



Bepaling van de wegdekcorrectieterm *C_{wegdek}* voor Deciville-Eco

Opdrachtgever

Boskalis Nederland Infra B.V.
Opijnenstraat 2
3087 CG Rotterdam

Document

VKa.23bos10.23r036.3

Aantal bladzijden

13

Datum

17 november 2023

COLOFON

Dit is een rapport van:

Ingenieursbureau **VANKEULEN advies bv**

Weegschaal 21
5482 XS Schijndel

T 073-8884145
I www.vankeulenadvies.nl
E info@vankeulenadvies.nl

Auteur

Dr.ir. W. van Keulen

DISCLAIMER

© 2023 Niets uit dit rapport mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en VANKEULEN advies bv (DNR 2005, art. 46).

INHOUD

INHOUD	2
1 INLEIDING	3
2 WEGDEKCORRECTIE EN DE WET GELUIDHINDER	4
2.1 Wet geluidhinder	4
2.2 Wegdekcorrectie C_{wegdek}	4
2.3 Initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$	4
2.4 Verouderingscorrectie C_{tijd}	4
3 MEETRESULTATEN AAN DECIVILLE-ECO	5
3.1 Afzonderlijke metingen	5
3.2 Spectrale analyse	5
4 DE C_{WEGDEK} VAN DECIVILLE-ECO	7
4.1 Regressieanalyse	7
4.2 Initiële C_{wegdek}	7
4.3 Verouderingscorrectie C_{tijd}	8
4.4 Wegdekcorrectie C_{wegdek}	8
4.5 De C_{wegdek} van Deciville-Eco	9
5 LITERATUUR	10
BIJLAGE B: SPB-MEETBLADEN	11

1 INLEIDING

In opdracht van Boskalis Nederland Infra B.V. is door VANKEULEN advies bv een onderzoek uitgevoerd naar de geluidtechnische eigenschappen van Deciville-Eco.

Deciville-Eco is een asfaltbeton deklaag met 65% ARB-granulaat 5/8 en een gemiddelde holle ruimte van 14% - 18%. Het betreft een steenskeletmengsel met een polymeer gemodificeerd bitumen welke in een nominale dikte van 35 mm tot 50 mm wordt aangebracht.

In dit onderzoek is de wegdekcorrectieterm (C_{wegdek}) vastgesteld in het kader van het vigerende Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2012 (Rmg2012) [1]. Hierbij is gebruik gemaakt van de methode uit CROW-publicatie 316 [2] waarmee voor een willekeurig wegdektype een correctieterm bepaald kan worden.

Dit houdt onder andere in dat van minimaal vijf wegvakken met hetzelfde wegdektype de geluidreductie ten opzichte van de Referentie (gebaseerd op AC surf [3]) wordt bepaald.

In tabel 1 staat een overzicht van de meetlocaties waar geluidmetingen aan Deciville-Eco zijn verricht [4-6].

Tabel 1: Overzicht van de meetlocaties met Deciville-Eco.

locatie		meetdatum
Pijnakker I*	N470, km 14.16	23-07-2020
Pijnakker II*	N470, km 13,7	23-07-2020
Valkenswaard I*	N69, km 46 zuid	11-06-2020
Valkenswaard II*	N69, km 45 noord	29-05-2020
Rheden	A348	16-12-2022
*Qua mengselontwerp zijn deze vakken onderling identiek maar betreffen verschillende dagproducties. Tevens waren de aanlegmethodes op deze vakken anders vanwege civieltechnische redenen.		

2 WEGDEKCORRECTIE EN DE WET GELUIDHINDER

2.1 Wet geluidhinder

In de Wet geluidhinder [7] en de Wet milieubeheer [8] zijn normen opgenomen om hinder ten gevolge van omgevingsgeluid beheersbaar te houden. Om bepaalde situaties aan deze normen te toetsen, worden er akoestische berekeningen en/of geluidmetingen uitgevoerd, waarbij er rekening gehouden wordt met het effect van een geluidreducerend wegdek. Voorschriften hiervoor zijn opgenomen in het Rmg2012 [1].

De invloed van een wegdek wordt in het Rmg2012 meegenomen met een wegdekcorrectieterm (C_{wegdek}) waarmee de geluidemissie van het verkeer op de betreffende weg per voertuigcategorie m aangepast wordt volgens:

$$L_{emissie} = \sum_{m=1}^3 (L_{e,m} + C_{wegdek,m})$$

met:

L_e : geluidemissie op het referentiewegdek

m : voertuigcategorie ($m = 1$: lichte motorvoertuigen, $m = 2$: middelzware motorvoertuigen en $m = 3$: zware motorvoertuigen)

C_{wegdek} : invloed van een wegdek op de geluidproductie ten opzichte van het referentiewegdek

2.2 Wegdekcorrectie C_{wegdek}

De C_{wegdek} van een wegdektype wordt bepaald ten opzichte van een Referentie voor een voertuigcategorie bij een bepaalde rijsnelheid. Deze Referentie is in het Rmg2012 vastgelegd en is gebaseerd op een groot aantal metingen op wegdekken met dicht asfaltbeton (AC surf [3]).

De C_{wegdek} is de som van de initiële geluidreductie $C_{initieel}$ en de verouderingscorrectie C_{tijd} behorend bij dat wegdektype.

2.3 Initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$

De initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$ legt de gemiddelde initiële geluidreductie van een wegdektype vast. Voor het vaststellen van de $C_{initieel}$ van een wegdektype moet op minimaal vijf verschillende en geografisch gescheiden werken een Statistical Pass-By (SPB)-meting (zie Bijlage A) [9] worden uitgevoerd.

De SPB-metingen worden doorgaans uitgevoerd aan recent aangelegde wegdekken. De standaard meethoogte is 3 m. Voorwaarde is dat op het moment van publicatie van de C_{wegdek} deze meetgegevens niet ouder zijn dan 10 jaar.

Voor het vaststellen van de wegdekcorrectie moeten de SPB-metingen voldoen aan een eis voor de betrouwbaarheid van de regressielijn bij de gemiddelde snelheid. Wanneer er minder dan 5 metingen voldoen aan deze eis kan geen C_{wegdek} worden opgesteld voor het betreffende wegdektype.

2.4 Verouderingscorrectie C_{tijd}

Vanwege slijtage zal de geluidreductie van een geluidreducerende wegdektype in de loop der tijd afnemen. Om hiervoor te corrigeren, wordt in het Rmg2012 de verouderingscorrectie C_{tijd} gehanteerd.

De 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 langer in gebruik is dan 75% van de verwachte levensduur.

Het is niet per definitie noodzakelijk de C_{tijd} op basis van metingen te bepalen. Indien het wegdektype tot een in CROW-publicatie 316 [2] vastgelegde categorie van standaard wegdektypen behoort, kan worden volstaan met het hanteren van de C_{tijd} van de betreffende wegdektype.

3 MEETRESULTATEN AAN DECIVILLE-ECO

3.1 Afzonderlijke metingen

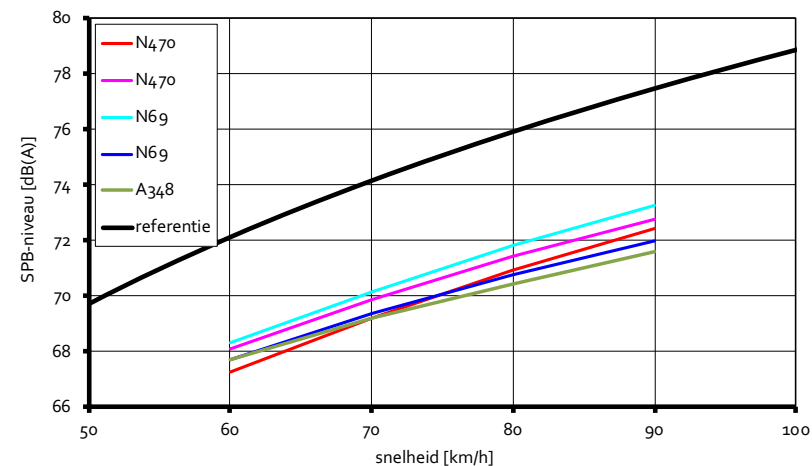
De resultaten van de regressieanalyses van de afzonderlijke metingen aan Deciville-Eco zijn weergegeven in meetbladen in de Bijlage B.

In tabel 2 zijn de gemeten geluidniveaus, gemeten op 3 m hoogte en gecorrigeerd voor de temperatuur, voor lichte motorvoertuigen op de meetlocaties weergegeven. Tevens zijn de waarden voor de Referentie gegeven.

Tabel 2: SPB-waarden voor Deciville-Eco en de Referentie voor lichte motorvoertuigen op 3 m hoogte.

locatie	SPB-waarde [dB(A)]	
	70 km/h	80 km/h
Pijnakker I	69.8	71.3
Pijnakker II	69.2	70.8
Valkenswaard I	70.1	71.8
Valkenswaard II	69.4	70.8
Rheden	69,2	70,5
Referentie	75.4	77.2

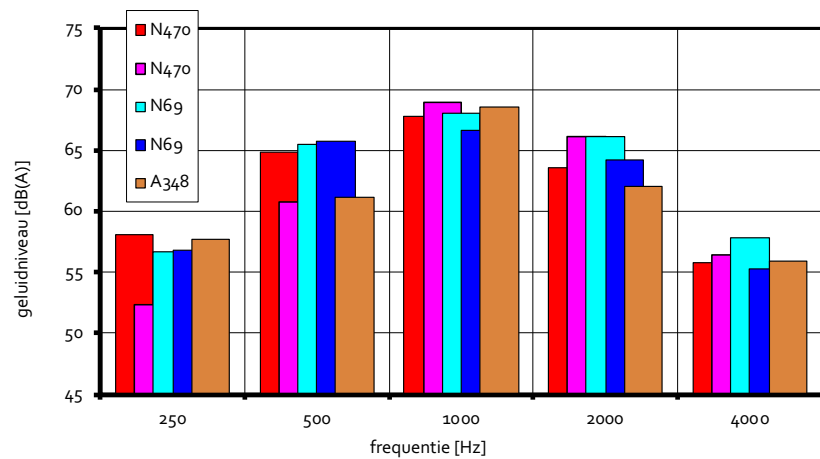
In figuur 1 zijn de waarden uit tabel 2 grafisch weergegeven.



Figuur 1: De SPB-waarden voor lichte motorvoertuigen op Deciville-Eco en de Referentie.

3.2 Spectrale analyse

Bij alle passages is naast de bepaling van het maximale geluidniveau tijdens iedere voertuigpassage tevens de spectrale verdeling ervan bepaald. De spectra zijn rekenkundig gemiddeld en de aldus gevonden spectra zijn weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Overzicht van de genormeerde spectra voor lichte motorvoertuigen op Deciville-Eco bij de referentiesnelheid van 80 km/h.

4 DE C_{WEGDEK} VAN DECIVILLE-ECO

4.1 Regressieanalyse

Bij het bepalen van de C_{wegdek} worden alle resultaten bij snelheden van 30 km/h tot 130 km/h in stappen van 10 km/h meegenomen. Deze gemiddelde waarden worden berekend door per snelheid de afzonderlijke meetdata, gewogen met de bijbehorende confidentie-intervallen te middelen volgens (NB in publicatie 316 [2] staan de formules niet geheel juist):

$$L_{gem,m}(v_m) = \frac{\sum_k \frac{L_{k,m}(v_m)}{(95\%c.i._{k,m}(v_m))^2}}{\sum_k \frac{1}{(95\%c.i._{k,m}(v_m))^2}}$$

met :

- L_{gem} : gemiddelde SPB-waarde in dB(A)
- L : lokale SPB-waarde in dB(A)
- k : locatie
- v : de snelheid in km/h
- m : voertuigcategorie

Het bijbehorende gemiddelde 95% confidentie-interval (95% c.i.) wordt berekend met:

$$95\%c.i._{gem,m}(v_m) = \sqrt{\frac{1}{\sum_k \frac{1}{(95\%c.i._{k,m}(v_m))^2}}}$$

Het 95% c.i. is daarmee een indirecte maat voor het aantal passages bij een bepaalde snelheid. In tabel 3 zijn de gemiddelde SPB-waarden weergegeven voor lichte motorvoertuigen op Deciville-Eco alleen voor die snelheden waarbij het gemiddelde 95% c.i. gelijk of kleiner is dan 0,1 dB(A).

Tabel 3: Gemiddelde SPB-waarden voor lichte motorvoertuigen op Deciville-Eco.

locatie	gemiddelde SPB-waarde [dB(A)]	
	70 km/h	80 km/h
diverse	69.6	71.1
Referentie	75.4	77.2

4.2 Initiële C_{wegdek}

Met behulp van de gemiddelde resultaten van de SPB-metingen wordt de wegdekcorrectieterm $C_{initieel}$ vastgelegd voor Standaard Rekenmethode 1 (SRM1) volgens:

$$C_{initieel,m}(v_m) = \Delta L_m + \tau_m \cdot {}^{10}\log\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right)$$

met :

- $C_{initieel}$: de initiële wegdekcorrectie in dB(A)
- ΔL : de geluidreductie bij de referentiesnelheid in dB(A)
- τ : de snelheidsafhankelijke term in dB(A)
- v : de snelheid in km/h
- v_0 : de referentiesnelheid in km/h
- m : voertuigcategorie

De meetwaarden van alle locaties zijn tevens spectraal lineair en ongewogen gemiddeld en genormaliseerd voor de snelheid. Vervolgens is van dit genormaliseerde spectrum het genormaliseerde spectrum van de Referentie afgetrokken. Voor iedere octaafband i is daarna de waarde voor ΔL_m opgeteld. Hiermee zijn de coëfficiënten voor de initiële wegdekcorrectie per octaafband $\Delta L_{i,m}$ verkregen voor toepassing in Standaard Rekenmethode 2 (SRM2) volgens:

$$C_{initieel,i,m}(v_m) = \Delta L_{i,m} + \tau_m \cdot {}^{10}\log\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right)$$

met:

i : nummer van octaafband

De coëfficiënten ΔL_m , $\Delta L_{i,m}$ en τ_m staan in tabel 4.

Tabel 4: $C_{initieel}$ voor lichte motorvoertuigen en het snelheidsinterval waarbij de waarden betrouwbaar zijn.

frequentie [Hz]	$\Delta L_{i,m}$ [dB(A)]	ΔL_m [dB(A)]
63	2,8	-6.07
125	2,2	
250	1,1	
500	-1,4	
1000	-7,0	
2000	-7,4	
4000	-5,7	
8000	-4,7	
τ_m [dB(A)]	-4.29	
snelheidsinterval	70 – 80 km/h	

4.3 Verouderingscorrectie C_{tijd}

Indien er geen meetresultaten van oudere wegvakken van een bepaald wegdektype voorhanden zijn waarmee de C_{tijd} bepaald kan worden, kan er voor van de bepaling van de C_{wegdek} gebruikgemaakt worden van algemene productspecifieke standaardwaarden voor de C_{tijd} . Deciville-Eco is gebaseerd op ZOAB, waarvoor in CROW-publicatie 316 de volgende in tabel 5 weergegeven C_{tijd} gegeven is.

Tabel 5: Algemene verouderingsterm (C_{tijd}) per octaafband voor lichte motorvoertuigen ($m = 1$) op Dunne Deklaag B.

wegdektype	$C_{tijd,i,1}$ [dB(A)]							
	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
dunne deklaag B	-0,3	-0,2	0,4	1,3	2,0	1,0	1,2	1,7

4.4 Wegdekcorrectie C_{wegdek}

De snelheidsafhankelijke term $\sigma_{i,m}$ van de C_{wegdek} wordt bepaald uit de som van de $C_{initieel}$ en de C_{tijd} voor SRM1 volgens:

$$\sigma_m = \Delta L_m + C_{tijd,m}$$

of spectraal voor SRM2:

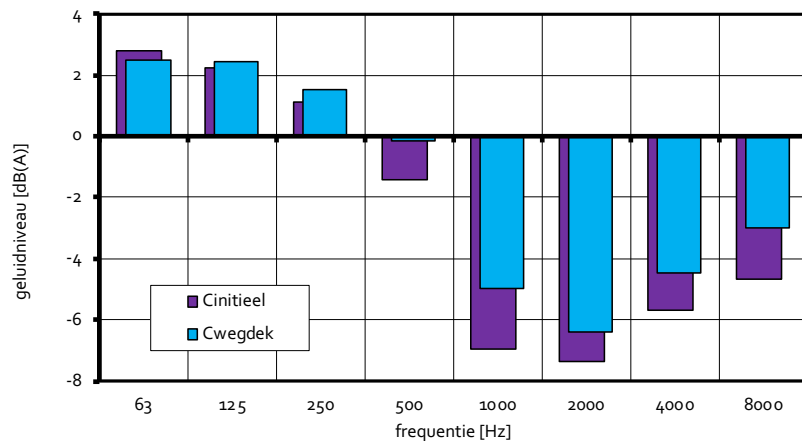
$$\sigma_{i,m} = \Delta L_{i,m} + C_{tijd,i,m}$$

Deze term(-en) staat(n) in tabel 6 gegeven.

Tabel 6: Coëfficiënten van de C_{wegdek} van Deciville-Eco voor lichte motorvoertuigen en het snelheidsinterval waarbij ze betrouwbaar zijn.

frequentie [Hz]	$\sigma_{m,i}$ [dB(A)]	σ_m [dB(A)]
63	2,5	-4.57
125	2,4	
250	1,5	
500	-0,1	
1000	-5,0	
2000	-6,4	
4000	-4,5	
8000	-3,0	
τ_m [dB(A)]	-4.29	
snelheidsinterval	70 – 80 km/h	

De spectra van de $C_{initieel}$ en de C_{wegdek} voor lichte motorvoertuigen op Deciville-Eco bij de referentiesnelheid van 80 km/h staan in figuur 3 weergegeven.



Figuur 3: De spectra van de $C_{initieel}$ en C_{wegdek} voor lichte motorvoertuigen op Deciville-Eco bij de referentiesnelheid.

4.5 De C_{wegdek} van Deciville-Eco

De C_{wegdek} wordt nu als volgt geschreven voor SRM1:

$$C_{wegdek,m} = \sigma_m + \tau_m \cdot {}^{10}\log\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right)$$

en voor SRM2:

$$C_{wegdek,i,m} = \sigma_{i,m} + \tau_{i,m} \cdot {}^{10}\log\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right)$$

Met behulp van de coëfficiënten uit tabel 6 en vergelijkingen is de C_{wegdek} van Deciville-Eco als functie van de snelheid berekend voor zowel nieuwstaat als gemiddeld gedurende de levensduur. De resultaten hiervan staan in tabel 7.

Een negatieve waarde in de tabel houdt een geluidreductie in.

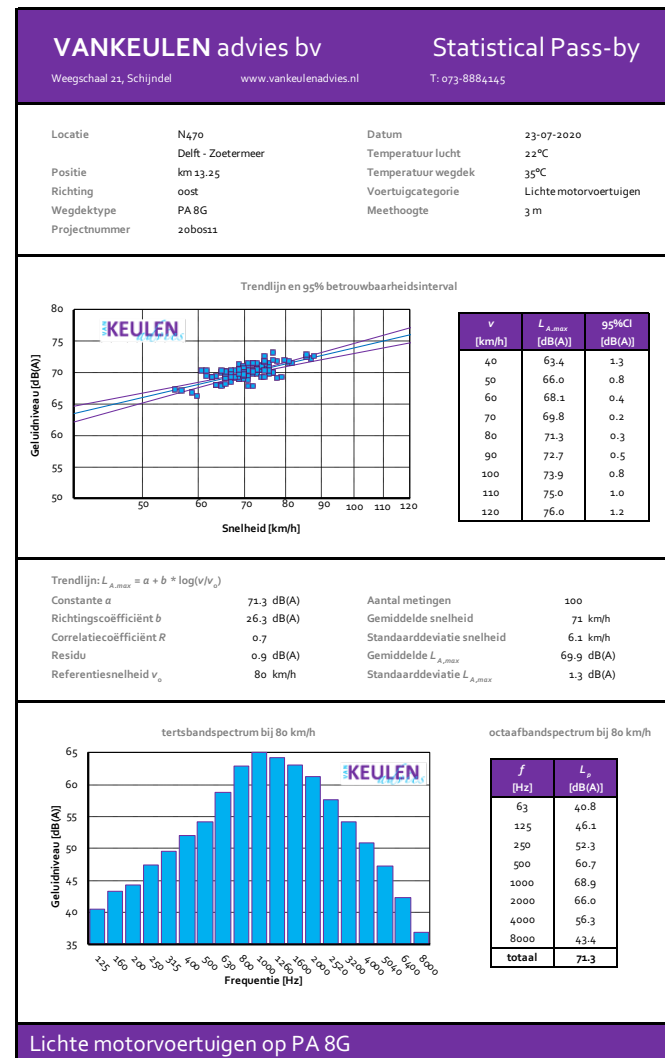
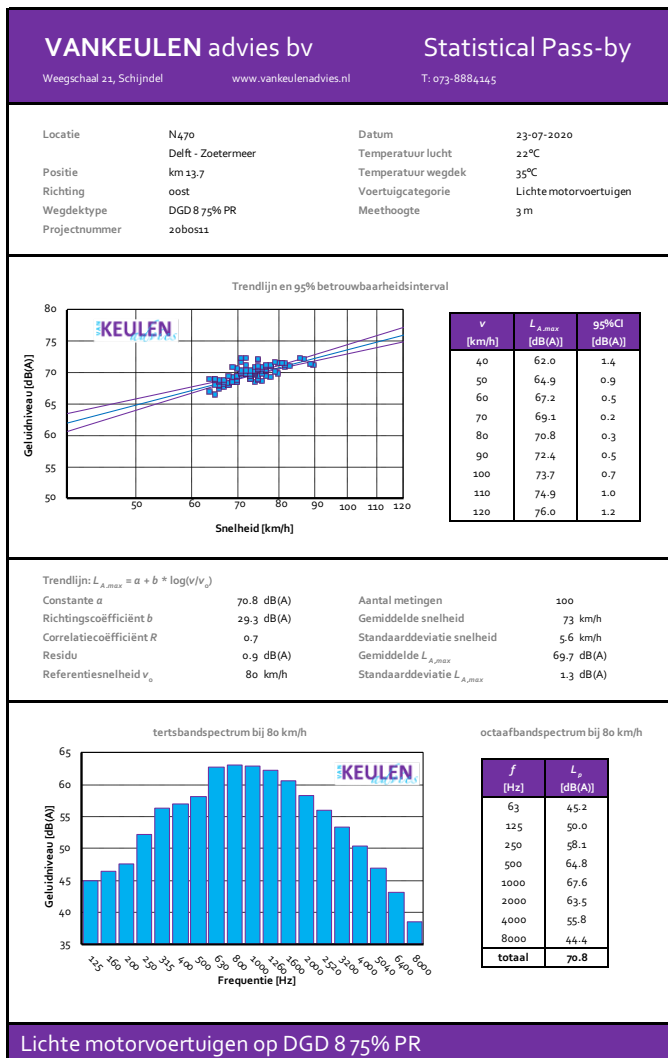
Tabel 7: De C_{wegdek} van Deciville-Eco.

staat	C_{wegdek} [dB(A)]	
	70 km/h	80 km/h
$C_{initieel}$	-5.8	-6.1
C_{wegdek}	-4.3	-4.5

5 LITERATUUR

1. IENM/BSK-2012-37333, *Reken- en meetvoorschrift: geluid* 2012.
2. CROW publicatie 316, *De wegdekcorrectie voor geluid van wegverkeer*. 2012.
3. RAW 2015, *Standaard RAW Bepalingen*. 27 januari 2015.
4. VKa.20bos11.20r041.2, *Geluidmetingen aan aantal proefvakken op de N470*. 24 juli 2020.
5. VKa.20bos11.20r039.2, *Productie Controle Geluid aan twee DGD-varianten op de N69 bij Valkenswaard*. 24 juni 2020.
6. VKa.21bos14.21r061.3, *Productie Controle Geluid aan een aantal wegvakken op de A348 bij Rheden*. 17 januari 2022.
7. BWBRO003227, *Wet Geluidhinder* 1 januari 2015.
8. BWBRO003245, *Wet milieubeheer* 1 juli 2016.
9. ISO 11819-1, *Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: Statistical Pass-By method*. 1997.

BIJLAGE B: SPB-MEETBLADEN



VANKEULEN advies bv **Statistical Pass-by**

Weegschaal 21, Schijndel www.vankeulenadvies.nl T: 073-8884145

Locatie: N69
Valkenswaard

Positie: km 45,8

Richting: zuid

Wegdektype: DGD 8 75% PR

Projectnummer: 20bos11

Datum: 11-06-2020

Temperatuur lucht: 20°C

Temperatuur wegdek: 18°C

Voertuigcategorie: Lichte motorvoertuigen

Meethoogte: 3 m

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval

v [km/h]	L _{A,max} [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	63.3	1.5
50	66.0	0.9
60	68.2	0.5
70	70.1	0.3
80	71.8	0.4
90	73.2	0.7
100	74.5	0.9
110	75.6	1.2
120	76.7	1.4

Trendlijn: $L_{A,max} = a + b \cdot \log(v/v_0)$

Constante a: 71.8 dB(A)

Richtingscoëfficiënt b: 28.1 dB(A)

Correlatiecoëfficiënt R: 0.7

Residu: 1.2 dB(A)

Referentiesnelheid v₀: 80 km/h

Aantal metingen: 100

Gemiddelde snelheid: 71 km/h

Standaarddeviatie snelheid: 6.8 km/h

Gemiddelde L_{A,max}: 70.2 dB(A)

Standaarddeviatie L_{A,max}: 1.7 dB(A)

tertsbandspectrum bij 80 km/h

octaafbandspectrum bij 80 km/h

f [Hz]	L _o [dB(A)]
63	41.6
125	48.7
250	56.6
500	65.4
1000	68.0
2000	66.0
4000	57.8
8000	46.0
 totaal 	 71.8

Lichte motorvoertuigen op DGD 8 75% PR

VANKEULEN advies bv **Statistical Pass-by**

Weegschaal 21, Schijndel www.vankeulenadvies.nl T: 073-8884145

Locatie: N69
Valkenswaard

Positie: km 46,1

Richting: noord

Wegdektype: DGD 8 75% PR

Projectnummer: 20bos11

Datum: 29-05-2020

Temperatuur lucht: 19°C

Temperatuur wegdek: 25°C

Voertuigcategorie: Lichte motorvoertuigen

Meethoogte: 3 m

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval

v [km/h]	L _{A,max} [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	63.5	1.6
50	65.9	1.1
60	67.8	0.6
70	69.4	0.3
80	70.8	0.3
90	72.1	0.4
100	73.2	0.7
110	74.2	0.9
120	75.1	1.1

Trendlijn: $L_{A,max} = a + b \cdot \log(v/v_0)$

Constante a: 70.8 dB(A)

Richtingscoëfficiënt b: 24.2 dB(A)

Correlatiecoëfficiënt R: 0.7

Residu: 1.2 dB(A)

Referentiesnelheid v₀: 80 km/h

Aantal metingen: 100

Gemiddelde snelheid: 77 km/h

Standaarddeviatie snelheid: 7.8 km/h

Gemiddelde L_{A,max}: 70.4 dB(A)

Standaarddeviatie L_{A,max}: 1.7 dB(A)

tertsbandspectrum bij 80 km/h

octaafbandspectrum bij 80 km/h

f [Hz]	L _o [dB(A)]
63	42.5
125	49.7
250	56.8
500	65.8
1000	66.7
2000	64.2
4000	55.3
8000	43.7
 totaal 	 70.8

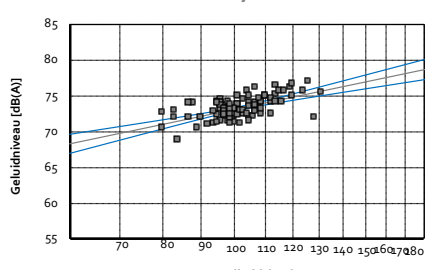
Lichte motorvoertuigen op DGD 8 75% PR

VANKEULEN advies bv **Statistical Pass-by**

Weegschaal 21, Schijndel www.vankeulenadvies.nl T: 073-8884145

Locatie	Rheden	Datum	16-12-2021
	A348 vak 2	Temperatuur lucht	9°C
Positie	HRR 6.2	Temperatuur wegdek	9°C
Richting	oost	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Wegdektype	DGD 8 SFB 4-100 (BR-LT) 65% PR	Meethoogte	3 m
Projectnummer	21bos14	Temperatuurcorrectie	ja

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval

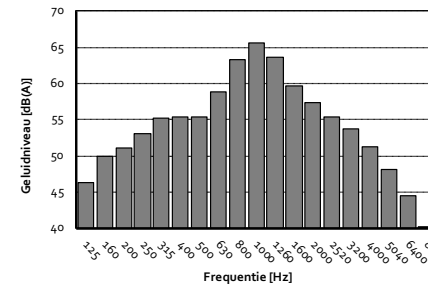


v [km/h]	L _{A,max} [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
60	68,3	1,3
70	69,8	1,0
80	71,0	0,7
90	72,2	0,4
100	73,2	0,2
110	74,1	0,3
120	74,9	0,5
130	75,6	0,7
140	76,3	0,8

Trendlijn: $L_{A,max} = a + b \cdot \log(v/v_0)$

Constante a	71,0 dB(A)	Aantal metingen	100
Richtingscoëfficiënt b	21,8 dB(A)	Gemiddelde snelheid	102 km/h
Correlatiecoëfficiënt R	0,6	Standaarddeviatie snelheid	9,8 km/h
Residu	1,2 dB(A)	Gemiddelde L_{A,max}	73,3 dB(A)
Referentiesnelheid v₀	80 km/h	Standaarddeviatie L_{A,max}	1,5 dB(A)

tertsbandspectrum bij 80 km/h



octaafbandspectrum bij 80 km/h

f [Hz]	L _p [dB(A)]
63	44,6
125	52,2
250	58,2
500	61,7
1000	69,1
2000	62,6
4000	56,4
8000	45,8
totaal	71,0

Lichte motorvoertuigen op DGD 8 SFB 4-100 (BR-LT) 65% PR