

Wegdekcorrectie van GeoSilent voor lichte motorvoertuigen

De Cwegdek van het bestratingsproduct
GeoSilent gelegd in keperverband,
bepaald conform het Rmg2012 en
geldig voor lichte motorvoertuigen

Status	definitief
Versie	002
Rapport	M.2017.0468.00.R001
Datum	19 februari 2019



Colofon

Opdrachtgever	MBI B.V. Postbus 259 5460 AG VEGHEL
Contactpersoon	de heer R. Hermans 0413 34 94 00 rhermans@mbi.nl
Project Betreft Uw kenmerk	Update Cwegdek van GeoSilent conform Rmg2012 Gewijzigde Cwegdek op basis van nieuwe geluidsmetingen BG INFRA 432210 / PLANT VEGHEL 462400
Rapport Datum Versie Status	M.2017.0468.00.R001 19 februari 2019 002 definitief
Uitgevoerd door	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Casuariestraat 5 2511 VB Den Haag Postbus 370 2501 CJ Den Haag
Informatie	R. (Roberto) van Veen 088 346 78 60 vv@dgmr.nl
Auteur	R. (Roberto) van Veen 088 346 78 60 vv@dgmr.nl
Verantwoordelijk	ir. M.H.J. (Mark) Bakermans 088 346 78 50 bk@dgmr.nl
2e lezer/secr.	BK/BRA

Samenvatting

In opdracht van MBI De Steenmeesters is door DGMR Industrie, Verkeer en Milieu de wegdekcorrectieterm (C_{wegdek}) voor lichte motorvoertuigen voor het bestratingsproduct GeoSilent bepaald. Dit naar aanleiding van een aantal nieuwe locaties waar GeoSilent is aangebracht. GeoSilent is een geluidsarme betonstraatsteen dat toebehoort aan wegdekategorie 10 'stille elementenverharding'.

De C_{wegdek} is een wegdekcorrectieterm die wordt gebruikt bij geluidsberekeningen van wegverkeerslawaai in akoestische rekenmodellen. In het geval van een geluidsreducerend wegdek is deze correctie een negatieve waarde. Indien uit een akoestisch onderzoek blijkt dat er een geluidsmaatregel noodzakelijk of gewenst is, kan een stiller wegdektype worden toegepast en op basis van de C_{wegdek} correctiefactoren doorberekend worden. Een lijst met de actuele wegdekcorrecties van specifieke wegdekproducten wordt beheerd door het RIVM waarbij overeenkomstig de tekst door Kenniscentrum InfoMil publicatie plaatsvindt op de website www.infomil.nl.

In onderliggend rapport is conform het Rmg2012 de C_{wegdek} op basis van de $C_{initieel}$ en de C_{tijd} voor GeoSilent bepaald. Hierbij is de $C_{initieel}$ bepaald op basis van SPB-metingen die in 2014 en in 2017 zijn uitgevoerd aan verschillende geografisch gescheiden werken met dit product. Voor de C_{tijd} is gebruikgemaakt van de algemene correctietermen voor stille elementenverharding. De geluidsreductie van GeoSilent ten opzichte van het standaard referentiewegdek (een DAB van het type AC surf) is in nieuwstaat ($C_{initieel}$) en gemiddeld gedurende de levensduur (C_{wegdek}) in tabel 1 weergegeven. De reductie geldt voor lichte motorvoertuigen (personenauto's) en is uitsluitend geldig voor de weergegeven snelheden mits GeoSilent is gelegd in keperverband.

tabel 1: geluidsreductie van GeoSilent in keperverband per situatie voor de geldige snelheid

reductie	nieuwstaat ($C_{initieel}$)		gemiddeld (C_{wegdek})	
	40 km/u	50 km/u	40 km/u	50 km/u
	-3.5	-3.3	-2.2	-2.0

De te hanteren C_{wegdek} binnen de rekenmethodes SRM1 en SRM2 zijn in onderstaande tabel weergegeven.

tabel 2: SRM 1 en 2 berekeningscoëfficiënten per octaafband [Hz] voor de C_{wegdek} van GeoSilent in keperverband

σ_m	τ_m	term	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-1.59	1.93	$\sigma_{i,m}$	2.3	3.9	4.9	2.8	-1.5	-3.9	-3.8	-1.7

Inhoud

1. Inleiding	5
2. Wettelijk kader	6
2.1 Wet geluidhinder	6
2.2 Wegdekcorrectie	6
3. SPB-meetmethode	9
3.1 Meetmethode	9
3.2 Meetopstelling	9
3.3 Uitvoeren meting	10
3.4 Meteorologische condities	11
3.5 Verwerking meetresultaten	11
4. Meetgegevens	12
4.1 Meetlocaties	12
4.2 Meetresultaten	12
4.3 Spectraal per octaafband	13
5. Bepaling wegdekcorrectie	14
5.1 Initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$)	14
5.2 Verouderingscorrectie (C_{tijd})	15
5.3 Wegdekcorrectie (C_{wegdek})	15
6. Geluidsreductie van GeoSilent	16
Bijlagen	
Bijlage 1	Resultaten SPB-metingen
Bijlage 2	Meetcondities en gebruikte meetapparatuur

1. Inleiding

In opdracht van MBI De steenmeesters is door DGMR Industrie, Verkeer en Milieu de wegdekcorrectieterm (C_{wegdek}) voor lichte motorvoertuigen voor het bestratingsproduct GeoSilent bepaald. Dit naar aanleiding van een aantal nieuwe locaties waar GeoSilent is aangebracht.

GeoSilent is een geluidsreducerende betonstraatsteen. De MBI-steen is opgebouwd uit een onderlaag en een toplaag die onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. De onderlaag is samengesteld uit cement, zand en een toeslagmateriaal in de vorm van grind of gebroken split. De toplaag heeft een dikte van 10 millimeter en is samengesteld uit fijn zand, kleurecht natuurlijk materiaal en cement. De bijzondere oppervlaktetextuur van de toplaag heeft een fijne structuur en is poreus, zodat in combinatie met een kleine vellingkant, een geluidsreducerend effect bewerkstelligd wordt. Hierbij GeoSilent gelegd in keperverband, levert het hoogste geluidsreducerende effect.

De C_{wegdek} kan conform het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2012 (Rmg2012) gebruikt worden voor geluidsberekeningen van wegverkeer dat rijdt op een ander type wegdekverharding dan het standaard referentiewegdek (een DAB van het type AC surf). Hierbij is de C_{wegdek} voor een geluidsreducerende wegdekverharding een negatieve waarde, die tevens de mate van geluidsreductie voor een bepaalde snelheid inzichtelijk maakt.

In onderliggend rapport wordt voor het bestratingsproduct GeoSilent, gelegd in keperverband, de initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$) bepaald en met de algemene verouderingscorrectie (C_{tijd}) voor stille elementenverharding, uit het overzicht van wegdekcorrecties (lijst op www.infomil.nl), de levensduurgemiddelde wegdekcorrectie (C_{wegdek}) bepaald. Tevens is de reductie van GeoSilent gelegd in keperverband, in nieuwstaat en de levensduurgemiddelde reductie in onderliggend rapport opgenomen.

In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op het wettelijk kader voor de bepaling van de wegdekcorrectie. Hoofdstuk 3 behandelt de meetmethode, in hoofdstuk 4 worden de meetgegevens gepresenteerd en besproken, in hoofdstuk 5 wordt de wegdekcorrectie bepaald en ten slotte wordt in hoofdstuk 6 de reductie van het wegdek weergegeven.

2. Wettelijk kader

2.1 Wet geluidhinder

In de Wet geluidhinder en de Wet milieubeheer zijn normen opgenomen om hinder ten gevolge van omgevingsgeluid beheersbaar te houden. Om bepaalde situaties aan deze normen te toetsen, kunnen er akoestische berekeningen en/of geluidsmetingen uitgevoerd worden, waarbij er rekening gehouden wordt met het effect van een geluidsreducerende wegdekverharding. Voorschriften hiervoor zijn opgenomen in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (Rmg2012), waarbij in hoofdstuk 4 van Bijlage III specifiek wordt ingegaan op de wegdekcorrectie.

2.2 Wegdekcorrectie

In het Rmg2012 wordt de wegdekcorrectie (C_{wegdek}) als een levensduurgemiddelde geluidsreductie van een wegdek beschreven. De wegdekcorrectie (C_{wegdek}) wordt bepaald op basis van het gemeten verschil in geluidsniveau voor een bepaalde voertuigcategorie bij een bepaalde rijsnelheid, ten opzichte van een referentiewegdek. De referentiewaarden zijn gebaseerd op metingen van wegdekken met dicht asfaltbeton (AC surf) en vastgelegd in het Rmg2012. Voor een geluidsreducerende wegdekverharding is dit verschil een negatieve waarde, die de mate van reductie weergeeft. De wegdekcorrectie (C_{wegdek}) is de som van de initiële geluidsreductie ($C_{initieel}$) en een verouderingscorrectie (C_{tijd}) van een specifiek product. Dit wordt beschreven met de volgende formule.

$$C_{wegdek,i,m}(V_m) = \sigma_{i,m} + \tau_m \lg(V_m/V_{0,m})$$

hierin is:

$$\tau_m = b_m - b_{ref,m}$$

$$\sigma_{i,m} = \Delta L_{i,m} + C_{tijd,i,m}$$

hierin is:

$$\Delta L_m = a_m - a_{ref,m}$$

formule 1: De wegdekcorrectie

Voor bovenstaande formule geldt dat de waarden $a_{ref,m}$ en $b_{ref,m}$ zijn bepaald in paragraaf 4.3.5 van het Rmg2012, Bijlage III. De waarden a_m en b_m worden bepaald uit metingen conform de SPB-methode.

Voor het bepalen van de wegdekcorrectie (C_{wegdek}) dienen op ten minste vijf verschillende geografisch gescheiden werken met hetzelfde product¹, metingen conform de 'Statistical Pass-By-method' (SPB-methode) uitgevoerd te worden. De meethoogte is 3.0 m. De SPB-meetmethode is beschreven in NEN-EN-ISO 11819-1:2001, waarvan een nadere toelichting is opgenomen in hoofdstuk 4.

¹ Een wegvak met aaneensluitende dagproducties wordt beschouwd als één werk.

2.2.1 Initiële wegdekcorrectie

De initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$) voor een nieuw aangelegde wegdekverharding wordt conform de SPB-meetmethode bepaald. Op basis van een statistische analyse, waarbij het gemeten A-gewogen maximale geluidsniveau als functie van de snelheid middels een lineaire regressie wordt uiteengezet en waarbij tevens het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond de regressielijn wordt bepaald, wordt de geluidsreductie van het betreffende wegvak voor verschillende snelheden (in stappen van 10 km/u) in nieuwstaat bepaald. De initiële wegdekcorrectie in octaafbanden wordt beschreven met de volgende formule.

$$C_{initieel,i,m}(V_m) = \Delta L_{i,m} + \tau_m \lg(V_m/V_{0m})$$

hierin is:

$$\Delta L_m = a_m - a_{ref,m}$$

$$\tau_m = b_m - b_{ref,m}$$

formule 2: De initiële wegdekcorrectie

Voor bovenstaande formule geldt dat de waarden $a_{ref,m}$ en $b_{ref,m}$ zijn bepaald in paragraaf 4.3.5 van het Rmg2012, Bijlage III. De waarden a_m en b_m worden bepaald uit metingen conform de SPB-methode.

De bepaalde reductiewaarden zijn geldig voor die snelheden waar het 95%-betrouwbaarheidsinterval rond de regressielijn kleiner is dan 0.3 dB(A) voor lichte motorvoertuigen (minimaal 100 voertuigen) en respectievelijk 0.8 dB(A) voor vrachtverkeer (minimaal 50 voertuigen). Voor het vaststellen van de initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$) voor een bepaald wegdekproduct, dient deze methode voor minimaal vijf verschillende en geografisch gescheiden werken te worden uitgevoerd.

Hierbij mag de spreiding bij iedere snelheid tussen de verschillende meetlocaties niet groter zijn dan 2.0 dB(A). Bij een grotere spreiding wordt de locatie met de waarde, die het meest afwijkt van het gemiddelde buiten beschouwing gelaten, waarbij dit zo nodig wordt herhaald, totdat de spreiding kleiner is dan 2.0 dB(A). Blijven er minder dan vijf locaties over, dan kan er voor de betreffende voertuigcategorie geen wegdekcorrectie worden bepaald.

2.2.2 Verouderingscorrectie

Vanwege slijtage zal de geluidsreductie van een geluidsreducerende wegdekverharding in de loop der tijd afnemen. De voor een wegdekproduct vastgestelde initiële wegdekcorrectie zal daardoor veranderen. Om hiervoor te corrigeren, is in het Rmg2012 de verouderingscorrectie (C_{tijd}) opgenomen.

De verouderingscorrectie (C_{tijd}) is gebaseerd op het verschil tussen het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties met een nieuw wegdek en het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties waar hetzelfde wegdektype of product langer in gebruik is dan 75% van de verwachte levensduur.

Het is niet per definitie noodzakelijk de verouderingscorrectie (C_{tijd}) op basis van SPB-metingen te bepalen. Indien het product behoort tot één van de standaard wegdektypen, vastgelegd in CROW-publicatie 316 (met bijbehorende C_{tijd} per octaafband), kan worden volstaan met het overnemen van de C_{tijd} van het standaard wegdektype waartoe het product behoort.

Wegdekcorrectie van GeoSilent voor lichte motorvoertuigen

De verouderingscorrectie in octaafbanden wordt beschreven met de volgende formule.

$$C_{tjd,i,m} = (SPB_{nieuw,i,m} - SPB_{>75\%levensduur,i,m}) / 2$$

hierin is:

$$SPB_{nieuw,i,m} = a_{ref,m} + b_{ref,m} \lg(V_{x,m}/V_{0,m}) + a_{nref,i,m} + C_{initieel,i,m}(vx,m)$$

formule 3: De verouderingscorrectie

Voor bovenstaande formule geldt dat de waarden $a_{ref,m}$ en $b_{ref,m}$ zijn bepaald in paragraaf 4.3.5, $a_{nref,i,m}$ volgens tabel 4.1 en $C_{initieel,i,m}$ zoals bepaald in paragraaf 4.3.8 van het Rmg2012, Bijlage III.

3. SPB-meetmethode

3.1 Meetmethode

De SPB-metingen worden uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 11819-1:2001 'Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise-part 1: The Statistical Pass-By Method' in combinatie met het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 (Rmg2012).

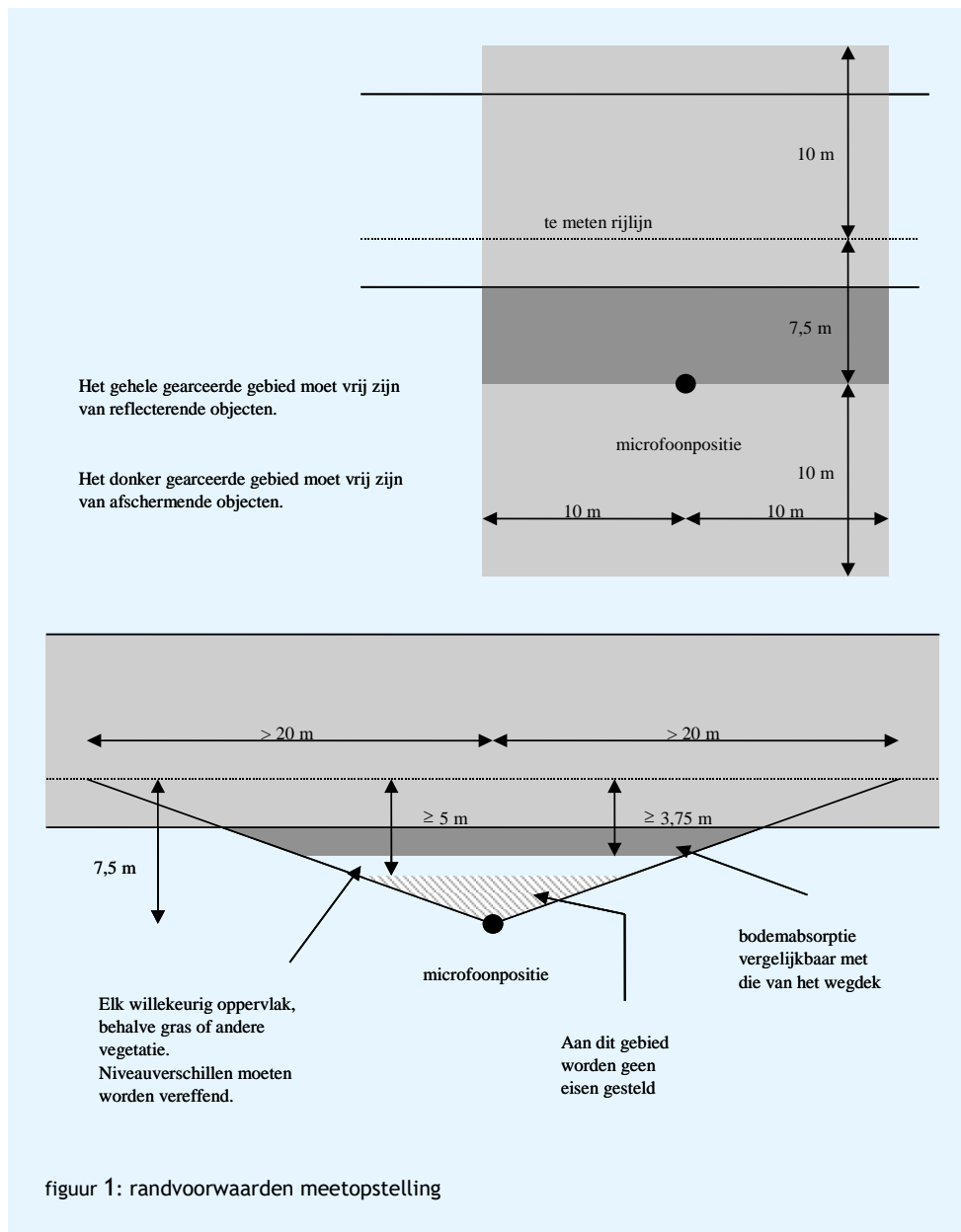
Volgens deze methode wordt op een afstand van 7.5 m van de rijlijn een microfoon geplaatst op een hoogte van 1.2, 3 en 5 m boven het wegdek, waarbij 3 m de maatgevende hoogte is conform Rmg2012.

Per passerend voertuig wordt het maximale geluidsniveau ($L_{A,max}$) en tegelijkertijd de passeersnelheid gemeten. Volgens de meetnorm moeten ten minste 100 lichte motorvoertuigen en 50 vrachtwagens worden gemeten, conform het Rmg2012 kan hier - zo nodig - van worden afgeweken.

3.2 Meetopstelling

In de directe nabijheid van de microfoons mogen geen geluidsreflecterende objecten (zoals gebouwen en vangrails) aanwezig zijn. Figuur 1 geeft de randvoorwaarden, die door ISO 11819-1 worden gesteld aan de meetopstelling (volgende pagina).

Wegdekcorrectie van GeoSilent voor lichte motorvoertuigen



Conform Rmg2012 hoeven de eisen aan de akoestische eigenschappen van het bodemgebied op de meetlocatie niet strikt te worden gevolgd, wel wordt aanbevolen om bij de keuze van de meetlocaties zoveel mogelijk met deze eisen rekening te houden.

3.3 Uitvoeren meting

Voor de bepaling van de rijnsnelheid van het passerende verkeer wordt gebruikgemaakt van een radarsnelheidsmeter.

Per meting wordt het A-gewogen, maximale geluidsniveau ($L_{A,max}$) bepaald. Tijdens SPB-metingen worden alleen de voertuigen gemeten, die het meetpunt passeren zonder dat het overige verkeer en andere geluidsbronnen voor een verstoring zorgen of dat de gemeten auto een afwijkend rijgedrag vertoont.

Wegdekcorrectie van GeoSilent voor lichte motorvoertuigen

Het maximale geluidsniveau wordt per octaafband en in dB(A) gemeten, bij een integratietijd van 1/8 s (fast) en wordt gemeten op het moment dat de auto zich ongeveer recht voor de microfoon bevindt.

3.4 Meteorologische condities

Aan de meetomstandigheden zijn voorwaarden verbonden met betrekking tot de weersgesteldheid (temperatuur en neerslag) ten tijde van de meting. Het wegvak moet droog zijn, hetgeen voor open en semidichte wegdekken betekent dat er minimaal 48 uur geen neerslag is gevallen. Verder moet de luchttemperatuur tussen de 5 en 30°C bedragen. De windsnelheid mag tijdens de meting niet groter zijn dan 5 m/s, ofwel maximaal een windkracht 3 Bf.

3.5 Verwerking meetresultaten

De meetresultaten worden statistisch verwerkt volgens de algemene relatie voor de snelheidsafhankelijkheid. Deze formule is:

$$L_{A,max} = a_{ref,m} + b_{ref,m} \lg(V_{x,m}/V_{0,m})$$

Hierin zijn:

de waarden voor $a_{ref,m}$ en $b_{ref,m}$ uit par. 4.3.5 van het Rmg2012, Bijlage III

formule 4: statistische verwerking gemeten passage's

Verder wordt er op de gemeten waarde ($L_{A,max}$) een temperatuurcorrectie toegepast. De temperatuurcorrectie wordt bepaald volgens:

$$C_{temp,licht} = 0.05 (T_{lucht} - 20) \quad (\text{voor lichte motorvoertuigen})$$

$$C_{temp,zwaar} = 0.03 (T_{lucht} - 20) \quad (\text{voor zware motorvoertuigen})$$

formule 5: temperatuurcorrectie op gemeten waarden

4. Meetgegevens

In onderliggend onderzoek is gebruikgemaakt van meetgegevens afkomstig van SPB-metingen aan wegverhardingen met GeoSilent gelegd in keperverband en aangelegd in de periode van 2011 tot 2014. Het betreft in totaal de meetgegevens van een vijftal geografisch gescheiden werken, waarvoor SPB-metingen in november 2014 en in juni 2017 zijn uitgevoerd. Alle metingen zijn uitgevoerd op een hoogte van 3 meter.

4.1 Meetlocaties

Een overzicht van de geografische ligging van de meetlocaties van het bestratingsproduct GeoSilent is in onderstaande tabel weergegeven. Op alle gemeten locaties is GeoSilent in keperverband aangebracht.

tabel 3: overzicht ligging meetlocaties GeoSilent werken*, inclusief jaar van aanleg, meetdatum en gemiddelde luchttemperatuur tijdens de metingen

locatie	plaats	weg	aangelegd	meetpositie	rijrichting	meetdatum	temp.
1	Zundert	Rucphenseweg N638	2013	ten oosten van Eldertstraat	west, richting Rucphen	11-11-2014	12
2	Erp	Schansoord	2012	ter plaatse van Julianasingel	zuid, richting centrum-in	19-11-2014	9
3	Erp	Kerkstraat	2012	ter hoogte van Installatiebedrijf	zuid, richting centrum-uit	19-11-2014	8
4	Schijndel	Bunderstraat	2012	ter hoogte van Dierenartsenpraktijk	zuid, richting centrum-in	23-06-2017	22
5	Someren	Loovebaan	2016	tussen Kerkstraat en Kommerstraat	oost, richting centrum-in	21-06-2017	28

*Opmerking: Voor de meetlocaties geldt dat het geografisch gescheiden werken betreft die niet op basis van een aaneensluitende dagproductie zijn aangelegd.

4.2 Meetresultaten

De resultaten op basis van de regressieanalyses van de afzonderlijke metingen per meetlocatie zijn opgenomen in bijlage 1. In tabel 4 is per meetlocatie en op basis van het aantal lichte motorvoertuigen respectievelijk de gemiddelde gemeten passagesnelheid met bijbehorende en 95%-betrouwbaarheidsinterval weergegeven.

tabel 4: aantal gemeten voertuigen, gemiddelde snelheid en 95% betrouwbaarheidsinterval bij de gemiddelde snelheid van de vijf meetlocaties

meetlocatie	aantal lmv	gemiddelde snelheid	95% ci
1	105	55	0.2
2	109	42	0.2
3	93	44	0.3
4	107	38	0.2
5	117	41	0.2

Uit tabel 4 blijkt dat op basis van het 95%-betrouwbaarheidsinterval aan de in het Rmg2012 gestelde eis van 0.3 dB(A) voor alle meetlocaties wordt voldaan.

In tabel 5 is per meetlocatie een overzicht van de SPB-metresultaten voor lichte motorvoertuigen met bijbehorend 95%-betrouwbaarheidsinterval per discrete waarde voor de snelheid weergegeven.

Wegdekcorrectie van GeoSilent voor lichte motorvoertuigen

tabel 5: overzicht SPB-metresultaten [dB(A)] van GeoSilent per meetlocatie na regressieanalyse, per rijnsnelheid [km/u] voor lichte motorvoertuigen en temperatuur gecorrigeerd

locatie	wat	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	L	60.9	65.2	68.5	71.1	73.4	75.4	77.1	78.7	80.1
	95% ci	0.8	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9
2	L	61.5	64.6	67.0	69.0	70.6	72.1	73.3	74.5	75.5
	95% ci	0.9	0.2	0.5	1.0	1.4	1.7	2.0	2.3	2.5
3	L	59.6	63.1	65.8	68.0	69.9	71.5	72.9	74.2	75.4
	95% ci	0.7	0.3	0.4	0.7	0.9	1.2	1.4	1.6	1.8
4	L	60.6	64.3	67.3	69.6	71.6	73.4	74.9	76.3	77.6
	95% ci	0.4	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7
5	L	60.8	64.3	67.0	69.2	71.1	72.7	74.1	75.4	76.6
	95% ci	0.6	0.2	0.4	0.7	0.9	1.2	1.4	1.7	2.0
maximale spreiding alle metingen		1.8	2.0	2.6	3.0	3.4	3.8	4.1	4.4	4.6
maximale spreiding betrouwbare metingen		nvt	1.4	2.6	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt

Uit tabel 5 blijkt dat bij de metingen, die voldoen aan het betrouwbaarheidsinterval van 0.3 dB, de spreiding tussen de onderliggende meetlocaties kleiner is dan 2.0 dB(A). De vijf gemeten wegvakken voldoen aan de voorwaarden uit het Rmg2012 om op basis van deze meetresultaten een C_{wegdek} te bepalen.

4.3 Spectraal per octaafband

In tabel 6 is een overzicht van de spectrale SPB-metresultaten voor lichte motorvoertuigen weergegeven. Hierbij is voor acht octaafbanden per meetlocatie het lineaire gemiddelde van de gemeten voertuigpassages en tevens het lineair gemiddelde over de meetlocaties weergegeven.

tabel 6: spectrale SPB-metresultaten [dB(A)] per octaafband [Hz] van GeoSilent per meetlocatie

locatie	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	36.7	43.5	51.3	58.3	64.5	60.9	51.0	42.3
2	37.8	44.0	51.9	57.3	62.0	57.7	49.9	42.3
3	39.4	44.0	52.2	58.3	60.4	55.8	48.7	42.1
4	37.7	47.2	54.5	60.5	63.9	58.5	50.7	43.0
5	36.4	44.3	53.1	59.0	63.6	59.6	50.3	42.4
gemiddelde	37.6	44.6	52.6	58.7	62.9	58.5	50.1	42.4

5. Bepaling wegdekcorrectie

Om voor het bestratingsproduct GeoSilent de initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$) te bepalen, worden de meetgegevens conform Rmg2012 geanalyseerd en verwerkt (zie ook hoofdstuk 2). Vervolgens wordt op basis van de verouderingscorrectie (C_{tijd}) de wegdekcorrectie (C_{wegdek}) voor GeoSilent bepaald.

5.1 Initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$)

5.1.1 Middeling meetresultaten

Op basis van de meetresultaten in tabel 3 wordt het gewogen gemiddelde geluidsniveau per discrete waarde voor de snelheid bepaald. De weging van het gemiddelde gebeurt op basis van de 95%-betrouwbaarheidsintervallen uit de reeks behorend bij een bepaalde snelheid. De grootte van het betrouwbaarheidsinterval bepaalt in welke mate het resultaat van een meetlocatie in de gemiddelde waarde meetelt. Dit is dus per snelheid verschillend.

In tabel 7 zijn de gewogen gemiddelde geluidsniveaus en de gemiddelde 95%-betrouwbaarheidswaarde per discrete waarde voor de snelheid voor GeoSilent weergegeven.

tabel 7: overzicht van de gewogen gemiddelde geluidsniveaus [dB(A)] per snelheid voor GeoSilent

	30	40	50	60	70	80	90	100	110
LAgem	60.6	64.3	67.4	70.4	72.4	74.2	75.7	77.1	78.3
95% ci	0.3	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7

Uit tabel 7 blijkt dat de betrouwbaarheidswaarde uitsluitend bij 40 km/u en 50 km/u kleiner of gelijk is aan 0.1 dB(A). Hierdoor zal de te bepalen wegdekcorrectie voor GeoSilent uitsluitend geldig zijn voor deze snelheden.

5.1.2 Regressieanalyse

Op de gewogen gemiddelden is een regressieanalyse uitgevoerd. De berekende regressiewaarden a en b worden vergeleken met het standaard referentiewegdek om de initiële wegdekcorrectie ($C_{initieel}$) voor GeoSilent te bepalen. Deze waarden zijn weergegeven in tabel 8.

tabel 8: regressiewaarden voor GeoSilent en de parameters voor de $C_{initieel}$ en de toepasbare snelheid

termen	regressie	referentie*	termen	waarde	snelheidsinterval
a_m	74.26	77.20	ΔL_m	-2.94	40 - 50 km/u
b_m	32.53	30.60	τ_m	1.93	

*Opmerking: De referentiewaarden hebben betrekking op de meethoogte van 3 meter

5.1.3 Spectraal per octaafband

De over alle meetlocaties lineair gemiddelde waarden per octaafband worden genormaliseerd. Vervolgens wordt conform Rmg2012 van het genormaliseerde spectrum van GeoSilent, het genormaliseerde spectrum van het standaard referentiewegdek afgetrokken. Vervolgens wordt voor iedere octaafband de waarde voor ΔL_m uit tabel 8 opgeteld. Hiermee worden de coëfficiënten voor de initiële wegdekcorrectie per octaafband $\Delta L_{i,m}$ voor de toepasbare snelheid verkregen. De resultaten van deze bewerkingen zijn opgenomen in tabel 9.

Wegdekcorrectie van GeoSilent voor lichte motorvoertuigen

tabel 9: per octaafband [Hz]: de gemiddeld gemeten waarde [dB(A)], de genormaliseerde waarde, de referentiewaarde en de coëfficiënten per octaafband [Hz] voor de $C_{initieel}$ van GeoSilent

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	totaal
gemiddelde	37.6	44.6	52.6	58.7	62.9	58.5	50.1	42.4	65.7
genormaliseerd	-28.1	-21.1	-13.1	-7.0	-2.8	-7.2	-15.6	-23.3	0.0
referentie*	-33.2	-27.3	-20.3	-11.7	-2.5	-5.1	-13.6	-24.3	--
$\Delta L_{i,m}$	2.1	3.2	4.2	1.7	-3.3	-5.1	-4.9	-1.9	--

*NB: de referentiewaarden hebben betrekking op een meethoogte van 3 meter

5.2 Verouderingscorrectie (C_{tijd})

Indien er geen meetresultaten van oudere wegvakken van een bepaald product voorhanden zijn waarmee een C_{tijd} bepaald kan worden, kan er voor de bepaling van een C_{wegdek} gebruikgemaakt worden van algemene productspecifieke standaardwaarden voor de C_{tijd} .

Het product GeoSilent, mits gelegd in keperverband, is een geluidsreducerende steen die valt in de categorie stille elementenverhardingen, waarvoor in CROW publicatie 316 de volgende, in tabel 10 weergegeven, C_{tijd} voorhanden is.

tabel 10: algemene verouderingscorrectie (C_{tijd}) per octaafband (Hz) voor stille elementenverhardingen, geldend voor lichte motorvoertuigen

wegdektype	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
stille elementen	0.2	0.7	0.7	1.1	1.8	1.2	1.1	0.2

5.3 Wegdekcorrectie (C_{wegdek})

De snelheidsafhankelijke term (per octaafband) van de C_{wegdek} wordt bepaald uit de som van de initiële wegdekcorrectie en de verouderingscorrectie. De berekeningscoëfficiënten voor berekeningen conform SRM 1 en 2 voor de C_{wegdek} van GeoSilent gelegd in keperverband, zijn in tabel 11 weergegeven en zijn geldig voor de bij $C_{initieel}$ bepaalde toepasbare snelheid.

tabel 11: SRM 1 en 2 berekeningscoëfficiënten per octaafband [Hz] voor de C_{wegdek} van GeoSilent in keperverband

σ_m	τ_m	term	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-1.59	1.93	$\sigma_{i,m}$	2.3	3.9	4.9	2.8	-1.5	-3.9	-3.8	-1.7

6. Geluidsreductie van GeoSilent

In tabel 12 is voor het bestratingsproduct GeoSilent gelegd in keperverband, conform het Rmg2012 de geluidsreductie ten opzichte van het standaard referentiewegdek, geldend voor lichte motorvoertuigen weergegeven. Gepresenteerd wordt de geluidsreductie in respectievelijk nieuwstaat ($C_{initieel}$) en gemiddeld gedurende de levensduur (C_{wegdek}). De geluidsreductie is uitsluitend geldig voor de weergegeven snelheden.

tabel 12: geluidsreductie van GeoSilent in keperverband per situatie voor de geldige snelheid

	nieuwstaat ($C_{initieel}$)		gemiddeld (C_{wegdek})	
	40 km/u	50 km/u	40 km/u	50 km/u
reductie	-3.5	-3.3	-2.2	-2.0

De te hanteren C_{wegdek} binnen de rekenmethodes SRM1 en SRM2 zijn in onderstaande tabel weergegeven.

tabel 13: SRM 1 en 2 berekeningscoëfficiënten per octaafband [Hz] voor de C_{wegdek} van GeoSilent in keperverband

σ_m	τ_m	term	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
-1.59	1.93	$\sigma_{i,m}$	2.3	3.9	4.9	2.8	-1.5	-3.9	-3.8	-1.7



ir. M.H.J. (Mark) Bakermans
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Bijlage 1

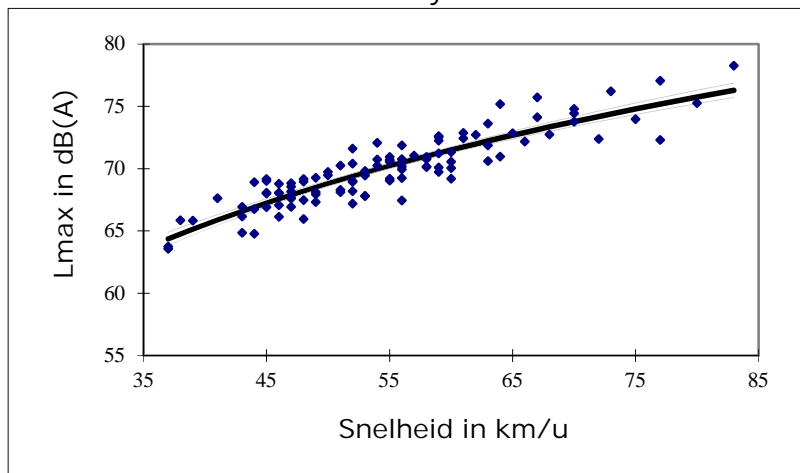
Titel	Resultaten SPB-metingen
Omvang	5 pagina's

Wegvak 1 SPB - Analyse lichte motorvoertuigen (cat. 1)

Project nr	M.2013.1234.00	Temperatuur	12 C
Meetlocatie	Rucphenseweg Zundert	Windsnelheid	2 Bft
Wegdektype	GeoSilent	Windrichting	Zuid
Meetdatum	11/11/2014	Aantal metingen	105
		Meethoogte	3 m

Regressie

Trendlijn



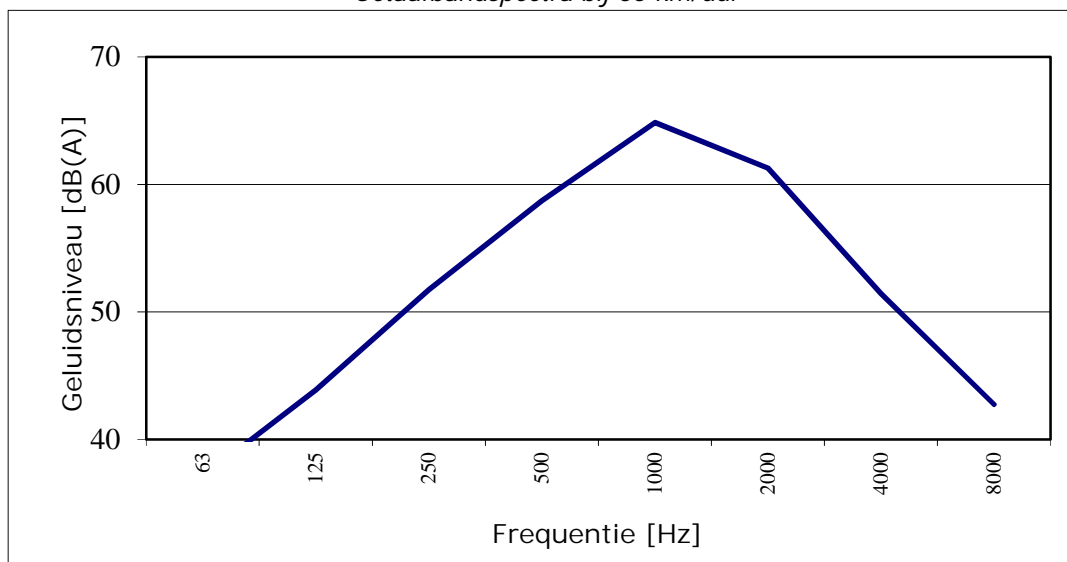
WEGVAK 1

Trendlijn: $L_{A,max} = a + b \cdot \log(v/v_0)$	
Constante a [dB(A)]	75.7
Richtingscoefficient b [dB(A)]	34.0
Correlatiecoefficient	90%
Referentie snelheid (v_0) [km/u]	80
Gemiddelde snelheid [km/u]	55

v[km/u]	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$L_{A,max}$ [dB(A)]	61.3	65.5	68.8	71.5	73.8	75.7	77.5	79.0	80.4
95% c.i. [dB(A)]	0.8	0.4	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	0.9

Frequentieanalyse

Octaafbandspectra bij 55 km/uur



per octaafband

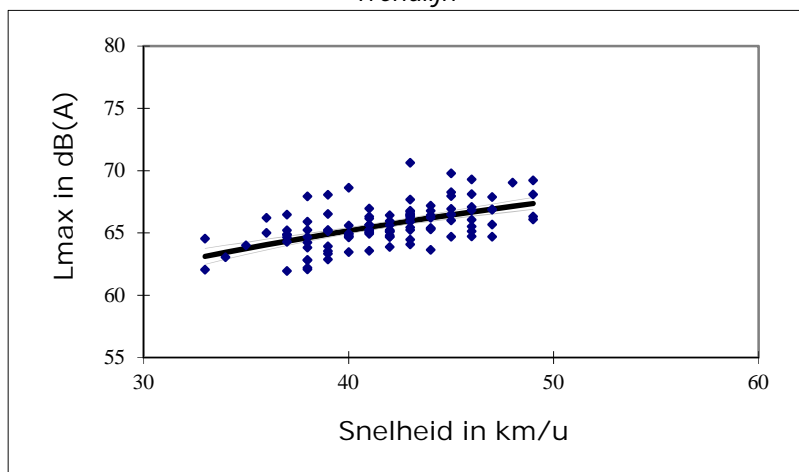
Hz	dB(A)
63	36.7
125	43.5
250	51.3
500	58.3
1000	64.5
2000	60.9
4000	51.0
8000	42.3

Wegvak 2 SPB - Analyse lichte motorvoertuigen

Project nr	M.2013.1234.00	Temperatuur	9 C		
Meetlocatie	Schansoord Erp	Windsnelheid	1 Bft		
Wegdektype	GeoSilent	Windrichting	zuidoost		
Meetdatum	19/11/2014	Aantal metingen	109	Meethoogte	3 m

Regressie

Trendlijn



dGm^R

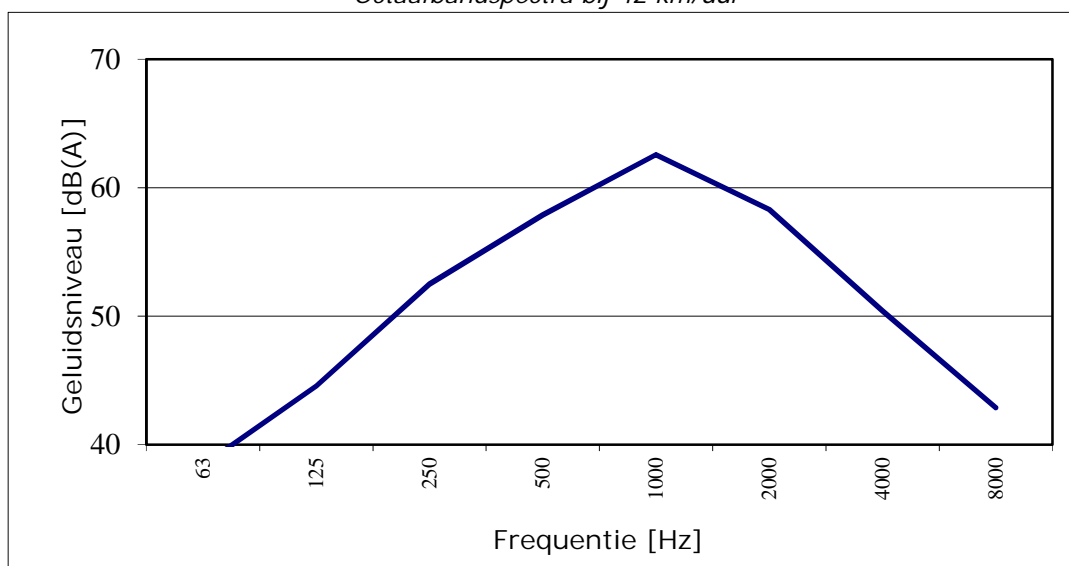
WEGVAK 2

Trendlijn: $L_{A,max} = a + b \cdot \log(v/v_0)$	
Constante a [dB(A)]	72.6
Richtingscoefficient b [dB(A)]	24.7
Correlatiecoefficient	56%
Referentie snelheid (v_0) [km/u]	80
Gemiddelde snelheid [km/u]	42

v [km/u]	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$L_{A,max}$ [dB(A)]	62.1	65.2	67.6	69.5	71.2	72.6	73.9	75.0	76.0
95% c.i. [dB(A)]	0.9	0.2	0.5	1.0	1.4	1.7	2.0	2.3	2.5

Frequentieanalyse

Octaafbandspectra bij 42 km/uur



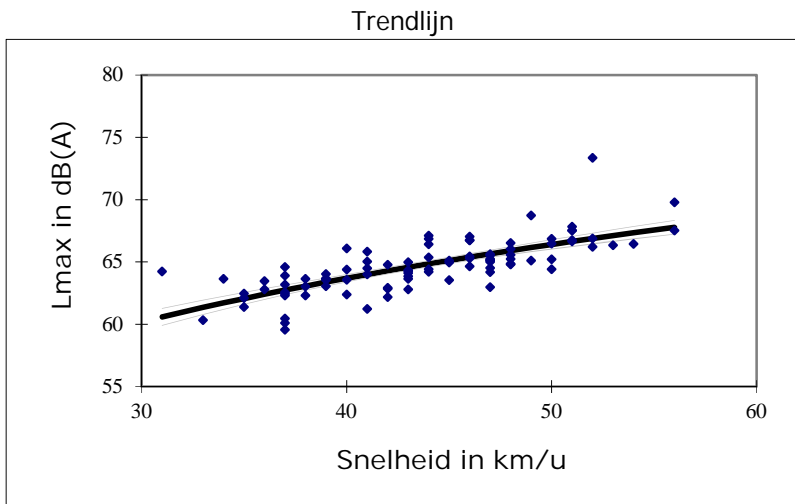
per octaafband

Hz	dB(A)
63	37.8
125	44.0
250	51.9
500	57.3
1000	62.0
2000	57.7
4000	49.9
8000	42.3

Wegvak 3 SPB - Analyse lichte motorvoertuigen (cat. 1)

Project nr	M.2013.1234.00	Temperatuur	8 C		
Meetlocatie	Kerkstraat Erp	Windsnelheid	1 Bft		
Wegdektype	GeoSilent	Windrichting	zuidoost		
Meetdatum	19/11/2014	Aantal metingen	93	Meethoogte	3 m

Regressie



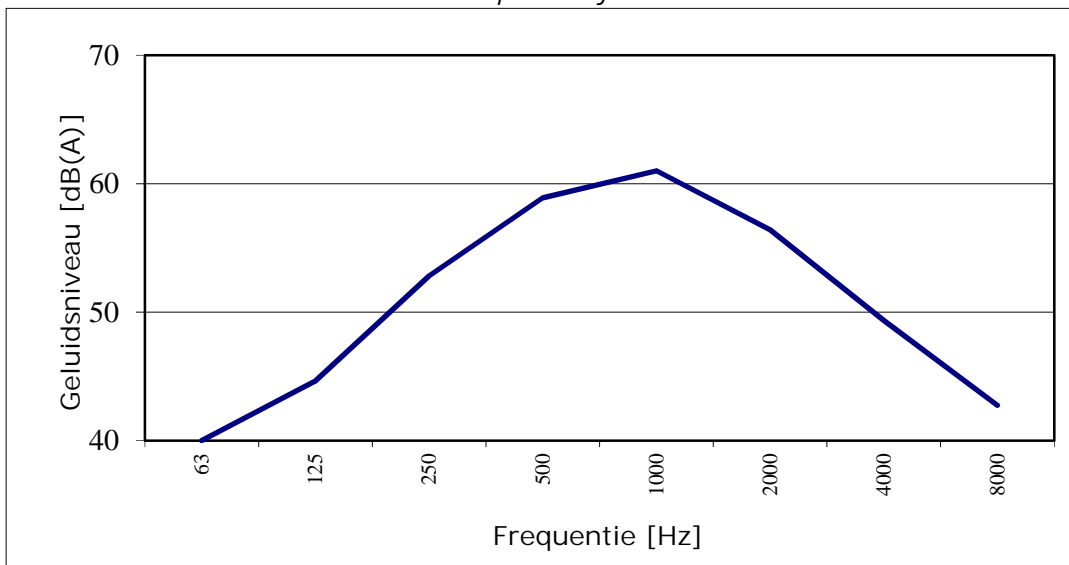
WEGVAK 3

Trendlijn: $L_{A,max} = a + b \cdot \log(v/v_0)$	
Constante a [dB(A)]	72.1
Richtingscoefficient b [dB(A)]	28.0
Correlatiecoefficient	74%
Referentie snelheid (v_0) [km/u]	80
Gemiddelde snelheid [km/u]	44

v [km/u]	30	40	50	60	70	80	90	100	110
$L_{A,max}$ [dB(A)]	60.2	63.7	66.4	68.6	70.5	72.1	73.5	74.8	76.0
95% c.i. [dB(A)]	0.7	0.3	0.4	0.7	0.9	1.2	1.4	1.6	1.8

Frequentieanalyse

Octaafbandspectra bij 44 km/uur



per octaafband

Hz	dB(A)
63	40.0
125	44.6
250	52.8
500	58.9
1000	61.0
2000	56.4
4000	49.3
8000	42.7

WEGVAK 4

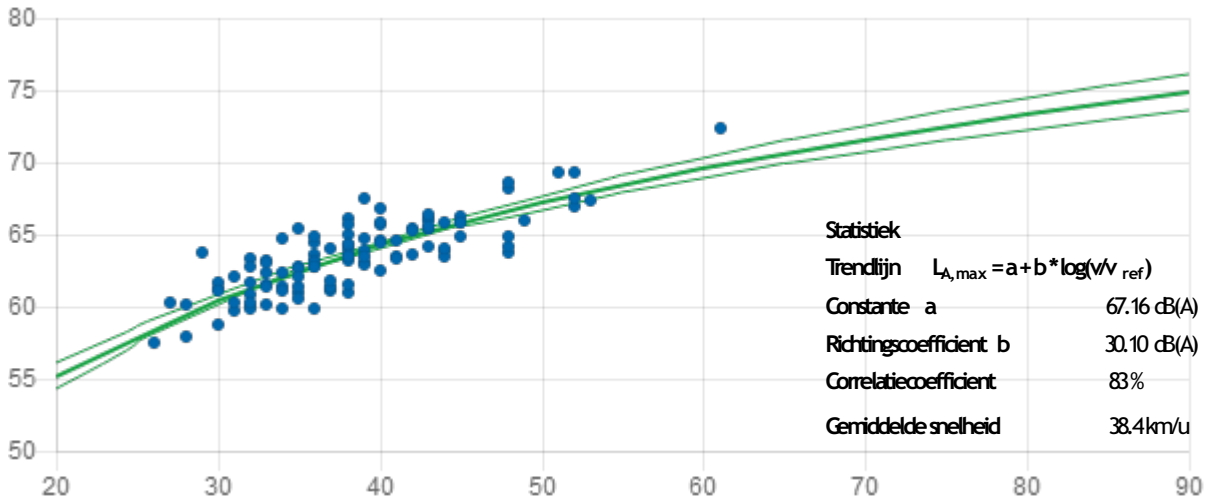


Statistical passby metingen

Projectkenmerk	M.2017.0468.00	Datum	23 juni 2017 10:00 tot 13:00
Project	Cwegdek GeoSilent MBI	Temperatuur	22 °C
Wegverharding	GeoSilent	Wind	W 3
Locatie	Bunderstraat Schijndel	Referentiesnelheid	80 km/u
Meethoogte	3	Aantal metingen	107

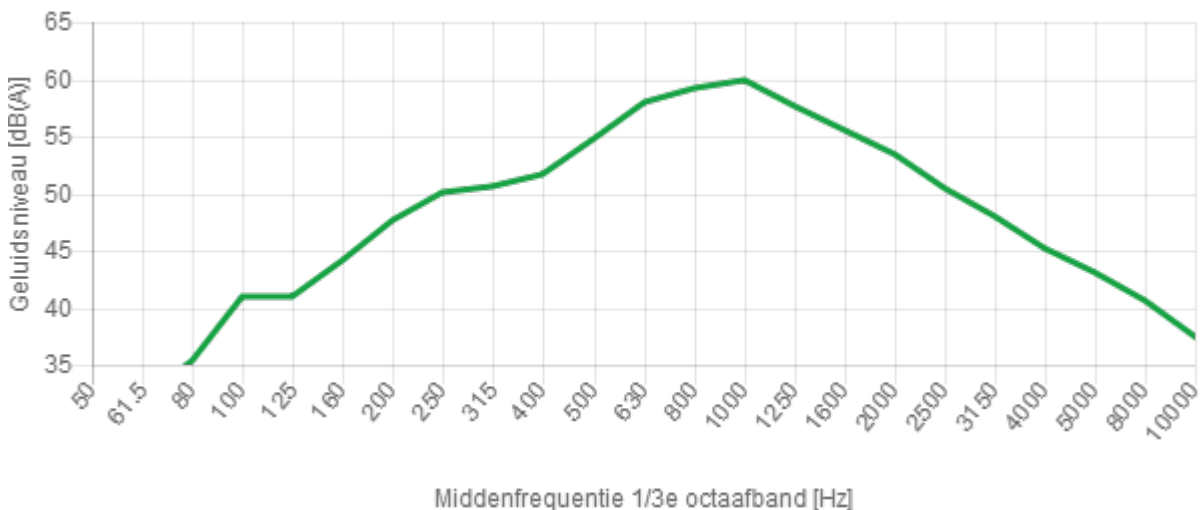
Regressielijn (lichte voertuigen)

WEGVAK 4



Snelheid [km/uur]	20	30	40	50	60	70	80	90
$L_{A,max}$ [dB(A)]	55.2	60.5	64.2	67.2	69.5	71.6	73.3	74.8
95% c.i. [dB(A)]	1.0	0.4	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3

Frequentieanalyse



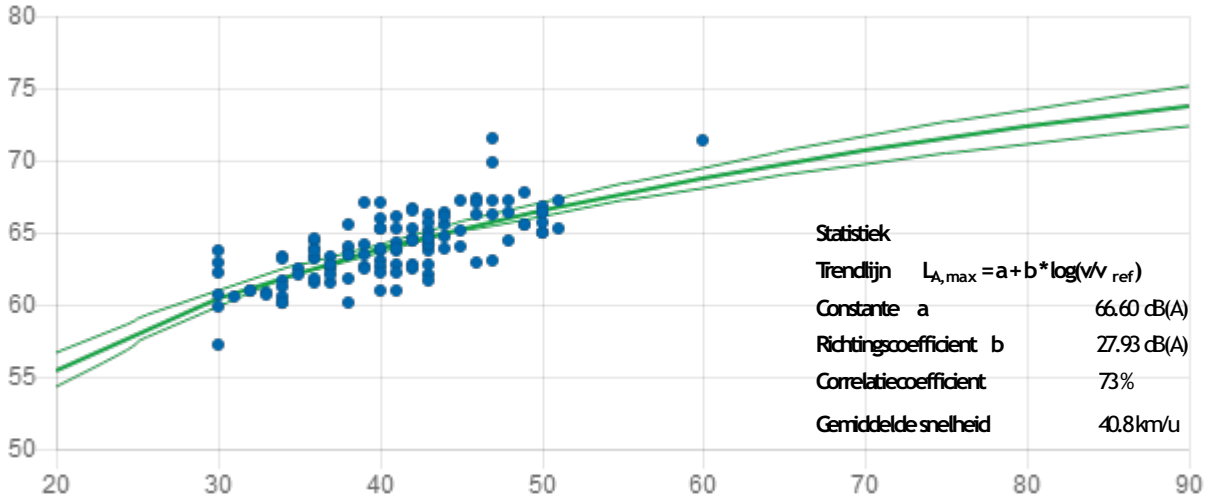
Frequentie [Hz]							
62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
37.6	47.1	54.4	60.4	63.8	58.4	50.6	42.9

Statistical passby metingen

Projectkenmerk	M.2017.0468.00	Datum	21 juni 2017 12:00 tot 14:30
Project	Cwegdek GeoSilent MBI	Temperatuur	28 °C
Wegverharding	GeoSilent	Wind	ono 2
Locatie	Looverbaan Someren	Referentiesnelheid	80 km/u
Meethoogte	3	Aantal metingen	117

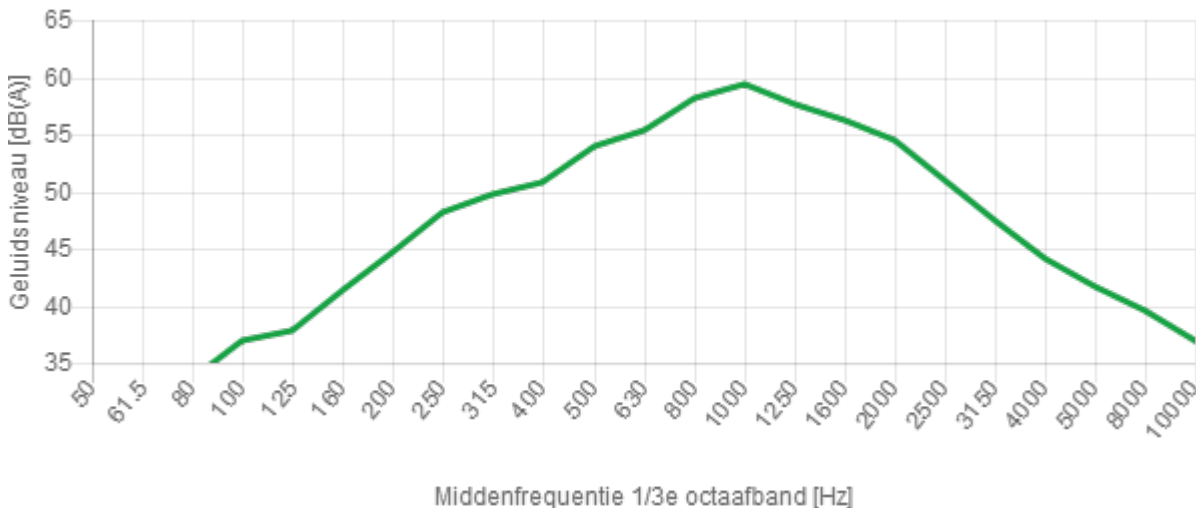
Regressielijn (lichte voertuigen)

WEGVAK 5



Snelheid [km/uur]	20	30	40	50	60	70	80	90
$L_{A,max}$ [dB(A)]	55.5	60.4	63.9	66.6	68.8	70.7	72.3	73.7
95% c.i. [dB(A)]	1.2	0.6	0.2	0.4	0.7	0.9	1.2	1.4

Frequentieanalyse



Frequentie [Hz]							
62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
36.0	43.9	52.7	58.6	63.2	59.2	49.9	42.0

Bijlage 2

Titel	Meetcondities en gebruikte meetapparatuur
Omvang	1 pagina

Meetcondities

Bijlage 2

tabel 14: meteocondities tijdens de SPB-metingen

wegvak	locatie	datum	meetijd	temperatuur	wind	bewolking	R.L.	luchtdruk
1	Rucphenseweg te Zundert	11/11/2014	12:00-14:30	13°C	ZO-2	onbewolkt	75%	1002 Hpa
2	Schansoord te Erp	19/11/2014	11:45-14:30	9°C	ZO-1	geheel bew.	90%	2021 Hpa
3	Kerkstraat te Erp	19/11/2014	15:00-18:00	8°C	ZO-1	geheel bew.	85%	1021 Hpa
4	Bunderstraat te Schijndel	23/06/2017	10:00-13:00	22°C	W-3	geheel bew.	75%	1016 Hpa
5	Loovebaan te Someren	21/06/2017	12:00-14:30	28°C	ONO-2	onbewolkt	45%	1017 Hpa

Gebruikte meetapparatuur

tabel 15: gebruikte meetapparatuur en geldigheidsdatum kalibratie bij de SPB metingen in 2014

apparaat	merk	type	serienr	geldigheid kalibratie
microfoon	B&K	4189	2352982	06/03/16
microfoon	B&K	4189	2471180	06/03/16
microfoon	B&K	4189	2453617	06/03/16
voorversterker	B&K	2671	2340907	06/03/16
voorversterker	B&K	2671	2340904	06/03/16
voorversterker	B&K	2671	2340906	06/03/16
data acquisitie eenheid	B&K	2827	2348801	06/03/16
input module, 6 kanaals	B&K	3032A	2342090	06/03/16
LAN interface module	B&K	7533	2349535	06/03/16
sound level calibrator	Rion	NC74	34851843	06/03/15
radarsnelheidsmeter	Mesta	208	558	n.v.t.
radarsnelheidsmeter	Mesta	208	695	n.v.t.

tabel 16: gebruikte meetapparatuur en geldigheidsdatum kalibratie bij de SPB metingen in 2017

apparaat	merk	type	serienr	geldigheid kalibratie
geluidsmeter (1)	NTI	XL2	A2A-10717-E0	15-12-2017
geluidsmeter (2)	NTI	XL2	A2A-10750-E0	15-12-2017
geluidsmeter (3)	NTI	XL2	A2A-10662-E0	15-12-2017
geluidsmeter (4)	NTI	XL2	A2A-10759-E0	15-12-2017
voorversterker (1)	NTI	MA220	5706	15-12-2017
voorversterker (2)	NTI	MA220	5701	15-12-2017
voorversterker (3)	NTI	MA220	5703	15-12-2017
voorversterker (4)	NTI	MA220	5699	15-12-2017
Microfooncapsule (1)	NTI	MC230	9101	15-12-2017
Microfooncapsule (2)	NTI	MC230	9277	15-12-2017
Microfooncapsule (3)	NTI	MC230	9220	15-12-2017
Microfooncapsule (4)	NTI	MC230	9198	15-12-2017
sound level calibrator	Rion	NC74	34851843	28-2-2018
radarsnelheidsmeter	Mesta	208	558	n.v.t.
radarsnelheidsmeter	Mesta	208	695	n.v.t.