

## Bepaling van de wegdekcorrectieterm Cwegdek voor Geoptimaliseerd Uitgeborsteld Beton (GUB)

### Opdrachtgever

Cement&BetonCentrum  
Zaagmolenlaan 20  
3447 GS Woerden

### Auteur

W. van Keulen

### Document

VKa.19cbci10.19r019

### Datum

19 maart 2019

### Aantal bladzijden

13

# Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	2
1 Inleiding .....	3
2 Geoptimaliseerd Uitgeborsteld Beton.....	3
3 Wettelijk kader.....	4
3.1 Wet geluidhinder.....	4
3.2 Wegdekcorrectie $C_{wegdek}$ .....	4
3.3 Initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$ .....	4
3.4 Verouderingscorrectie $C_{tijd}$ .....	5
4 Meetresultaten .....	5
4.1 Afzonderlijke metingen.....	5
4.2 Spectrale analyse .....	6
5 De $C_{wegdek}$ van GUB.....	7
5.1 Regressieanalyse.....	7
5.2 Initiële $C_{wegdek}$ .....	7
5.3 Verouderingscorrectie $C_{tijd}$ .....	8
5.4 Wegdekcorrectie $C_{wegdek}$ .....	9
5.5 De $C_{wegdek}$ van GUB.....	9
Literatuur.....	10
Bijlage A: Meetmethode .....	11
A.1 SPB-methode.....	11
Bijlage B: Meetbladen.....	12

# 1 Inleiding

In opdracht van het Cement&BetonCentrum is door VANKEULEN advies bv een onderzoek uitgevoerd naar de geluidtechnische eigenschappen van Geoptimaliseerd Uitgeborsteld Beton (GUB).

In dit onderzoek is de voorlopige 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) wordt bepaald. In tabel 1 staat een overzicht van de meetlocaties waar SPB-metingen aan GUB zijn verricht.

Tabel 1: Overzicht van de meetlocaties met GUB.

Locatie		Meetdatum
Apeldoorn	Oost-Veluweweg	24-04-2010
Eindhoven	Huizingalaan	17-03-2017
Drachten I	Kleststerlaan	15-11-2018
Drachten II	Splitting	15-11-2018
Drachten III	Ureterpvalaat	15-11-2018

# 2 Geoptimaliseerd Uitgeborsteld Beton

Het principe van geoptimaliseerd uitgeborsteld beton (GUB) berust op het feit dat de bovenlaag van het beton met een verhardingsvertrager wordt besproeid. Op een later tijdstip, wanneer het onderliggende beton voldoende verhard is en het oppervlak nog voldoende vertraagd, wordt de cementspecie tussen de bovenste korrels uitgeborsteld [3].

Door het uitborstelen ontstaat een vorm van een “spijkerbed” waarover de banden afrollen. Ingesloten en gecomprimeerde lucht tussen band en wegdek (de aerodynamisch geluidopwekking) wordt daardoor verminderd.

De mengselsamenstelling van de (bovenste laag van de) betonverharding is van essentieel belang voor de te realiseren geluidreductie. Er wordt een *gap-graded* samenstelling (discontinue mengsel) toegepast om de grove korrels zo dicht mogelijk op elkaar te plaatsen. Op deze wijze ontstaat een zo vlak mogelijk oppervlak.

## 3 Wettelijk kader

### 3.1 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, worden er akoestische berekeningen en/of geluidsmetingen uitgevoerd, waarbij er rekening gehouden wordt met het effect van een geluidreducerend wegdek. Voorschriften hiervoor zijn opgenomen in het Rmg2012. 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 aangepast wordt volgens:

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

met:

$L_e$  : geluidemissie van motorvoertuigen 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

### 3.2 Wegdekcorrectie $C_{wegdek}$

De  $C_{wegdek}$  van een wegdektype wordt bepaald ten opzichte van een Referentie voor een bepaalde 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).

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

### 3.3 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) worden uitgevoerd. De SPB-metingen worden uitgevoerd aan nieuw aangelegde wegdekken. De standaard meethoogte is 3 m.

Oudere meetresultaten van 5m hoogte conform Rmv2002 mogen hierbij gebruikt worden. Voorwaarde is dat op het moment van publicatie deze meetgegevens niet ouder zijn dan 10 jaar. Indien er metingen zijn uitgevoerd op 5 m hoogte dan mogen deze worden gebruikt echter nooit in combinatie met metingen op 3 m hoogte,

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 vijf metingen voldoen aan deze eis kan geen  $C_{wegdek}$  worden opgesteld voor het betreffende wegdektype.

### 3.4 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 vastgelegde categorie van standaard wegdektypen behoort, kan worden volstaan met het hanteren van de  $C_{tijd}$  van de betreffende wegdekcategorie.

## 4 Meetresultaten

### 4.1 Afzonderlijke metingen

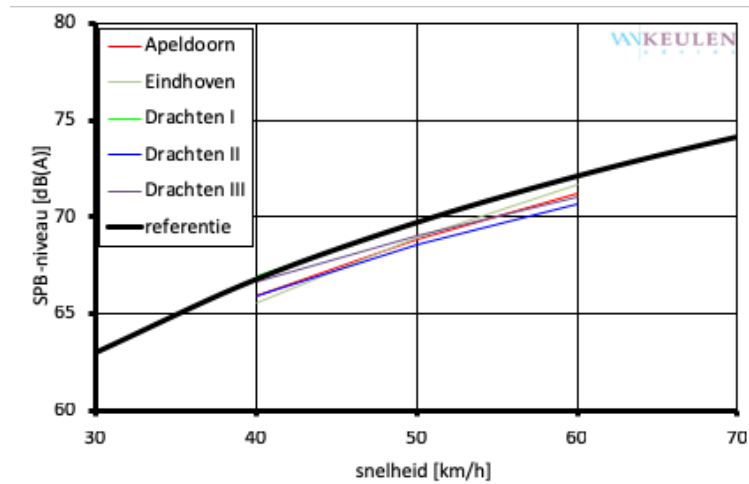
De resultaten van de regressieanalyses van de afzonderlijke metingen aan zijn weergegeven in meetbladen in de Bijlage.

In tabel 2 zijn de geluidniveaus, gemeten op 5 m hoogte en gecorrigeerd voor de temperatuur, voor lichte motorvoertuigen op de meetlocaties weergegeven met tussen haakjes het 95% confidentie-interval. Tevens zijn de waarden voor de Referentie gegeven.

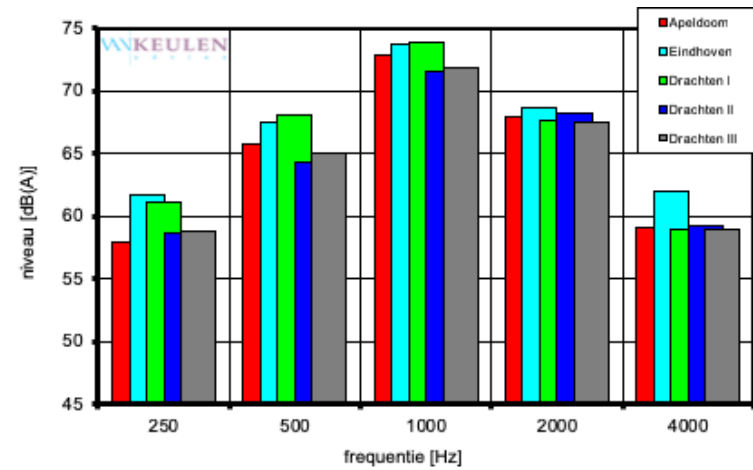
Tabel 2: SPB-waarden voor GUB en de Referentie voor lichte motorvoertuigen voor 5 m hoogte.

Locatie	SPB-waarde [dB(A)]		
	40 km/h	50 km/h	60 km/h
Apeldoorn	65,9 (0,6)	68,8 (0,4)	71,2 (0,3)
Eindhoven	65,6 (0,3)	68,9 (0,4)	71,7 (1,1)
Drachten I	66,9 (0,5)	69,8 (0,3)	72,1 (0,6)
Drachten II	66,0 (0,4)	68,6 (0,3)	70,7 (0,6)
Drachten III	66,7 (0,3)	69,1 (0,3)	71,0 (0,7)
Referentie (316)	66.7	69.7	72.1

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



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



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

## 4.2 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.

# 5 De $C_{wegdek}$ van GUB

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

Tabel 3: Gemiddelde SPB-waarde voor lichte motorvoertuigen op GUB bij 50 km/h.

wegdektype	Gemiddelde SPB-waarde [dB(A)]
GUB	69.1
Referentie	69.7

## 5.2 Initiële $C_{wegdek}$

Met behulp van de gemiddelde resultaten van de SPB-metingen wordt de wegdekcorrectieterm  $C_{initieel}$  vastgelegd voor 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)
- $\Delta L$  : de geluidreductie bij de referentiesnelheid in dB(A)
- $\tau$  : 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 is daarna de waarde voor  $\Delta L_m$  opgeteld. Hiermee zijn de coëfficiënten voor de initiële wegdekcorrectie per octaafband  $\Delta L_{i,m}$  verkregen voor toepassing in 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  $\Delta L_m$ ,  $\Delta L_{i,m}$  en  $\tau_m$  staan in tabel 4.

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

Frequentie [Hz]	$\Delta L_{i,m}$ [dB(A)]	$\Delta L_m$ [dB(A)]
63	3.6	-1.00
125	3.7	
250	4.2	
500	1.5	
1000	-0.6	
2000	-3.1	
4000	-2.1	
8000	-1.5	
$\tau_m$ [dB(A)]	-1.48	
Snelheid [km/h]	50	

### 5.3 Verouderingscorrectie $C_{tijd}$

Indien er geen SPB-metresultaten 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  $C_{tijd}$ .

GUB is een uitgewassen beton, waarvoor in CROW-publicatie 316 de volgende in tabel 5 weergegeven  $C_{tijd}$  gegeven is. Het is echter onduidelijk hoe accuraat deze verouderingsterm voor GUB is.

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

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	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1



### 5.4 Wegdekcorrectie $C_{wegdek}$

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

$$\sigma_m = \Delta L_m + C_{tijd,m} \tag{1}$$

of spectraal voor SRM2:

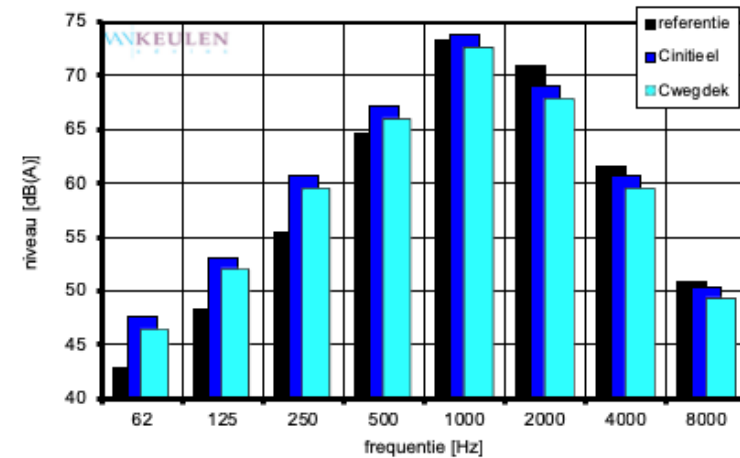
$$\sigma_{i,m} = \Delta L_{i,m} + C_{tijd,i,m} \tag{2}$$

Deze termen staan in tabel 6 gegeven.

Tabel 6: Coëfficiënten van de voorlopige  $C_{wegdek}$  van GUB voor lichte motorvoertuigen en de snelheid waarbij ze betrouwbaar zijn.

Frequentie [Hz]	$\sigma_{m,i}$ [dB(A)]	$\sigma_m$ [dB(A)]
63	4.7	0.11
125	4.8	
250	5.3	
500	2.6	
1000	0.5	
2000	-2.0	
4000	-1.0	
8000	-0.4	
$\tau_m$ [dB(A)]		-1.48
Snelheid [km/h]		50

De spectra van de  $C_{initieel}$ ,  $C_{wegdek}$  en Referentie bij de referentiesnelheid van 80 km/h staan in figuur 3.



Figuur 3: De gemiddelde spectra van de  $C_{initieel}$  en  $C_{wegdek}$  voor lichte motorvoertuigen op GUB en van de Referentie bij de referentiesnelheid.

### 5.5 De $C_{wegdek}$ van GUB

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 SRM 2:

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

Met behulp van de coëfficiënten uit tabel 6 en vergelijkingen is de voorlopige  $C_{wegdek}$  van GUB als functie van de snelheid berekend. De resultaten hiervan staan in tabel 7. Tevens staat de  $C_{initieel}$  (zie ook tabel 3) hierin weergegeven

Tabel 7: De  $C_{wegdek}$  van GUB bij 50 km/h.

correctieterm	$C_{wegdek}$ [dB(A)]
$C_{initieel}$	-0.7
$C_{wegdek}$	+0.4

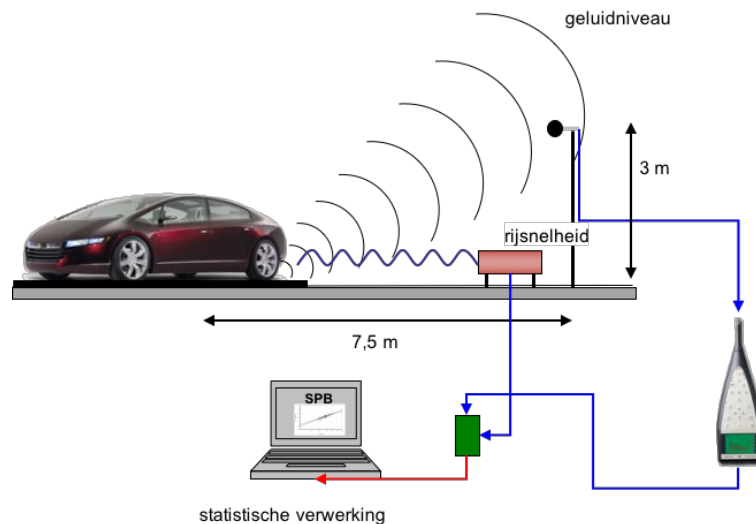
## Literatuur

1. *Reken- en meetvoorschrift geluid.* 2012.
2. CROW publicatie 316, *De wegdekcorrectie voor geluid van wegverkeer.* 2012.
3. Leidraad, *Geoptimaliseerd uitgeborsteld beton.* 2012.
4. ISO 11819-1, *Acoustics -- Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise -- Part 1: Statistical Pass-By method.* 1997.

# Bijlage A: Meetmethode

## A.1 SPB-methode

De Statistical Pass-by (SPB) meetmethode is gestandaardiseerd in de internationale norm ISO 11819-1 [4] waarbij een microfoon op 7,5 m uit het hart van de rijbaan is geplaatst op 3 m hoogte. Echter oudere metingen zijn doorgaans op 5 m hoogte uitgevoerd.



Figuur A.1: Opzet van de SPB-methode.

Bij iedere voertuigpassage worden het maximale A-gewogen geluidniveau  $L_{A,max}$  en de voertuigsnellheid  $v$  geregistreerd. Deze resultaten worden verwerkt in een spreidingsdiagram waarin het maximale geluidniveau van een passage als functie van de logaritme van de snelheid staat weergegeven.

Uit dit spreidingsdiagram wordt de bestpassende lineaire functie bepaald. Uit deze regressieanalyse volgt het geluidniveau als functie van de snelheid. Bij de SPB-metingen wordt onderscheid gemaakt tussen lichte, middelzware en zware motorvoertuigen.

Voor de regressielijn in het spreidingsdiagram geldt:

$$L_{A,max} = a + b \cdot \lg\left(\frac{v}{v_0}\right)$$

met:

$L_{A,max}$ : het maximale geluidniveau in dB(A) tijdens een voertuigpassage

$a, b$ : de regressieconstanten in dB(A)

$v$ : de snelheid in km/h

$v_0$ : de referentiesnelheid in km/h ( $v_0$  is 80 km/h voor lichte en 70 km/h voor zware motorvoertuigen)

De in het spreidingsdiagram aangegeven zone rondom de regressielijn geeft het dubbelzijdige 95% betrouwbaarheidsinterval weer.

# Bijlage B: Meetbladen

