nog) niet bekend.

4.3 Railverkeer

Uit de metingen blijkt dat railverkeer vrijwel alleen op het meetpunt langs het spoor wordt gemeten. Alleen bij ongunstige wind, bijvoorbeeld in de nacht om 04.16 uur op 2 maart 2012 is dit (bij oostelijke wind) ook te horen in bijvoorbeeld Batadorp.

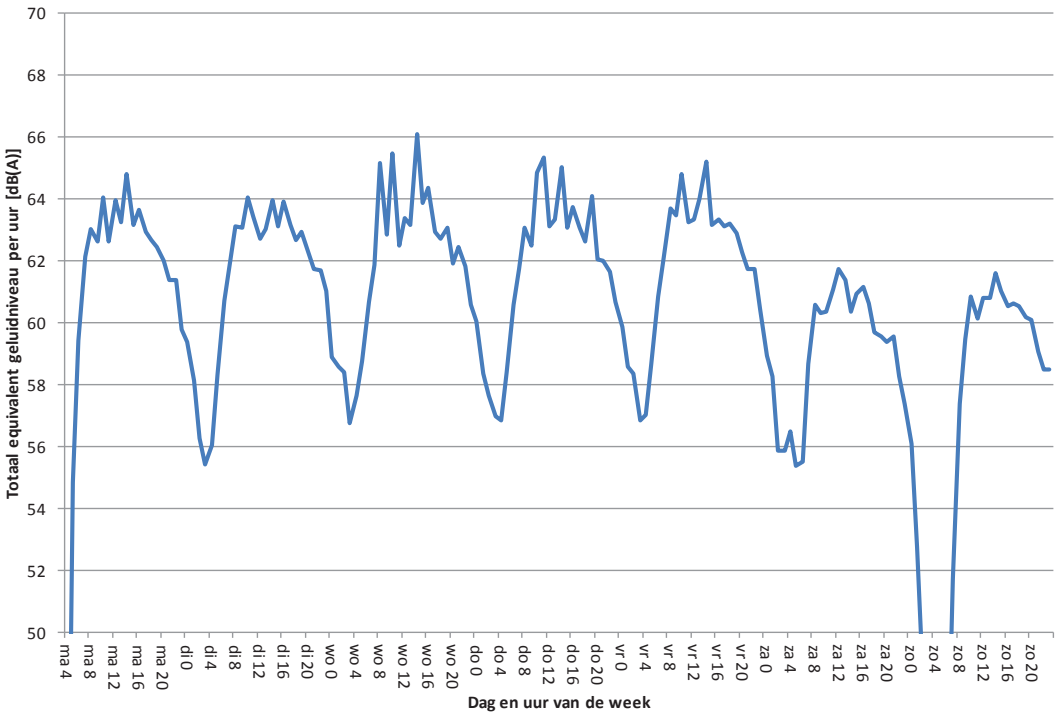
Aan de hand van de metingen langs het spoor is onderzocht hoeveel treinen er gemiddeld per uur het meetpunt passeren. Dit is afgezet tegen de dienstregeling van het personenvervoer. Het verschil daartussen is het aantal geregistreerde goederenpassages en mogelijk lege personentreinen.



Figuur 12: overzicht aantal treinpassages per uur en aantal volgens de dienstregeling NS (dienstregeling november 2012)

In figuur 12 is te zien dat er overdag per uur circa twee tot drie meer treinen worden gemeten dan er volgens de dienstregeling rijden. Dit zijn vermoedelijk goederentreinpassages of lege passagierstreinen (buiten dienstregeling).

Bovenstaande aantallen leiden tot het volgende verloop over een week voor het gemeten equivalente geluidsniveau per uur. Dit gemiddelde is bepaald aan de hand van de metingen over de gehele meetperiode, waarbij een energetische middeling heeft plaatsgevonden.



Figuur 13: verloop equivalent geluidsniveau per uur gedurende een week

In figuur 13 is goed te zien dat het equivalente geluidsniveau in de meeste nachten tussen 58 en 60 dB ligt. Uitzondering is de nacht van zaterdag op zondag en zondag op maandag. In die periodes is het niveau duidelijk lager. Dit wordt veroorzaakt doordat er dan weinig tot geen goederentreinen rijden.

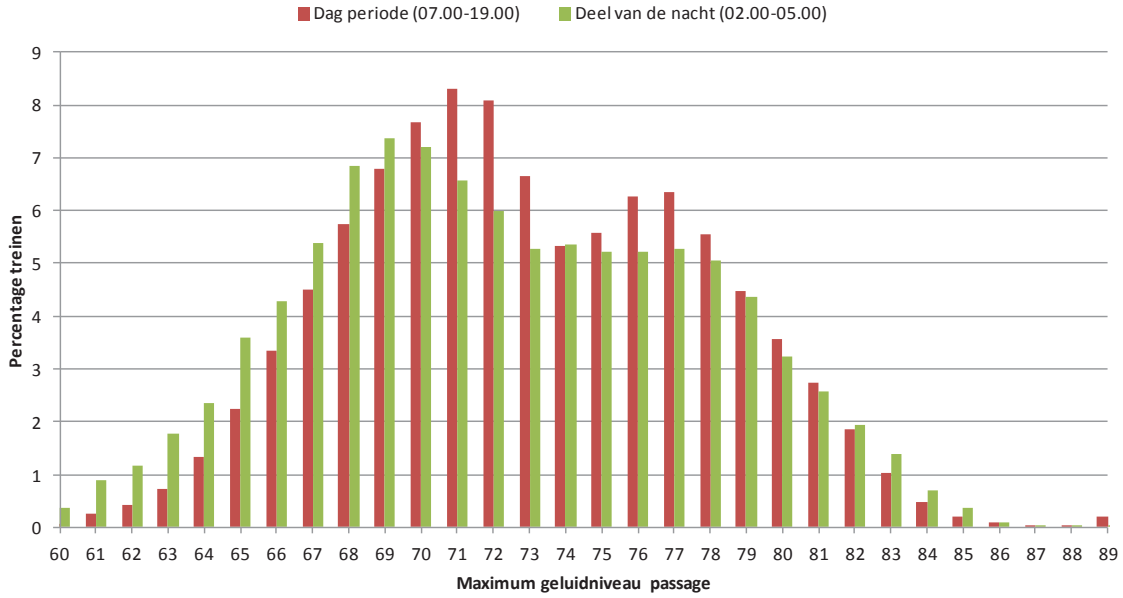
Aan de hand van de meting is ook een L_{den} berekend voor het meetpunt langs het spoor. Dit is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 3
Equivalent geluidsniveau per periode en L_{den}

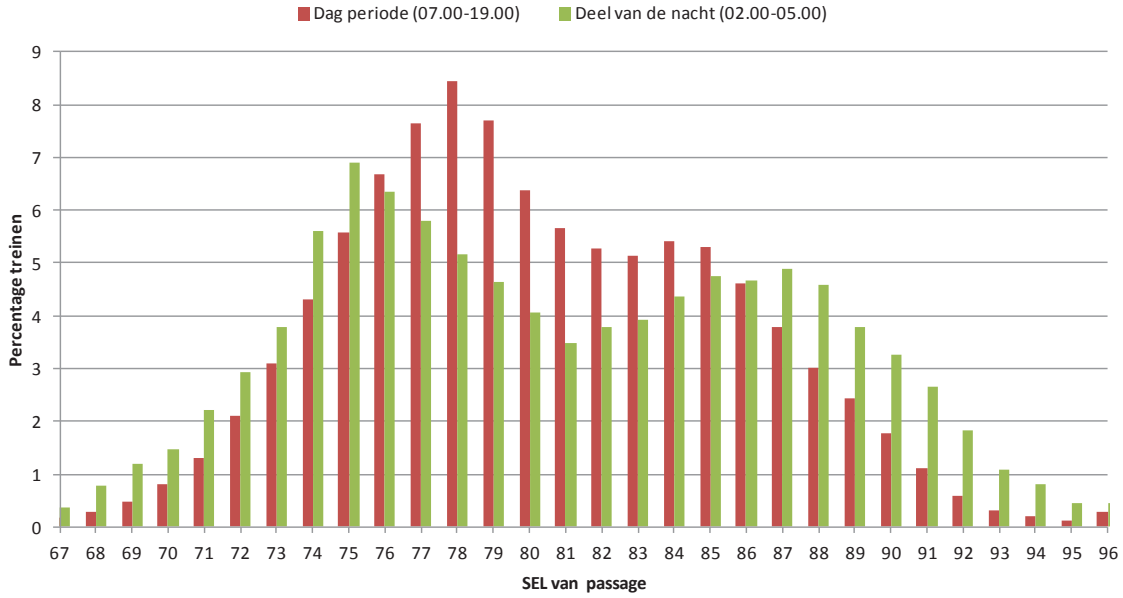
periode	**gemeten geluidsniveau**	**geluidkaart geluidsniveau**
dag	62.8 dB(A)	--
avond	61.6 dB(A)	--
nacht	57.7 dB(A)	60 t/m 64 dB(A)
L_{den}	65.6 dB	70 t/m 74 dB

In figuur 11 is te zien dat het verwachte geluidsniveau in L_{den} 70 t/m 74 dB is. De gemeten waarde in L_{den} valt is lager dan deze geluidbelastingsklasse. Dit verschil zal veroorzaakt worden door de aanwezigheid van een geluidwal, die niet meegenomen is in het akoestische rekenmodel voor de geluidkaart.

In de volgende figuren is de spreiding in gemeten niveaus weergegeven voor de maximaal gemeten geluidsniveaus alsmede de SEL-waarden. Er is onderscheid gemaakt tussen de dagperiode en een deel van de nachtperiode. Een SEL-waarde komt overeen met de totale emissie van een passage (of event). Dit houdt in dat een twee keer zo lange trein, die per wagon evenveel geluid produceert, ook een twee keer zo hoge (3 dB) SEL waarde zal hebben, terwijl het gemiddelde geluidsniveau ook wel L_{aeq} gelijk kan zijn. Door de SEL-waarden te presenteren, ontstaat een beeld hoeveel geluid een passage in totaal maakt en kunnen treinpassages onderling vergeleken worden.



Figuur 14: spreiding in maximale geluidsniveaus van treinpassages. De groene balken zijn representatief voor de spreiding in goederentreinen.



Figuur 15: spreiding in SEL-geluidsniveau van treinpassages. De groene balken zijn representatief voor de spreiding in goederentreinen.

In de vorige figuren is te zien dat de spreiding tussen treinen onderling zeer groot is. Ook is te zien dat goederentreinen gemiddeld aanzienlijk meer geluid produceren, maar ook vrij stil kunnen zijn.

4.4 Luchtvaart

Vanaf februari 2012 t/m februari 2014 zijn de volgende aantallen vliegtuigpassages gemeten en herkend. Opgemerkt dient te worden dat alleen passages van vliegtuigen die over Best vliegen gemeten worden. Over het algemeen zijn dit de vliegtuigen die landen (zuidwestenwind). Bij noord tot oostelijke wind worden ook opstijgende vliegtuigen gemeten.

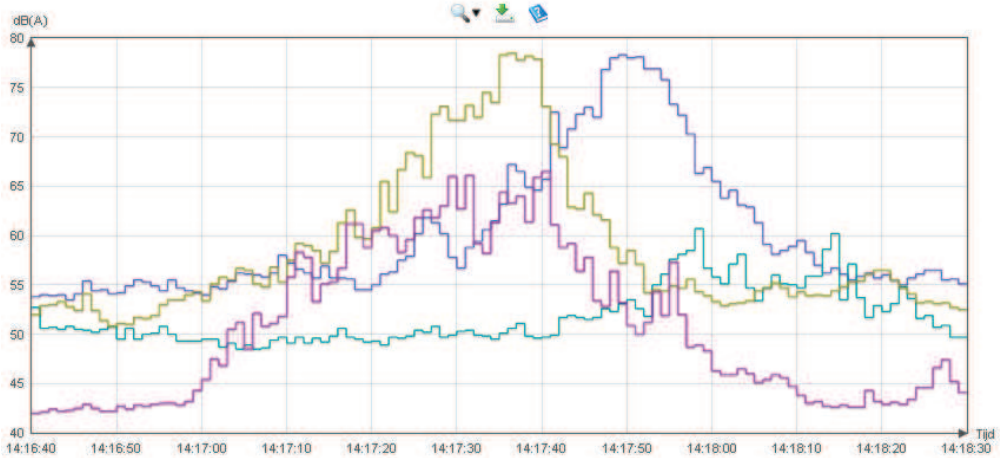
Tabel 4
Geregistreerde en herkende vliegtuigpassages van februari 2012 t/m februari 2014

meetpunt	**feb 2012 – feb 2013**		**feb 2013 – feb 2014**		**feb 2012-feb 2014**	
meetpunt	**dagperiode**	**avondperiode**	**dagperiode**	**avondperiode**	**dagperiode**	**avondperiode**
spoor	8.000	800	12.000	1.100	20.000	1.900
Batadorp	2.500	300	4.000	300	6.500	600
villawijk*	8.000	750	11.500	1.250	19.500	2.000
zuidoost	8.000	800	13.000	2.200	21.000	3.000

* Metingen op 22 februari gestart

In tabel 4 is te zien dat het aantal herkende vliegtuigpassages niet overal gelijk is. Wel is er ten opzichte van de eerdere periode een toename van het aantal passages duidelijk waarneembaar. De oorzaak is dat het geluid niet overal even goed te horen is. Ter hoogte van punt zuidoost en villawijk is er een vergelijkbaar aantal passages geregistreerd. Voor de locatie aan het spoor is gebruikgemaakt van herkenning van vliegtuigen ter hoogte van meetpositie zuidoost. Daarbij is de best gelijkende piek gematched. Het kan zijn dat die pieken enigszins verstoord zijn door een gelijktijdige treinpassage of dat een treinpassage is gematched met de vliegtuigpassage op locatie zuidoost. Bij Batadorp is een aanzienlijk lager aantal vliegtuigpassages herkend. Dit komt door de lagere geluidsniveaus op deze locatie.

Een voorbeeld van een vliegtuigpassage en de bijbehorende geluidsniveaus illustreert de oorzaak van deze verschillen.



Figuur 16: voorbeeld van een vliegtuigpassage (landend vliegtuig), donkerblauw = spoor, lichtblauw = Batadorp, paars = villawijk en beige = zuidoost

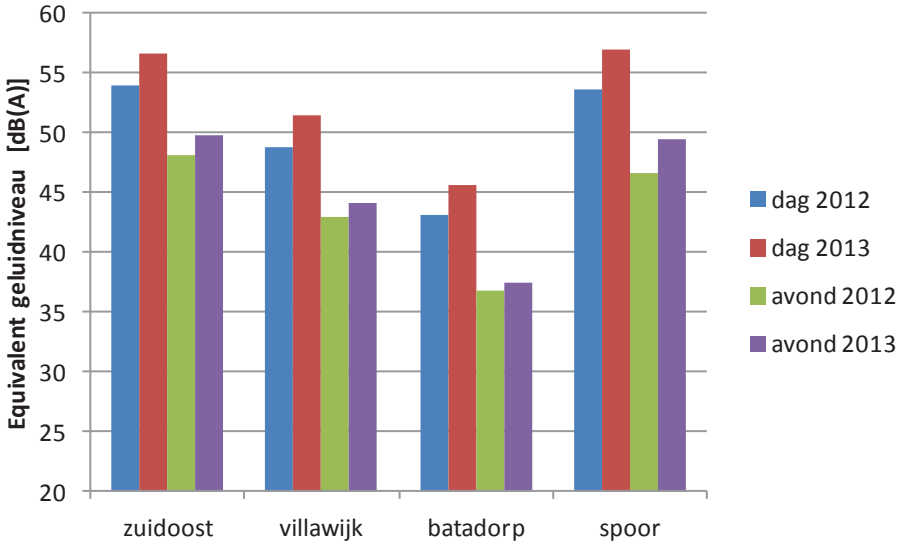
In figuur 16 is te zien dat het vliegtuig bij Batadorp tot een geluidsniveau van rond 60 dB(A) leidt. Bij het spoor en zuidoost is dat bijna 80 dB(A) en bij de villawijk ruim 65 dB(A). Een voorwaarde voor het herkennen van een vliegtuigpassage is een maximaal geluidsniveau van meer dan 61 dB(A). Hiermee worden false positives zoveel mogelijk voorkomen.

Uit de gemeten niveaus van de vliegtuigpassages is het equivalent geluidsniveau gedurende de dag en avond berekend, alsmede een L_{den}-waarde. Dit is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5
Equivalent geluidsniveau per periode en L_{den}

periode	**zuidoost**	**villawijk**	**Batadorp**	**spoor**
dag	55.3 dB(A)	50.1 dB(A)	44.3 dB(A)	55.5 dB(A)
avond	48.8 dB(A)	43.4 dB(A)	36.9 dB(A)	48.3 dB(A)
nacht	--	--	--	--
L_{den}	53.3 dB	48.0 dB	42.1 dB	53.3 dB

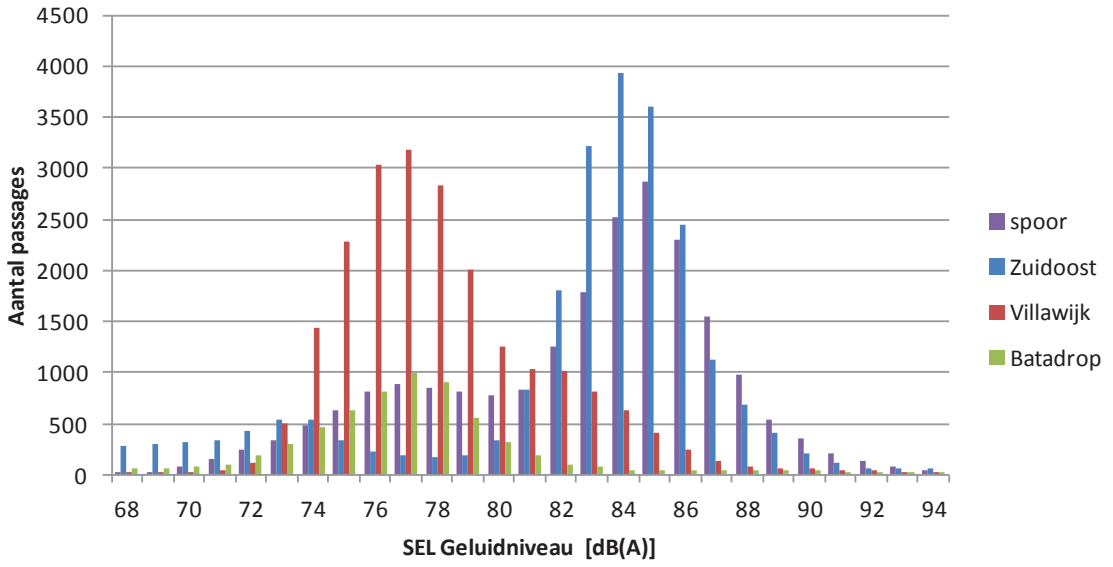
Aangezien er nu twee jaar is gemeten kan ook worden onderzocht wat het verschil is tussen de periode februari 2012 tot februari 2013 en tussen februari 2013 en februari 2014. Dit is weergegeven in onderstaande figuur.



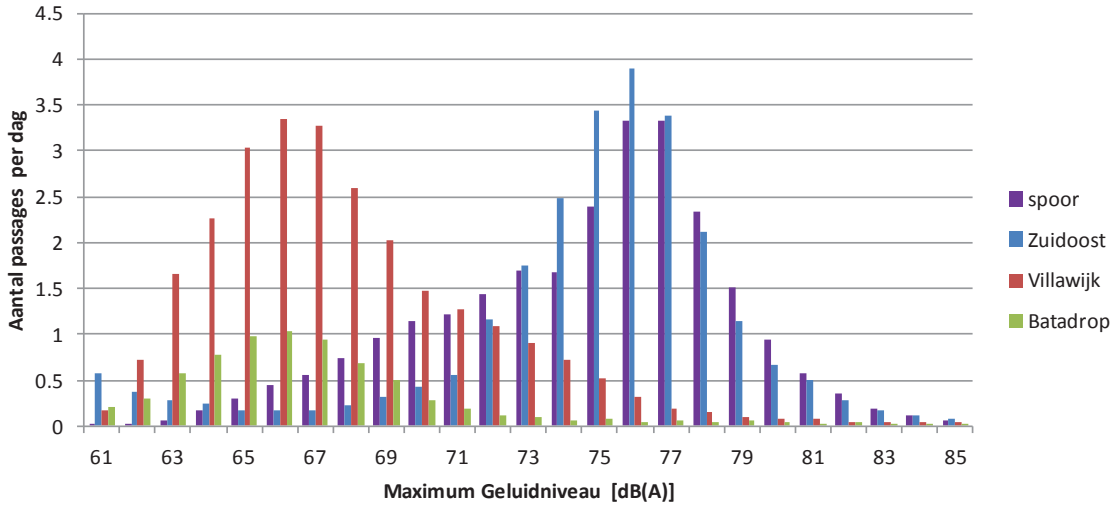
Figuur 17: verschil geluidniveaus in de dag en avondperiode voor 2012 en 2013

In de figuur is te zien dat ten opzichte van de metingen in 2012 het vliegtuiglawaai is toegenomen met circa 3 dB(A) in de dagperiode en 2 dB(A) in de avondperiode. De vermoedelijke oorzaak is het toegenomen aantal vliegbewegingen over de meetpunten.

Naast gemiddelden kan tevens worden gekeken naar de spreiding in geluid geproduceerd door de vliegtuigen. In de volgende figuren is de spreiding in SEL-waarde en L_{max}-waarde weergegeven.

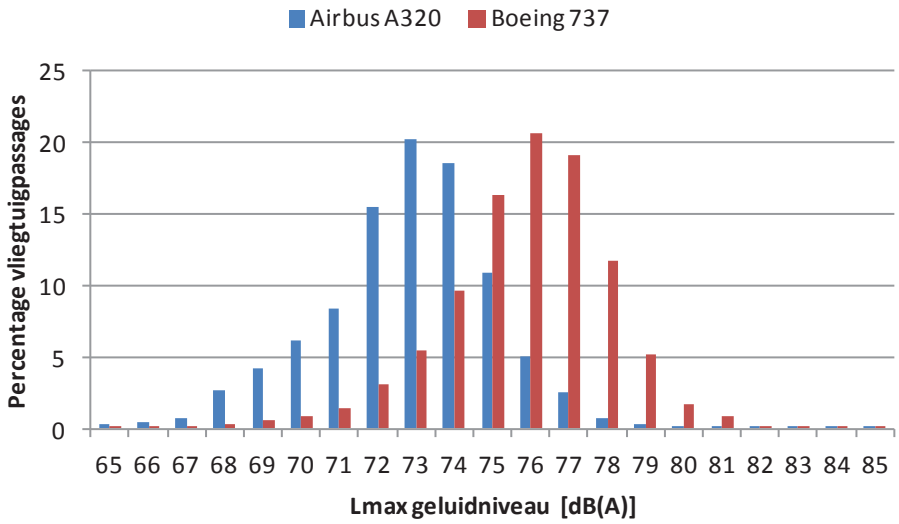


Figuur 18: overzicht spreiding in SEL- waarden tussen vliegtuigpassages



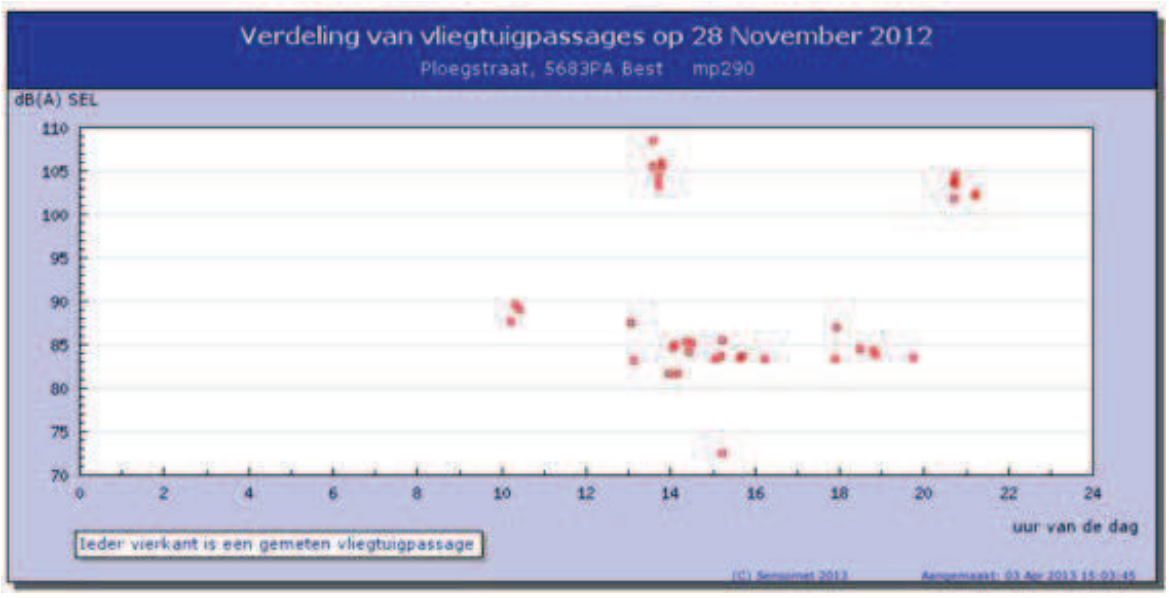
Figuur 19: overzicht spreiding in maximale geluidsniveaus tussen vliegtuigpassages

In de figuren is te zien dat het gemeten geluidsniveau op locatie zuidoost het hoogst is. De spreiding tussen passagegeluid is rond de 10-15 dB(A). Naast vliegtuigtype kunnen de aanvliegroute en de hoogte daarbij van invloed zijn (alsmede opstijgen of landen). Uit een analyse van vliegtuiggegevens blijkt dat met name Airbus A320 en Boeing 737 vliegtuigen worden gemeten, waarbij een ruim 3 maal zo hoog aantal Boeing 737 vliegtuigen zijn gemeten ten opzichte van de Airbus A320. In onderstaande figuur is het verschil bij maximale geluidsniveaus voor de twee type vliegtuigen weergegeven (locatie zuidoost).



Figuur 20: overzicht spreiding tussen type vliegtuigen

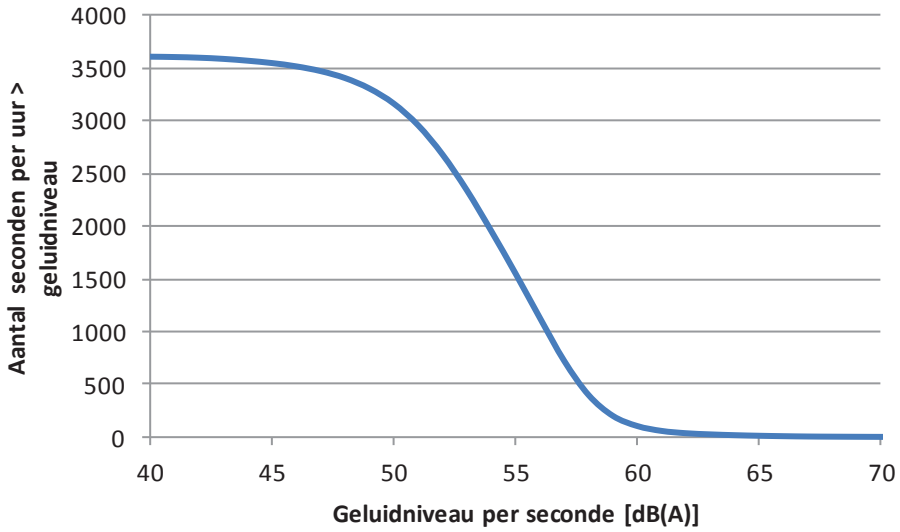
In figuur 20 is te zien dat de Boeing 737 vliegtuigen gemiddeld circa 3 dB hogere geluidsniveaus veroorzaken vergeleken met de Airbus A320. Eind november 2012 zijn tevens oefenvluchten van F16 vliegtuigen vanaf Eindhoven uitgevoerd.
Deze vliegtuigen waren maatgevend voor de geluidsniveaus op die dag. Dit is in onderstaande figuur weergegeven. Ieder puntje is een vliegtuigpassage.



Figuur 21: vliegtuigpassages op 28 november. De puntenwolken boven 100 dB(A) SEL zijn verschillende F16 vliegtuigen

4.5 Industrie

Het industriegeluid wordt met name gevormd door af- en aanrijden van vrachtverkeer. Er zijn voor zover bekend geen 'grote lawaaimakers' op het terrein. Het vrachtverkeer kan wel een bepaald patroon hebben. Na twee jaar meten blijkt er geen afwijkend patroon van geluidsniveaus op locatie Batadorp te zijn. In onderstaande figuur is weergegeven welke niveaus (per seconde) er gemeten wordt op werkdagen tussen 8.00 en 9.00. Hiermee is gekeken in hoeverre incidentele piekniveaus zichtbaar zijn.



Figuur 22: gemiddelde geluidniveaus tussen 8 en 9 uur 's ochtends op werkdagen, waarbij het aantal seconden per uur is weergegeven dat het gemeten geluidniveau boven de weergegeven waarde uitkomt

In de figuur is te zien dat geluidniveaus met name circa de helft van de tijd er niveaus boven de 55 dB(A) worden gemeten. Gedurende bijna 2 minuten per uur is dat meer dan 60 dB en circa 13 seconden/keer per uur boven de 65 dB.

4.6 Scheepvaart

Bij nadere analyse van de metingen is gebleken dat scheepvaart geen onderscheidend vermogen heeft op de meetresultaten. Ook het afluisteren van geluidsverhogingen resulteert niet in het herkennen van scheepspassages. Geconcludeerd kan worden dat scheepvaart geen invloed heeft op gemiddelde geluidsniveaus.

4.7 Evenementen

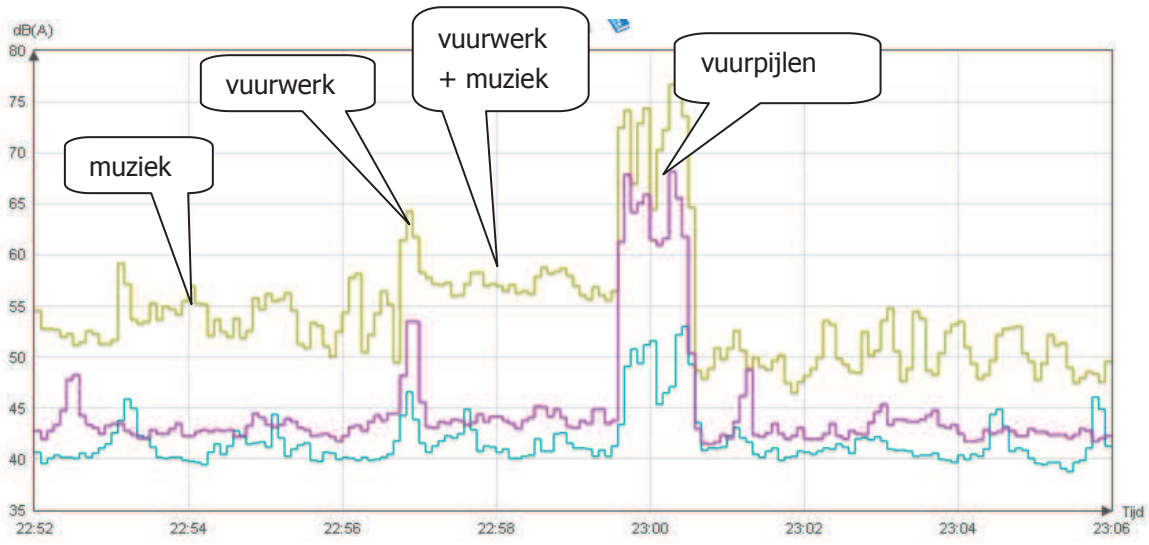
Door de gemeente is aangeven dat er in de meetperiode zes evenementen hebben plaatsgevonden op Aquabest.

- 12 mei Housequake van 13.00 tot 23.00 uur;
- 21 mei Bavaria Springbreak van 17.00 tot 23.00 uur;
- 9 juni Lakedance van 13.00 tot 23.00 uur;
- 14 juli Extrema van 11.00 tot 23.00 uur;

- 11 augustus Lakedance van 12.00 tot 23.00 uur;
- 1 september Frequence van 13.00 tot 23.00 uur.

De zes evenementen worden onder kort besproken.

In onderstaande figuur zijn de geluidsniveaus van Housequake (12 mei) weergegeven, daarbij is ook geluisterd naar de MP3-opnamen om het geluid te duiden.

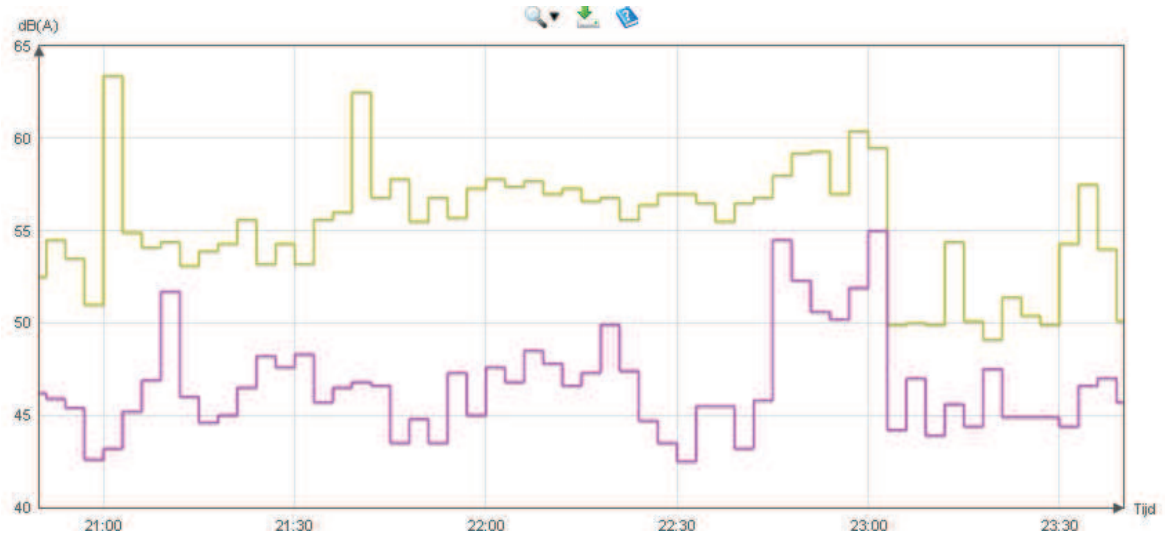


Figuur 23: overzicht gemeten geluidsniveaus rond het einde van Housequake voor locatie zuidoost (beige), villawijk (paars) en Batadorp (blauw). Het spoor is niet weergegeven omdat treinpassages het signaal sterk verstoren.

In figuur 24 is te zien dat de muziek tot een verhoging van het geluidsniveau van 3-5 dB heeft geleid op de locatie zuidoost. Bij het naluisteren was de muziek hier dan ook hoorbaar. Op de overige locaties is geen significante verhoging gemeten. Op alle drie de locaties is wel het vuurwerk (vlak voor 22.57 uur en iets langer rond 23.00 uur) gemeten.

Het Bavaria Springbreak evenement heeft niet tot een te onderscheiden verhoging van de geluidsniveaus geleid. Ook bij afluisteren is muziekgeluid niet te horen.

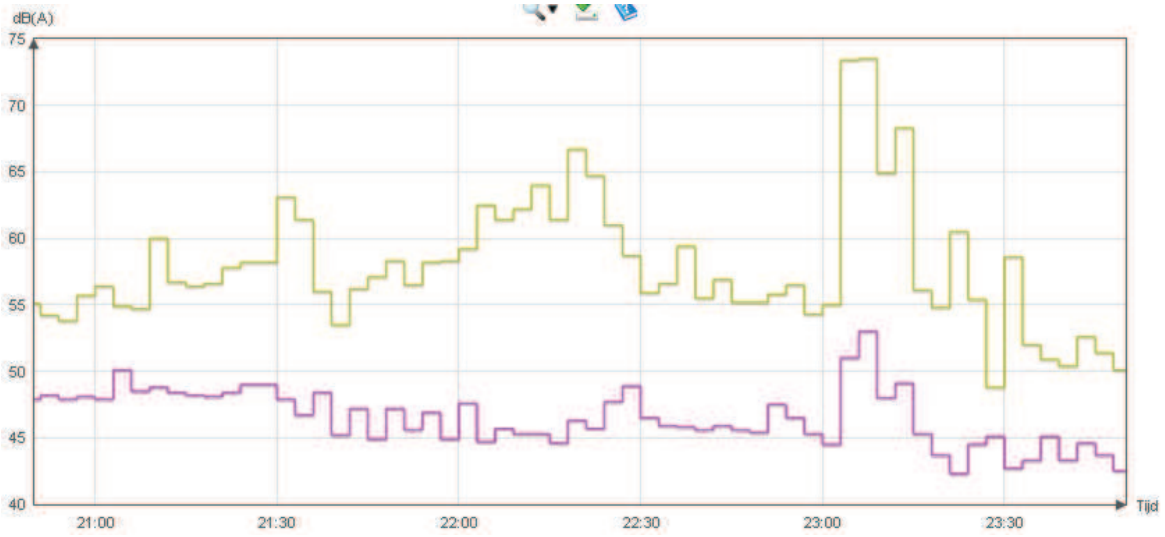
Lakedance is overdag niet gemeten of te horen. In de volgende figuren zijn de geluidsniveaus in de avond van de twee dichtstbijzijnde punten weergegeven.



Figuur 24: overzicht gemeten geluidsniveaus rond het einde van Lakedance voor locatie Zuidoost (beige) en villawijk (paars)

Te zien is dat er op locatie zuidoost een verhoging is gemeten en het laatste half uur, wegens vuurwerk, ook bij locatie villawijk.

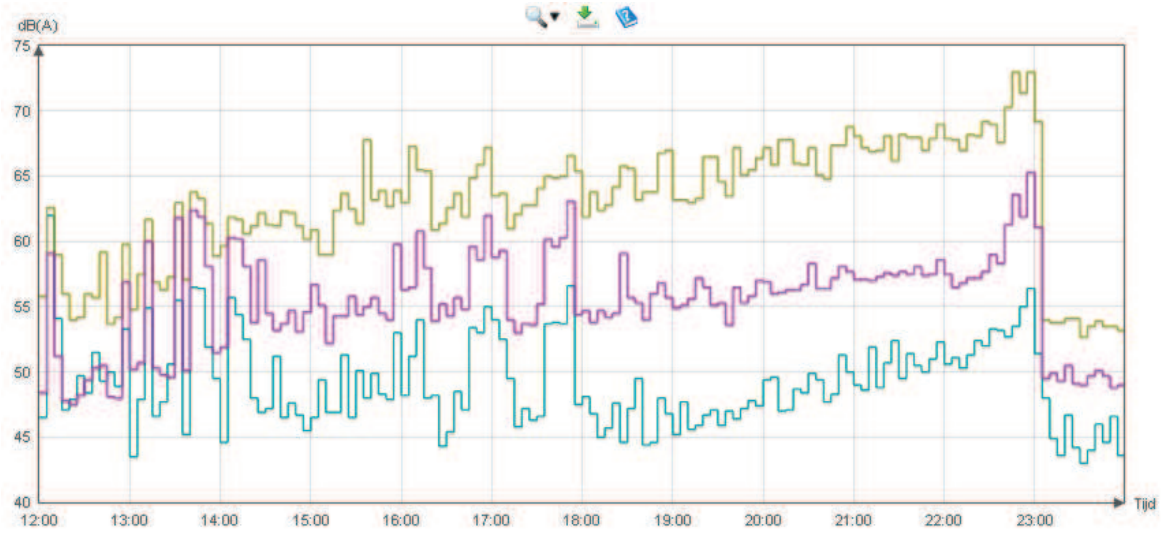
De geluidsniveaus van Extrema zijn hieronder weergegeven.



Figuur 25: overzicht gemeten geluidsniveaus rond het einde van Extrema voor locatie zuidoost (beige) en villawijk (paars)

Ook Extrema is te horen geweest op locatie zuidoost. Daarbij is na 23.00 uur op beide locaties vuurwerk gemeten en te horen. De laatste tonen vielen uit op 23.17 uur.

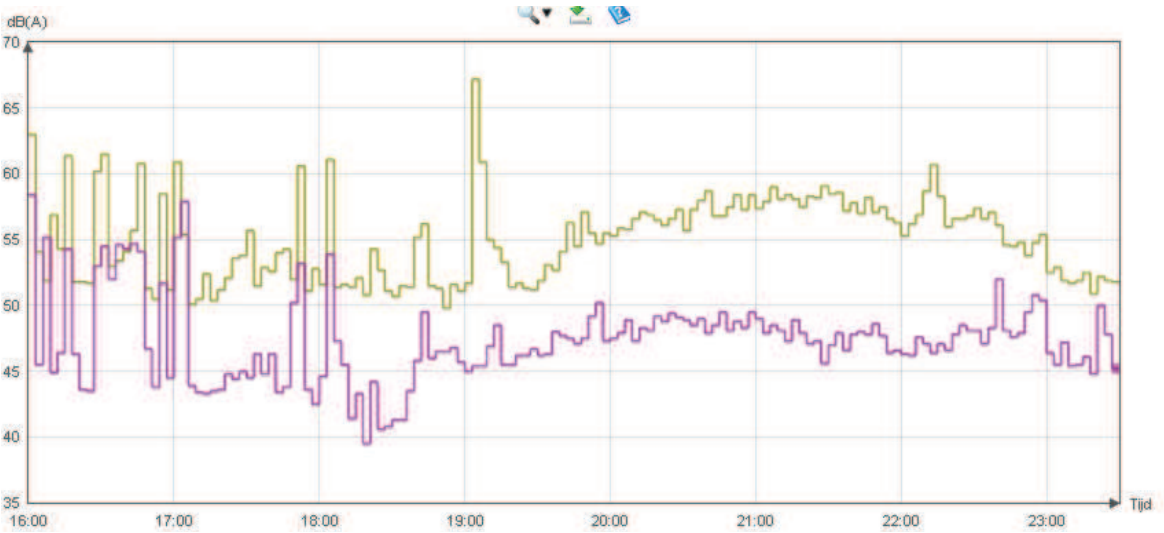
Op 11 augustus vond, bij oostenwind met windkracht 3, Lakedance plaats.



Figuur 26: overzicht gemeten geluidsniveaus rond van Lakedance voor locatie zuidoost (beige) en villawijk (paars) en Batadorp (licht blauw). De locatie langs het spoor heeft een vrijwel identiek geluidniveau als bij Villawijk.

In de figuur is te zien dat, met deze meteorologische omstandigheden het evenement tot op locatie Batadorp te horen is. Ook te zien is dat de geluidniveaus in de avond toenemen, met muziek geluid op locatie zuidoost tot boven de 65 dB. De verhoging tot boven de 70 dB aan het eind wordt veroorzaakt door vuurwerk. De verhoging rond 17.00 en voor 18.00 wordt veroorzaakt door vliegtuigpassages.

Op 1 september 2012 vond Frequence plaats.



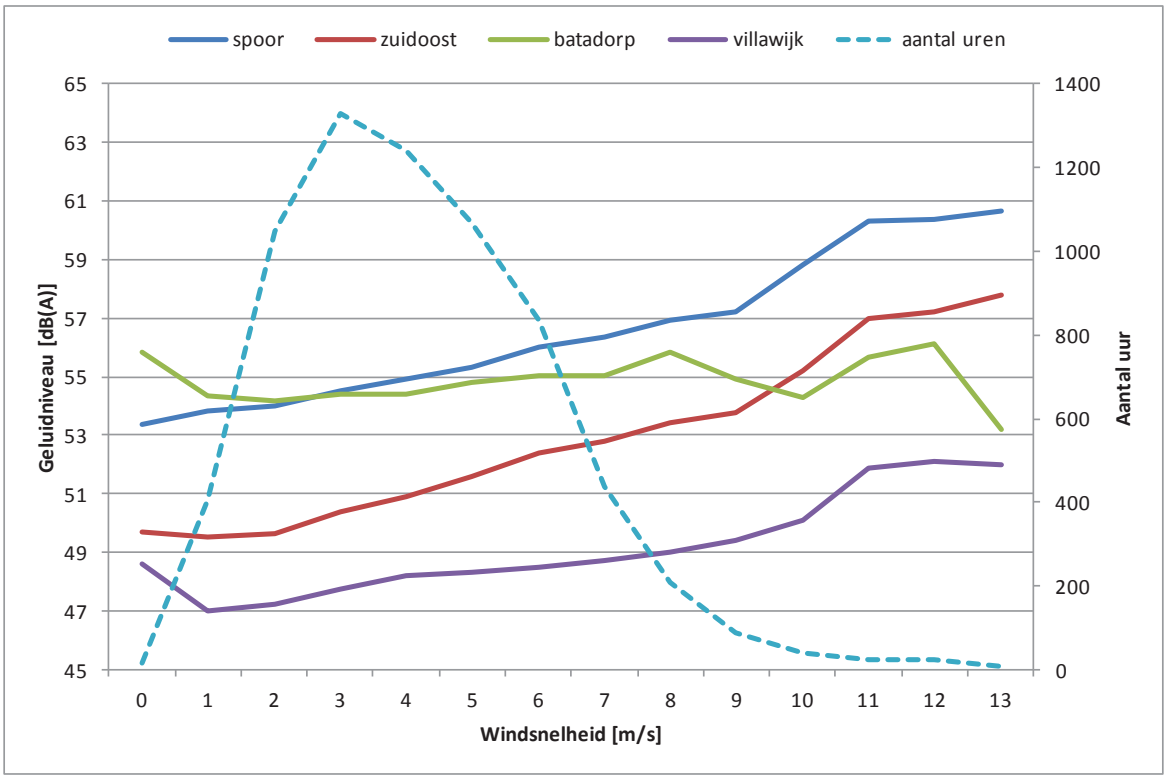
Figuur 27: overzicht gemeten geluidsniveaus rond van Frequence voor locatie zuidoost (beige) en villawijk (paars)

Te zien is dat met name in de avond het evenement waarneembaar was en bij locatie zuidoost tot geluidniveaus tussen 55 en 60 dB leidt.. In dit geval is niet afgesloten met vuurwerk, waardoor rond 23.00 er geen piek te zien is.

Voor alle genoemde evenementen, waarbij geluid te horen was, is dit met name in het laag frequente gebied geweest. De beat van de muziek komt als doffe dreun aan. Ook is zichtbaar dat de meteorologie een aanzienlijk effect heeft. Bij oostenwind zijn de evenementen tot op grote afstand (ruim 2.5 km) te horen is.

4.8 Effecten meteorologie

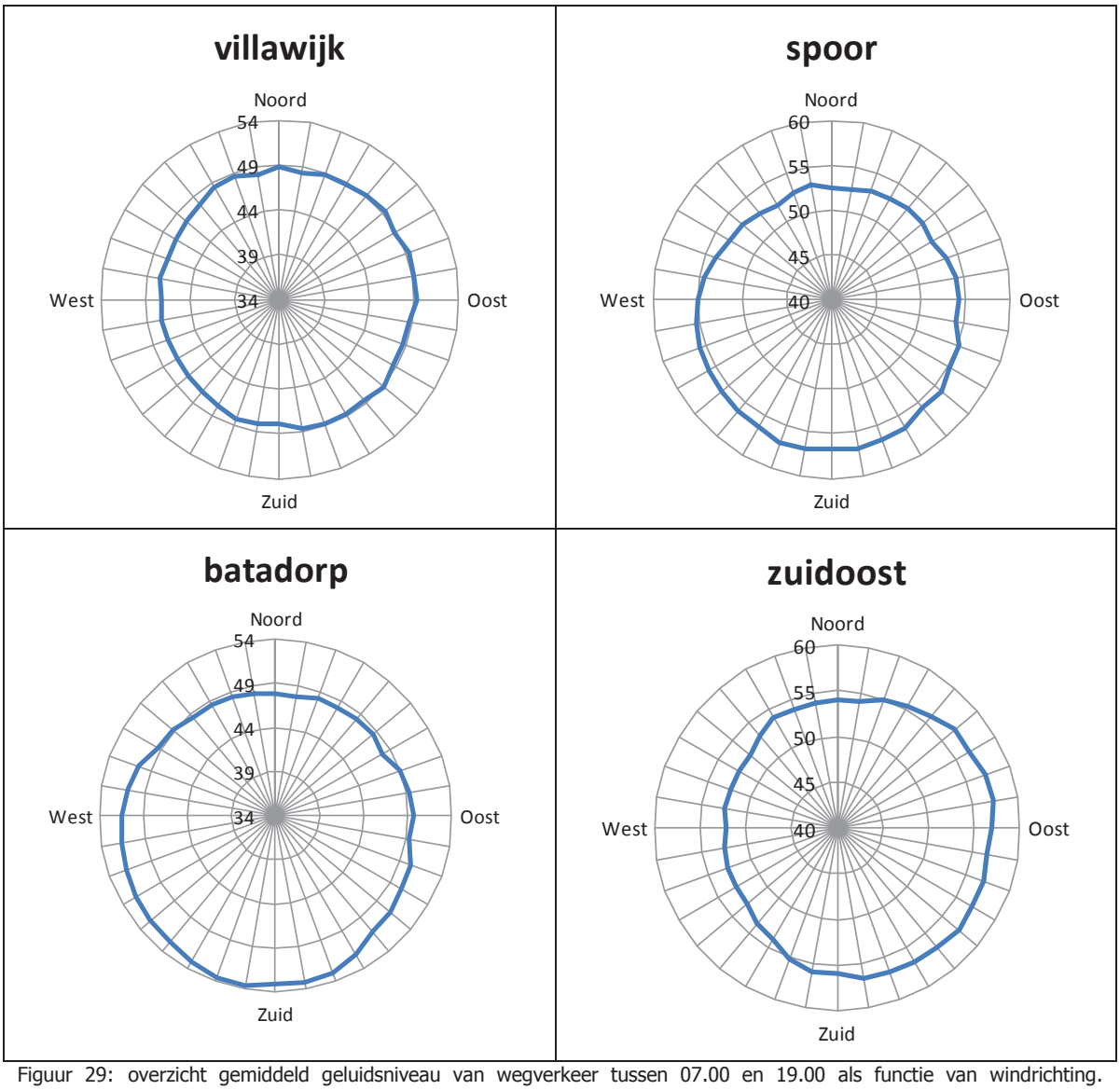
Aan de hand van een koppeling van geluidsniveaus met windsnelheid en windrichting gegevens is een analyse per meetpunt gemaakt van bij welke meteorologische omstandigheden het meeste wegverkeersgeluid wordt gemeten. In navolgende figuur zijn de gemiddelde totaalniveaus als functie van windsnelheid weergegeven:



Figuur 28: overzicht gemeten als functie van windsnelheid. Tevens weergegeven is het aantal uren gedurende de meetperiode dat een bepaalde windsnelheid voorkwam. De waarden zijn gemiddeld op basis van uurgemiddelde windsnelheden en uurgemiddelde geluidsniveaus.

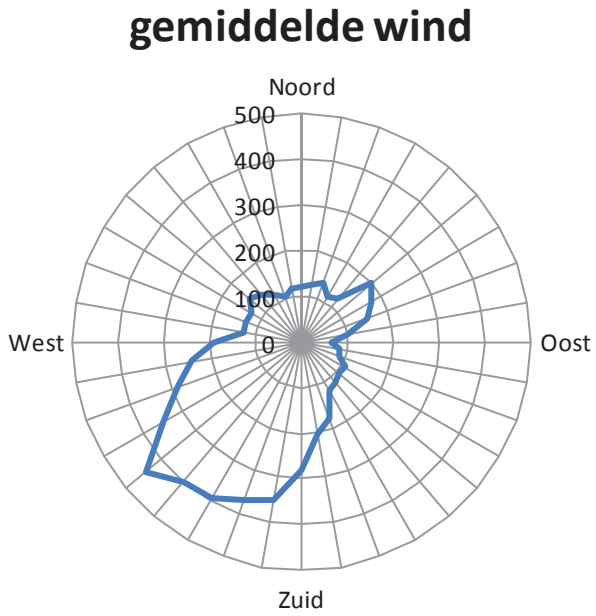
In de volgende figuur is te zien dat bij hogere windsnelheden ook de gemeten geluidsniveaus hoger worden. Uitgezonderd is locatie Batadorp. De waarden bij hogere windsnelheden zijn onbetrouwbaar vanwege het weinige aantal uren dat dit voorkwam.

In het volgende overzicht zijn de wegverkeer-/achtergrondgeluidsniveaus als functie van windrichting weergegeven.



Figuur 29: overzicht gemiddeld geluidsniveau van wegverkeer tussen 07.00 en 19.00 als functie van windrichting. Metingen zonder of bij veranderlijke wind is buiten beschouwing gelaten.

In de figuren is te zien dat er bij locatie villawijk geen sterke windafhankelijke is. Er zijn licht hogere geluidsniveaus bij oostenwind. Voor de locatie bij het spoor worden de hoogste geluidsniveaus gemeten bij zuidenwind. Opvallend is locatie zuidoost, waarbij er een duidelijk hoger geluidniveau is bij oostenwind (Eindhovenseweg en de A2). In Batadorp levert zuidwestenwind juist het hoogste geluidsniveau op (A58). Opgemerkt moet wel worden dat, ondanks dat er een jaar is gemeten, sommige windrichtingen uurgemiddeld weinig zijn voorgekomen. Na het volgende jaar metingen zal de nauwkeurigheid toenemen. In de volgende figuur is het aantal uren opgenomen dat een bepaalde windrichting voorkwam.

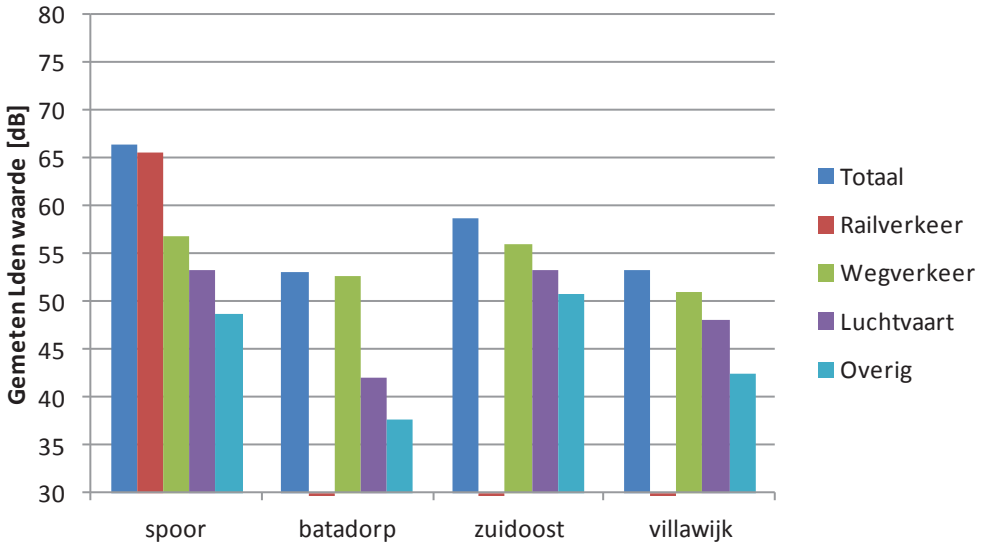


Figuur 30: overzicht aantal uren gedurende de dagperiode en over de meetperiode dat een bepaalde windrichting voorkwam. Er is gekeken in stappen van 10 graden (36 windrichtingen).

In bovenstaande figuur is duidelijk te zien dat zuidwestenwind verreweg het vaakst voorkwam. noorden- en oostenwind komen veel minder vaak voor.

5. Conclusie

Dit rapport betreft een rapportage van twee jaar meten. De metingen zullen worden voortgezet. In volgende rapportages kunnen conclusies nog bijgesteld worden en zullen trends zichtbaar worden. Er zijn metingen uitgevoerd aan cumulatieve (totale) geluidsniveaus, vervolgens is een analyse uitgevoerd om te onderzoeken wat de herkomst van het geluid is. Het resultaat (in L_{den}-waarden) voor de vier meetpunten is in figuur 31 weergegeven:



Figuur 31: overzicht totale L_{den}-waarden en de deelbijdragen per bron. Overige bronnen zijn niet herkend.

In de figuur is te zien dat de locatie bij het spoor het meest geluidsbelast is. Dit wordt met name veroorzaakt door het railverkeer. Voor de overige bronsoorten zijn de locaties zuidoost en spoor vergelijkbaar en het meest geluidsbelast, waarbij van deze bronsoorten wegverkeer het belangrijkste is. Het geluid onder de kop overig is divers (zingende vogels, blaffende honden, maar ook grasmaaiers, etc.).

Bij railverkeer en luchtvaart is er een zeer grote spreiding van emissie tussen verschillende passages geconstateerd. Maximale geluidsniveaus bij woningen treden hier op tussen 60 en 80 dB(A). Alleen ter hoogte van meetpunt zuidoost en bij het spoor is de L_{den}-waarde vanwege luchtvaart groter dan 48 dB, waarbij gemiddeld 30 vliegtuigbewegingen per dag zijn gemeten. Ten opzichte van de vorige rapportage blijkt dat het aantal vliegbewegingen is toegenomen. Hierdoor zijn ook het geluidniveaus toegenomen.

Voor industriegeluid in Batadorp blijkt dat pieken boven de 65 dB tussen 8.00 en 9.00 in de ochtend op werkdagen circa 13 keer/seconden per uur voorkomen.

Scheepvaartgeluid is (nog) niet geregistreerd. De evenementen die plaats hebben gevonden zijn wel herkenbaar, maar hebben geen invloed op L_{den}-waarden over een langere periode. Wel is duidelijk dat windrichting bij een evenement een sterke invloed heeft. Bij (zuid)oosten wind zal een muziekevenement op Aquabest in grote delen van Best te horen zijn.

Voor wegverkeer is op alle meetpunten met uitzondering van villawijk de invloed van windrichting tevens zichtbaar. Ongunstige wind zal leiden tot 3-5 dB hogere geluidniveaus vanwege wegverkeer vergeleken met gunstige wind.

De meetresultaten zijn ook vergeleken met geluidsniveaus die berekend zijn in het kader van de Europese richtlijn omgevingslawaai. Uit deze metingen blijkt dat het geluidsniveau van het weg- en railverkeer redelijk overeenkomt met de berekeningen.

Luchtvaart is niet gerapporteerd in L_{den} voor de Europese richtlijn, waardoor er geen vergelijking tussen meting en berekening heeft plaatsgevonden.

Den Haag, 30 januari 2015
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Bijlage 1

Begrippenlijst en overzicht nauwkeurigheden meetsysteem

Begrippenlijst

begrip/terminologie	notatie	omschrijving
Immissiepunt		De plaats waar het geluidsniveau wordt bepaald.
Emissie		De hoeveelheid geluid die door een bron wordt geproduceerd.
Stoorgeluid		Het op een bepaalde plaats optredende geluid, veroorzaakt door andere geluidsbronnen dan die waarvan het geluidsniveau wordt bepaald.
Dagperiode		De beoordelingsperiode van 07.00 tot 19.00 uur.
Avondperiode		De beoordelingsperiode van 19.00 tot 23.00 uur.
Nachtperiode		De beoordelingsperiode van 23.00 tot 07.00 uur.
Meethoogte	H_m [m]	De hoogte van het immissiepunt boven maaiveld, waarop de microfoon voor de geluidsmetingen zich bevindt.
Equivalent geluidsniveau	L_{Aeq} [dB(A)]	Het energetisch gemiddelde van de fluctuerende niveaus van het ter plaatse, in de loop van een bepaalde periode optredende geluid (T)
Sound Exposure Level (SEL)	dB(A)	Het geluidsdrukniveau dat gedurende 1 seconde dezelfde hoeveelheid energie (dosis) vertegenwoordigt als het werkelijke geluid in de tijd T.
Maximale geluidsniveau	L_{Amax} [dB(A)]	Het maximaal te meten A-gewogen geluidsniveau in de meterstand 'fast' en gecorrigeerd voor de meteocorrectieterm C_m.
L_{den}	L_{den} [dB]	Het gewogen gemiddelde geluidsniveau over een dag. Geluid over de avondperiode krijgt een toeslag van 5 dB en over de nachtperiode van 10 dB. De waarde wordt met de volgende formule berekend: $L_{den} = 10 \cdot {}^{10}\log \frac{12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}}}{24}$

Onnauwkeurigheden

Inleiding

De centrale vraag met betrekking tot meetonnauwkeurigheden wordt omschreven als:

Wat zijn de onnauwkeurigheden binnen het project en kunnen deze worden gekwantificeerd?

De nauwkeurigheid van een meetsysteem wordt door meerdere factoren bepaald, zoals de microfoon, de geluidsmeter, de calibratie, de geluidsoverdracht, de bronsterkte en de herkenning.

De nauwkeurigheid is daarmee niet alleen afhankelijk van de nauwkeurigheid van de meetapparatuur, maar ook van de meetmethode. In dit hoofdstuk worden de verschillende onnauwkeurigheden beschouwd.

De theorie van foutenanalyse kent een scheiding tussen twee soorten fysische metingen, namelijk:
Reproduceerbare metingen: hier worden de fouten die worden gemaakt aangeduid als een absolute fout of relatieve fout.
Niet-reproduceerbare metingen: hier worden de fouten die worden gemaakt aangeduid als een toevallige of statistische fout.

In de literatuur worden verschillende synoniemen gebruikt voor hetzelfde fenomeen: foutenanalyse, meet(on)nauwkeurigheid, meettolerantie of (fout)marge. In alle gevallen wordt bedoeld dat een meetresultaat nimmer 100% juist is. Elk meettoestel heeft zijn beperkingen. Bij een fysische meting moet altijd bekend zijn wat de meetnauwkeurigheid is. De meetnauwkeurigheid moet gezien worden als een kenmerkende eigenschap van het meetapparaat.

Een meetnauwkeurigheid bij reproduceerbare metingen kan op verschillende manieren worden gedefinieerd. Een bekende methode is het definiëren van de relatieve nauwkeurigheid als een vast percentage van de gemeten waarde of van volle schaal (n % (F.S.)). Een andere methode is het definiëren van de absolute meetnauwkeurigheid (±0.1 mm, ±1 m/s, ±1 dB). Uiteindelijk komt het erop neer, dat de meetnauwkeurigheid een interval van het meetbereik definieert, waarbinnen de gezochte waarde met zekerheid ligt. Indien met één meetapparaat onder volkomen identieke omstandigheden een reproduceerbare meting wordt verricht, zal de meetfout telkens gelijk zijn en een systematische afwijking geven.

Een meetnauwkeurigheid bij niet-reproduceerbare metingen heeft een statistisch karakter. Door het uitvoeren van meerdere metingen onder gelijke omstandigheden treedt toch een spreiding in de meetwaarde op. Met behulp van statistische technieken, zoals het berekenen van de standaarddeviatie, kan een uitspraak gedaan worden over de meetnauwkeurigheid.

Indien een waarde wordt afgeleid, dus berekend, uit diverse gemeten waarden, dan werkt de meettolerantie van alle afzonderlijk gemeten waarden door in de nauwkeurigheid van de berekende waarde.

Zowel de standaardrekenmethode II uit het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006, de Handleiding meten en rekenen industrielawaai uit 1981 (IL-HR-13-01) als de versie uit 1999 (HMRI) beschrijven eenduidig, dat geluidsmetingen reproduceerbaar moeten zijn (respectievelijk pagina 1-19 en pagina 33 in beide laatstgenoemde handleidingen). Dit rechtvaardigt de conclusie dat bij een enkele geluidsmeting altijd een meettolerantie aanwezig is.
Bij het meten van een geluidsniveau met behulp van een geluidsmeter is ook sprake van een meettolerantie. Hierbij spelen twee meettoleranties een rol:

- De meettolerantie van de geluidsmeter. Dit is een reproduceerbare meetfout, met de bijbehorende absolute of relatieve fout.
- De variatie in de gebeurtenis, die gemeten wordt. Dit is een niet-reproduceerbare meetfout, met de bijbehorende statistische fout.

Toegepast op een meetmast langs het spoor zal uiteraard de meettolerantie van de geluidsmeter altijd aanwezig zijn. Echter, van een niet-reproduceerbare meetfout ten gevolge van de gemeten gebeurtenis is geen sprake. Dit wordt nader toegelicht.

Een meetmast staat opgesteld langs of in de nabijheid van het spoor. Het meetsysteem bepaalt telkens over een periode van één seconde het equivalente geluidsniveau en bewaart deze waarde. De één seconde-waarden zijn onderling geheel onafhankelijke meetwaarden. Immers, elke waarde beschrijft het geluid over een periode van de voorgaande ene seconde. Wat er in de n-de meetperiode gebeurt, heeft niets te maken met wat er in de voorafgaande (n-1)-de periode gebeurde of wat er in de volgende (n+1)-de periode zal gaan gebeuren. Een dag bestaat uit allerlei gebeurtenissen, het ene moment komen er meerdere treinen voorbij en enkele momenten later is sprake van geen enkele trein.

De essentie van het voorgaande is, dat er geen sprake is van een herhaalde meting van een reproduceerbare gebeurtenis. Statistische technieken mogen derhalve niet worden toegepast tussen de verschillende één seconde-waarden. Tevens zal in elke één seconde-waarde dezelfde systematische afwijking van de geluidsmeter zitten en daarmee ook in het berekende geluidsniveau over de gehele periode.

De meettolerantie van de meetketen in de meetmast wordt daarmee bepaald door de nauwkeurigheid van de geluidsmeter. Hiermee komen we bij de meetapparatuur, hetgeen in het navolgende paragrafen is beschreven.

Nauwkeurigheid meetapparatuur

Het meetsysteem voldoet conform opgave niet formeel aan de eisen van de norm IEC-651. Wel is we sprake van een microfoon volgens klasse 2. Bij ieder bezoek ter plaatse wordt de meetketen gekalibreerd. Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat de nauwkeurigheid van het meetsysteem overeenstemt met de eisen van de norm IEC-651, klasse 2 met uitzondering van de meetpositie langs het spoor waar gebruik is gemaakt van een meetsysteem overeenkomstig de eisen van de norm IEC-651, klasse 1.

Binnen deze norm wordt de tolerantie in het totaal gemeten geluidsniveau niet gedefinieerd. Wel wordt voor de verschillende klassen aangegeven wat de toegestane toleranties [in dB] zijn in de verschillende weegfilters (tertsbanden).

Nominal frequency [Hz]	Type 1	Type 2
20	± 2	±
25	±1.5	±2
31.5	±1.5	±2
40	±1.5	±2
50	±1.5	±2
63	±1.5	±2
80	±1.5	±2
100	±1	±1.5
125	±1	±1.5
160	±1	±1.5
200	±1	±1.5
250	±1	±1.5
315	±1	±1.5
400	±1	±1.5
500	±1	±1.5
630	±1	±1.5
800	±1	±1.5
1000	±1	±1.5
1250	±1	±1.5
1600	±1	±2
2000	±1	±2
2500	±1	±2.5
3150	±1	±2.5
4000	±1	±3
5000	±1.5	±3.5
6300	+1.5 / -2	±4.5
8000	+1.5 / -3	±5
10000	+2 / -4	+5 / -∞

Toleranties op de frequentiekarakteristiek voor verschillende types geluidsniveaumeters volgens IEC 651 (Info: IEC 651)

De akoestisch relevante octaafbanden lopen van 31.5 tot en met 8.000 Hz. Over het grootste en maatgevende deel van het spectrum is de absolute fout ± 1.5 dB. In de praktijk zullen de laagste en hoogste octaafbanden slechts in geringe mate bijdragen aan het totaalniveau.

Het is derhalve een verdedigbare aanname om te stellen dat het gemeten, totale geluidsniveau van het klasse 1 meetsysteem een absolute fout van ± 1 dB bevat. Voor de andere systemen kan worden uitgegaan van een absolute fout van ± 1.5 dB.

Overigens is in norm IEC-61672 voor alle bedrijfscondities van een geluidsmeter de toegestane tolerantie gedefinieerd. De toleranties in de weegfilters wijken af van de IEC-651 (grotere toleranties zijn toegestaan). Er zijn toegestane toleranties ten gevolge van de level linearity (± 1.1 dB), toneburst response (niet constante signalen, ± 0.8 dB), variatie als gevolg van minimale en maximale voedingsspanning (± 0.3 dB), luchtdruk (± 0.7 dB), temperatuur (± 0.8 dB), relatieve vochtigheid (± 0.8 dB) en de invloed van elektromagnetische straling (± 1.3 dB). Veel van deze toleranties tellen op, zodat een totale tolerantie van meerdere dB's theoretisch mogelijk is. In de praktijk zal sprake zijn van uitmiddeling.

Het is van belang gedurende de metingen de varianties van alle meetsystemen hetzelfde te houden. Naast het feit dat continu met dezelfde meetsystemen op relatief korte afstand van elkaar wordt gemeten, wordt elk bezoek ook gekalibreerd met dezelfde kalibrator.

Vanuit het meetsysteem worden de resultaten verder digitaal verzonden en opgeslagen. Van fouten tijdens verzending en opslag is geen sprake.

Uit het voorgaande blijkt dat een meettolerantie tot 1.5 dB voor het meetpunt langs het spoor tot 2 dB voor de andere meetpunten als redelijk mag worden beschouwd.