

## OMGEVINGSREGELING – bijlagen

### Bijgewerkt 10-09-2021

De basis van deze werkversie van de Omgevingsregeling wordt gevormd door de volgende publicaties in de Staatscourant:

1. Omgevingsregeling ([Stcrt. 2019, 56288](#))
2. Invoeringsregeling Omgevingswet ([Stcrt. 2020, 64380](#))
3. Aanvullingsregeling geluid Omgevingswet ([Stcrt. 2021, 15868](#))
4. Aanvullingsregeling bodem Omgevingswet ([Stcrt. 2021, 28102](#))
5. Aanvullingsregeling natuur Omgevingswet ([Stcrt. 2021, 31421](#))
6. Aanvullingsregeling grondeigendom Omgevingswet ([Stcrt. 2021-34636](#))
7. Regeling elektronische publicaties ([Stcrt. 2021, 21610](#))
8. Wijzigingsregeling IenW Omgevingsregeling ([Stcrt. 2021, 34775](#))
9. Regeling stikstofreductie en natuurverbetering ([Stcrt. 2021, 35025](#))

In kleur zijn de wijzigingen door de volgende regelingen verwerkt:

1. Verzamelregeling bouwen ([consultatieversie mei 2021](#)) – tekstkleur lichtrood<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> De wijziging in bijlage III was onderdeel van de consultatie van een wijziging van de Regeling algemene regels ruimtelijke ordening. De wijziging zal verder vorm krijgen in de Verzamelregeling bouwen
2. Wijziging Omgevingsregeling in verband met actualisatie van de rentevoet en de minimalisatieplicht voor zeer zorgwekkende stoffen ([consultatieversie maart 2021](#)) – tekstkleur blauw
3. Wijziging Regeling Bouwbesluit 2012 en Omgevingsregeling met betrekking tot keuringen airconditioningsystemen ([consultatieversie juli 2021](#)) – tekstkleur paars

Let op: De verwijzingen naar bestanden en kaarten werken niet in dit bestand. Hiervoor kunt u de officiële publicaties in de Staatscourant gebruiken.

**BIJLAGE IVE BIJ DE ARTIKELEN 3.8, EERSTE LID, ONDER A, 3.9, EERSTE LID, AANHEF EN ONDER A EN B, 3.11, ONDER A EN B, 3.14, EERSTE LID, ONDER A, EN VIERDE LID, 3.18, ONDER A EN B EN 12.71D, TWEDE LID, VAN DEZE REGELING (MEET- EN REKENMETHODE GELUID WEGEN)**

## **1. Inleiding**

Deze meet- en rekenmethode is bedoeld voor het bepalen van het geluid door wegen.

## **2. Standaardrekenmethode**

### **2.1. Begrippen**

In dit hoofdstuk wordt verstaan onder:

*bronzpunt*: snijpunt van een sectorvlak met een rijlijnsegment;

*openingshoek van een sector*: hoek tussen de begrenzingvlakken van een sector in het horizontale vlak;

*rijlijn*: lijn, op 0,75 m boven wegdekhoogte, die de plaats van de afstraling van het geluid van een geluidemissietraject of een deel daarvan representeert;

*rijlijnsegment*: rechte verbindinglijn tussen de snijpunten van een rijlijn met de grensvlakken van een sector;

*sector*: ruimte begrensd door twee verticale halfvlakken waarvan de grenslijnen samenvallen met de verticaal door het waarneempunt;

*sectorvlak*: bissectricevlak van de twee grensvlakken van een sector;

*totale openingshoek*: som van de openingshoeken van alle sectoren die voor het bepalen van het equivalente geluidniveau in dB(A) van belang zijn;

*verkeersintensiteit*: aantal motorvoertuigen van een categorie motorvoertuigen als bedoeld in het tweede lid, dat jaarlijks per uur, gemiddeld over een etmaalperiode, passeert;

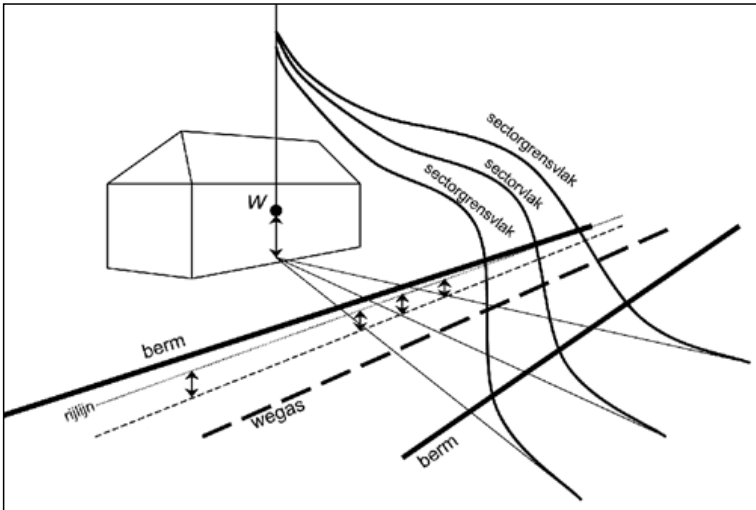
*waarneempunt*: punt waarvoor het equivalente geluidniveau in dB(A), het  $L_{Aeq}$ , bepaald moet worden; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidbelasting van een gevel, dan ligt dit punt in het betrokken gevelvlak;

*zichthoek*: hoek waaronder een object (gevel, scherm, weggedeelte en dergelijke) in horizontale projectie wordt gezien vanuit het waarneempunt.

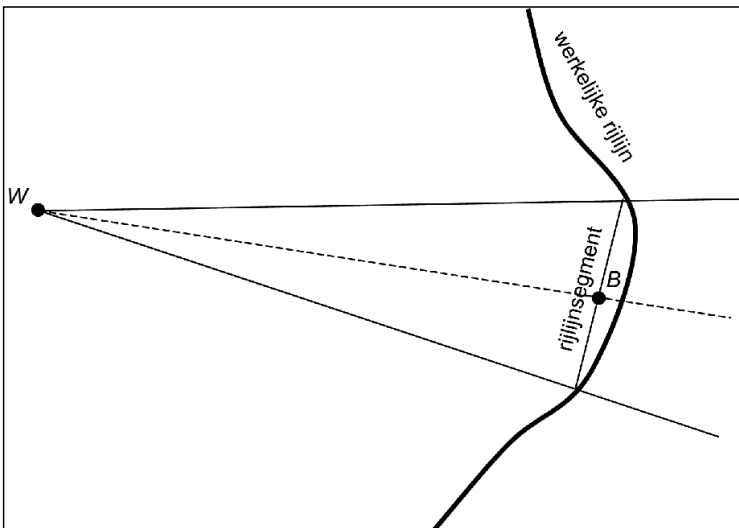
Voor de toepassing van dit hoofdstuk worden de volgende categorieën motorvoertuigen onderscheiden:

- a. categorie lv (lichte motorvoertuigen): motorvoertuigen op drie of meer wielen, met uitzondering van de in categorie mv en categorie zv bedoelde motorvoertuigen;
- b. categorie mv (middelzware motorvoertuigen): gelede en ongelede autobussen, en andere motorvoertuigen die ongeleed zijn en voorzien van een enkele achteras waarop vier banden zijn gemonteerd;
- c. categorie zv (zware motorvoertuigen): gelede motorvoertuigen, en motorvoertuigen die zijn voorzien van een dubbele achteras, met uitzondering van autobussen.

Als gebruik wordt gemaakt van automatische telapparatuur met een andere dan de hierboven genoemde categorie-indeling, zijn deze tellingen toepasbaar als van deze automatische telapparatuur is aangetoond dat het berekende, op tienden van decibellen afgeronde equivalente geluidniveau niet meer dan 0,5 dB afwijkt bij voor de betreffende wegtype representatieve verkeerssamenstelling.



Figuur 2.1 Illustratie bij de begripsbepalingen.



Figuur 2.2 Illustratie bij het begrip rijlijnsegment.

## 2.2. De hoofdformule

Het equivalente geluidniveau in dB(A), het  $L_{Aeq}$ , wordt berekend volgens de formule:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{zv} 10^{L_{eq,i,j,n,m}/10} \quad (2.1)$$

waarbij  $L_{eq,i,j,n,m}$  de bijdrage is aan het  $L_{Aeq}$  in één octaaf (index  $i$ ), van één sector (index  $j$ ), van één bronpunt (index  $n$ ) en van één voertuigcategorie (index  $m$ ).

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$L_{eq,i,j,n,m}$  wordt berekend volgens de formule:

$$L_{eq,i,j,n,m} = L_E + \Delta L_{OP} + \Delta L_{GU} - \Delta L_L - \Delta L_B - C_M - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6 \quad (2.2)$$

met:

$L_E$ : het geluidemissiegetal	§ 2.4
$\Delta L_{OP}$ : de optrektoeslag <sup>1</sup>	§ 2.5
$\Delta L_{GU}$ : de geometrische uitbreidingsterm	§ 2.6
$\Delta L_L$ : de luchtdemping	§ 2.7
$\Delta L_B$ : de bodemdemping	§ 2.8
$C_M$ : de meteocorrectieterm van de te beschouwen periode ( $C_M=C_d$ voor de dagperiode, $C_M=C_{en}$ voor de avond- en nachtperiode):	§ 2.9
$\Delta L_{SW}$ : de schermwerking <sup>1</sup>	§ 2.10
$\Delta L_R$ : de niveaureductie ten gevolge van reflecties <sup>1</sup>	§ 2.11

<sup>1</sup> Als dat van toepassing is.

Er wordt gesommeerd over de octaafbanden met indices  $i = 1$  tot en met  $i = 8$  en middenfrequenties respectievelijk 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 en 8.000 Hz.

De sectorindeling is zo dat de geometrie en de verkeerssituatie in een sector goed worden beschreven met de geometrie en de verkeerssituatie in het sectorvlak. Hierbij wordt uitgegaan van een vaste openingshoek. Deze openingshoek is 2°. De hoeken van de sectorvlakken worden bepaald door de even hoeken in een windroos (0°, 2°, 4°, etcetera). Bij bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt afgeweken van deze sectorindeling (zie 2.6).

Het aantal bronpunten  $N$  binnen één sector wordt bepaald door het aantal keer dat het sectorvlak een rijlijn (segment) snijdt.

De sommatie aangegeven met de index  $m$  vindt plaats over de drie onderscheiden voertuigcategorieën, te weten: lichte ( $m = lv$ ), middelzware ( $m = mv$ ) en zware ( $m = zv$ ) motorvoertuigen. Als andere categorieën dan de hiervoor genoemde categorieën akoestisch relevant zijn, dan kan de sommatie worden uitgebreid met deze categorieën.

### 2.3. Reflecties

Als zich binnen een sector objecten met een verticaal, hard oppervlak bevinden, die voldoen aan de hieronder gestelde voorwaarden, dan wordt het  $L_{Aeq}$  ook bepaald door het geluid dat via reflecties het waarneempunt bereikt. De bijdrage van deze reflecties aan het  $L_{Aeq}$  wordt in rekening gebracht voor het sectordeel dat zich, gezien vanuit het waarneempunt, achter dat reflecterend oppervlak bevindt, te vervangen door zijn spiegelbeeld ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Als het reflecterend oppervlak niet verticaal is, dan wordt:

voor de bodemdemping (paragraaf 2.8) de spiegeling in het horizontale vlak uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus gelijk;

voor de schermwerking van objecten gezien vanuit de spiegelbron (spiegelend oppervlak niet meegenomen) wordt (paragraaf 2.10) de spiegeling in drie dimensies uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus niet noodzakelijkerwijs gelijk. De hoogte van de spiegelbron wordt bepaald door een volledige 3D-analyse van de reflectie.

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt doorsnijdt het vlak, of een aaneengesloten samenstel van vlakken, de gehele sectorhoek.

Als het reflecterend oppervlak uit een samenstel van vlakken bestaat wordt het vlak dat wordt doorsneden gebruikt voor de spiegeling van het bronpunt. Als het sectorvlak een object of samenstel van objecten precies op de grens tussen twee vlakken of objecten doorsnijdt wordt het bronpunt gespiegeld in het vlak dat het meest haaks staat op het sectorvlak.

Nader onderzoek naar de invloed van reflecties op het  $L_{Aeq}$  is vereist als het reflecterend oppervlak oneffenheden bevat waarvan de afmetingen van dezelfde orde van grootte zijn als de afstand van het vlak tot het waarneempunt of de afstand van het vlak tot het bronpunt.

Bij de berekeningen wordt standaard uitgegaan van één reflectie. In geval van berekeningen met meervoudige reflecties wordt de spiegeling herhaald toegepast.

#### 2.4. Het geluidemissiegetal $L_E$

Bij de bepaling van het geluidemissiegetal  $L_E$  wordt gebruik gemaakt van de indeling in voertuigcategorieën als bedoeld in onderdeel 2.1 van deze bijlage. Voor de berekening van  $L_E$  zijn de volgende gegevens nodig:

$Q$ : de gemiddelde intensiteit van de voertuigcategorie [ $h^{-1}$ ];

$v_m$ : de representatief te achten gemiddelde snelheid van de voertuigcategorie [km/u];

$v_0$ : de referentiesnelheid van de voertuigcategorie, deze bedraagt voor lv 80 km/u en voor mv en zv 70 km/u [km/u];

$C_{wegdek}$ : de wegdekcorrectie [dB(A)];

$C_H$ : de hellingcorrectie [dB(A)].

De berekening verloopt volgens de formule:

$$L_{E_{i,m}} = 10 \lg \left( \frac{Q_m}{v_m} \right) + \alpha_{i,m} + \beta_{i,m} \lg \left( \frac{v_m}{v_{0,m}} \right) + C_{wegdek_{i,m}} + C_{H_m} \quad (2.3)$$

waarin:

$\alpha + \beta \cdot \lg(v/v_0)$  het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau van de voertuigcategorie is en

$C_{wegdek}$  de emissiecorrectie voor verschillende wegdektypen.

##### 2.4.1. Het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau.

De waarden van emissiekentallen  $\alpha$  en  $\beta$  zijn gegeven in de tabel 2.1 en tabel 2.2 als functie van de octaafband en de voertuigcategorie. De getallen gelden voor horizontale weggedeelten met een wegverharding van dicht asfaltbeton.

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Tabel 2.1 Emissiekental  $\alpha$  als functie van voertuigcategorie  $m$  en octaafband  $i$

Octaafbandindex ( $i$ )	$\alpha$		
	$m = lv$	$m = mv$	$m = zv$
1	69,872,1	77,979,9	79,384,1
2	80,181,7	87,191,1	89,191,4
3	86,686,8	94,697,1	96,397,7
4	94,5	103,8100,5	105,9104,8
5	103,3103,0	105,3103,3	107,6106,5
6	98,599,2	99,1100,4	100,6102,4
7	89,592,3	92,993,9	94,395,6
8	77,780,9	83,985,6	84,687,0

Tabel 2.2 Emissiekental  $\beta$  als functie van voertuigcategorie  $m$  en octaafband  $i$

Octaafbandindex ( $i$ )	$\beta$		
	$m = lv$	$m = mv$	$m = zv$
1	15,210,0	29,7-0,2	10,89,8
2	27,625,5	26,6+16,6	18,111,4
3	23,127,7	32,22,5	24,32,6
4	29,124,3	44,126,6	33,023,2
5	40,430,9	42,922,3	36,120,8
6	40,129,7	35,916,6	28,015,0
7	37,029,3	29,8+16,2	20,2+12,4
8	34,826,9	29,3-1,9	17,8-3,1

Als het in rekening brengen van motorfietsen en bromfietsen noodzakelijk wordt geacht, kan dit gebeuren door het introduceren van extra voertuigcategorieën in de formule 2.1. De emissiekentallen  $\alpha$  en  $\beta$  voor motorfietsen en bromfietsen zijn gegeven in tabel 2.2a en kunnen gebruikt worden in formule 2.3. De referentiesnelheid  $v_0$  is voor motorfietsen 80 km/u voor bromfietsen is de (fictieve) referentiesnelheid 1 km/u.

Tabel 2.2a Emissiekental  $\alpha$  en  $\beta$  voor motorfietsen en bromfietsen als functie van octaafband  $i$

Octaafbandindex ( $i$ )	Motorfietsen		Bromfietsen	
	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$	$\beta$
1	82	29	60	0
2	90	29	75	0
3	97	29	86	0
4	99	29	93	0

5	96	29	97	0
6	96	29	96	0
7	93	29	94	0
8	87	29	91	0

**2.4.2. De wegdekcorrectie  $C_{wegdek}$**

Voor een wegdektype dat afwijkt van het referentiewegdek (dicht asfalt beton of SMA 0/11) wordt een correctie op het A-gewogen equivalente bronvermogen in rekening gebracht. De wegdekcorrectie  $C_{wegdek}$  is het verschil tussen het geluidemissiegetal dat is gebaseerd op dicht asfaltbeton en het geluidemissiegetal bepaald voor het afwijkende wegdektype. De wegdekcorrectie is in het algemeen afhankelijk van de verkeerssamenstelling en de snelheid en wordt beschreven met de volgende verhouding:

$$C_{wegdek_{i,m}} = \sigma_{i,m} + \tau_m \lg \left( \frac{v_m}{v_{0,m}} \right) \quad (2.4)$$

met:

$v_0$ : is de referentiesnelheid in km/u: 80 km/u voor lichte motorvoertuigen ( $m = lv$ ) en 70 km/u voor middelzware en zware motorvoertuigen ( $m = mv$ , resp.  $m = zv$ );

$\sigma_{m,i}$ : verschil in dB(A) bij de referentiesnelheid  $v_0$ ;

$\tau_m$ : snelheidsindex in dB(A) per decade snelheidstoename.

De coëfficiënten  $\sigma_{m,i}$  en  $\tau_m$  zijn gegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3a Coëfficiënten  $\sigma_{m,i}$  en  $\tau_m$  voor de  $C_{wegdek}$  voor lichte motorvoertuigen

Volg nr	Wegdektype	$\sigma_{lv,i}$								$\tau_v$
		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	
1	Referentiewegdek	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1L ZOAB	0,5	3,3	2,4	3,2	-1,3	-3,5	-2,6	0,5	-6,5
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	<del>3.7</del> m	<del>2.9</del> m	<del>0.9</del> m	<del>0.9</del> m	<del>5.8</del> m	<del>5.3</del> m	<del>3.1</del> m	<del>1.4</del> m	<del>12.1</del> m
4	2L ZOAB	0,4	2,4	0,2	-3,1	-4,2	-6,3	-4,8	-2,0	-3,0
5	2L ZOAB fijn	-1,0	1,7	-1,5	-5,3	-6,3	-8,5	-5,3	-2,4	-0,1
6	SMA 0/5	1,1	-1,0	0,2	1,3	-1,9	-2,8	-2,1	-1,4	-1,0
7	SMA 0/8	0,3	0,0	0,0	-0,1	-0,7	-1,3	-0,8	-0,8	-1,0
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	<del>2.9</del> m	<del>1.1</del> m	<del>0.4</del> m	<del>0.5</del> m	<del>2.9</del> m	<del>2.8</del> m	<del>1.1</del> m	<del>0.8</del> m	<del>-4.8</del> m
9	Uitgeborsteld beton	1,1	-0,4	1,3	2,2	2,5	0,8	-0,2	-0,1	1,4
10	Geoptimaliseerd uitgeborsteld beton	-0,2	-0,7	0,6	1,0	1,1	-1,5	-2,0	-1,8	1,0

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

11	Fijngbezemd beton	1,1	-0,5	2,7	2,1	1,6	2,7	1,3	-0,4	7,7
12	Oppervlaktbewerking	1,1	1,0	2,6	4,0	4,0	0,1	-1,0	-0,8	-0,2
13	Elementenverharding keperverband	8,3	8,7	7,8	5,0	3,0	-0,7	0,8	1,8	2,5
14	Elementenverharding niet in keperverband	12,3	11,9	9,7	7,1	7,1	2,8	4,7	4,5	2,9
15	Stille elementenverharding	7,8	6,3	5,2	2,8	-1,9	-6,0	-3,0	-0,1	-1,7
16	Dunne deklagen A	<del>3,8</del> 1	<del>0,6</del> 1	<del>2,5</del> 7	<del>1,6</del> 3	<del>4,4</del> 1	<del>4,5</del> 9	<del>2,2</del> 5	<del>2,3</del> 5	<del>-8,2</del> 5
17	Dunne deklagen B	<del>3,6</del> 4	<del>0,4</del> 1	<del>2,7</del> 3	<del>2,0</del> 4	<del>5,2</del> 0	<del>5,4</del> 1	<del>2,7</del> 9	<del>2,5</del> 3	<del>-9,8</del> 5

Tabel 2.3b Coëfficiënten  $\sigma_{m,i}$  en  $T_m$  voor de Cwegdek voor (middel)zware motorvoertuigen

Volg nr	Wegdektype	$\sigma_{(m)zv,i}$								$T_{m(z)v}$
		i=1	i=2	i=3	i=4	i=5	i=6	i=7	i=8	
1	Referentiewegdek	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1L ZOAB	0,9	1,4	1,8	-0,4	-5,2	-4,6	-3,0	-1,4	0,2
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	<del>0,6</del> 1	<del>0,3</del> 1	<del>0,0</del> 1	<del>0,5</del> 1	<del>5,9</del> 1	<del>3,1</del> 1	<del>2,1</del> 1	<del>2,1</del> 1	<del>8,4</del> 1
4	2L ZOAB	0,4	0,2	-0,7	-5,4	-6,3	-6,3	-4,7	-3,7	4,7
5	2L ZOAB fijn	1,0	0,1	-1,8	-5,9	-6,1	-6,7	-4,8	-3,8	-0,8
6	SMA 0/5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	SMA 0/8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	<del>0,5</del> 1	<del>0,7</del> 1	<del>0,7</del> 1	<del>1,5</del> 1	<del>2,1</del> 1	<del>1,2</del> 1	<del>0,7</del> 1	<del>1,2</del> 1	<del>2,6</del> 1
9	Uitgeborsteld beton	0,0	1,1	0,4	-0,3	-0,2	-0,7	-1,1	-1,0	4,4
10	Geoptimaliseerd uitgeborsteld beton	-0,3	1,0	-1,7	-1,2	-1,6	-2,4	-1,7	-1,7	-6,6
11	Fijngbezemd beton	0,0	3,3	2,4	1,9	2,0	1,2	0,1	0,0	3,7
12	Oppervlaktbewerking	0,0	2,0	1,8	1,0	-0,7	-2,1	-1,9	-1,7	1,7



Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

13	Elementenverharding keperverband	8,3	8,7	7,8	5,0	3,0	-0,7	0,8	1,8	2,5
14	Elementenverharding niet in keperverband	12,3	11,9	9,7	7,1	7,1	2,8	4,7	4,5	2,9
15	Stille elementenverharding	0,2	0,7	0,7	1,1	1,8	1,2	1,1	0,2	0,0
16	Dunne deklagen A	<del>0,7</del> 6	<del>0,1</del> 3	<del>0,4</del> 9	<del>1,4</del> 4	<del>2,7</del> 8	<del>2,7</del> ±	<del>1,7</del> 7	<del>1,9</del> 2	<del>8,5</del> 5
17	Dunne deklagen B	<del>0,7</del> 6	<del>0,1</del> 3	<del>0,4</del> 9	<del>1,4</del> 4	<del>2,7</del> 8	<del>2,7</del> ±	<del>-1,7</del> 0,7	<del>1,9</del> 2	<del>8,5</del> 5

In hoofdstuk 4 is de procedure voor het vaststellen van een  $C_{wegdek}$  voor een wegdekproduct gegeven. Wegdekproducten worden op basis van deze procedure ingedeeld in één van bovenstaande wegdektypen. Voor het bepalen van nieuwe wegdektypen wordt ook gebruik gemaakt van de procedure in hoofdstuk 4.

#### 2.4.3. De hellingcorrectie $C_H$

Als het stijgend gedeelte van het verkeer een helling van ten minste 3% moet overwinnen over een hoogteverschil van ten minste 6 m, dan wordt de volgende hellingcorrectie  $C_H$  in rekening gebracht:

Tabel 2.4 De hellingcorrectie  $C_H$  voor de verschillende voertuigcategorieën

m	$C_H$
lv	$C_H = 0,25p_h - 0,75$
mv	$C_H = 0,5p_h - 1,5$
zv	

waarin:

$p_h$  het hellingspercentage van het wegvak is.

#### 2.4.4. Stalen kunstwerken

Bij stalen kunstwerken, waarbij redelijkerwijs een verhoogde emissie verwacht wordt, wordt de toename van de emissie ten gevolge van de invloed van het kunstwerk in rekening gebracht met een geluidemissietoeslag. Voor de hoogte van deze toeslag is nader onderzoek noodzakelijk.

#### 2.5. Optrektoeslag $\Delta L_{OP}$

De optrektoeslag  $\Delta L_{OP}$  is een correctieterm ten gevolge van het afremmen en optrekken van het verkeer door de aanwezigheid van een kruispunt of een situatie die de gemiddelde snelheid van het verkeer sterk beperkt. De optrektoeslag ten gevolge van deze snelheidsbeperkende maatregelen wordt alleen toegepast als ten gevolge van die obstakels de gemiddelde snelheid van de voertuigen ten minste wordt gehalveerd. De correctieterm geeft een toeslag weer ten opzichte van verkeer dat rijdt met een constante snelheid van 50 km/u. De optrektoeslag is het maximum van twee correctietermen, volgens de formule:

$$\Delta L_{OP,m} = \max(\Delta L_{kruispunt,m}; \Delta L_{obstakel,m}) \quad (2.5)$$

met:

$\Delta L_{kruispunt,m}$ : de toeslag door een kruispunt;

$\Delta L_{obstakel,m}$ : de toeslag door een situatie die de gemiddelde snelheid sterk beperkt.

Bij 'modelleringsnelheden' die afwijken van 50 km/u moet nader onderzoek plaatsvinden naar de hoogte van de optrektoeslag. Bij een modelleringsnelheid van 30 km/u wordt geen optrektoeslag gehanteerd.

### 2.5.1. De kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$

Bij de berekening van de kruispunttoeslag  $\Delta L_{kruispunt}$  wordt onderscheid gemaakt naar verschillende typen kruispunt.

Het type van een kruispunt wordt bepaald met behulp van de volgende drie criteria:

1. de orde van het kruispunt:
  - a. een kruispunt is van de eerste orde als ten minste drie van de op het kruispunt aansluitende weggedeelten een totale intensiteit van 2.500 motorvoertuigen per etmaal hebben;
  - b. een kruispunt is van de tweede orde als twee van de op het kruispunt aansluitende weggedeelten een totale intensiteit van 2.500 motorvoertuigen per etmaal hebben;
2. de verkeersregeling op het kruispunt. Zijn verkeerslichten afwezig of niet in werking, dan spreekt men van een ongeregeld kruispunt. In alle andere gevallen van een geregeld kruispunt;
3. de intensiteitverhouding van de kruisende verkeersstromen. Als deze verhouding tussen de 1/3 en 3 ligt, is er sprake van een gelijkwaardig kruispunt, in alle andere gevallen van een ongelijkwaardig kruispunt. Een voorrangskruising is in alle gevallen ongelijkwaardig.

Voor de berekening van de kruispunttoeslag  $\Delta L_{kruispunt}$  zijn de volgende gegevens nodig:

$a$ : de afstand van het waarneempunt tot het snijpunt van de betrokken rijlijn met het verlengde van de dichtstbijzijnde wegrand van het kruisende weggedeelte [m];

$q$ : het type kruispunt (dat wil zeggen de orde, de verkeersregeling en de intensiteitverhouding).

Bij ongeregelde kruispunten wordt geen kruispunttoeslag in rekening gebracht.

De berekening voor geregelde kruispunten gebeurt op de volgende manier.

Voor lichte motorvoertuigen (lv):

$$\Delta L_{kruispunt} = 0 \quad \text{voor } a \leq 150\text{m} \quad (2.6)$$

Voor middelzware (mv) en zware voertuigen (zv):

$$\Delta L_{kruispunt} = q(2,4 - 0,016a) \quad \text{voor } a \leq 150\text{m} \quad (2.7)$$

waarbij  $q$  afhankelijk is van het type kruispunt. De waarde van  $q$  volgt uit tabel 2.5.

Voor alle voertuigcategorieën geldt:

$$\Delta L_{kruispunt} = 0 \quad \text{voor } a > 150\text{m} \quad (2.8)$$

Ligt het waarneempunt in de invloedssfeer van meerdere kruispunten, dan wordt alleen de hoogste kruispunttoeslag in rekening gebracht.

Tabel 2.5 De kruispuntkennalen  $q$  als functie van het type kruispunt

Orde van het kruispunt	Gelijkwaardig kruispunt	Ongelijkwaardig kruispunt
Eerste	1	2/3 ( $1/2^1$ )
Tweede	1 ( $2/3^1$ )	$1/2^2$

<sup>1</sup>In geval van een groene golf.

<sup>2</sup>Hierin zijn ook met verkeerslichten beveiligde voetgangersoversteekplaatsen begrepen.

### 2.5.2. Obstakeltoeslag $\Delta L_{obstakel}$

De toeslag voor de aanwezigheid van een situatie die de snelheid sterk beperkt  $\Delta L_{obstakel}$  wordt toegepast tot 100 m van de oorzaak van de snelheidsbeperking. Deze correctie wordt toegepast als ten gevolge van de obstakel de gemiddelde snelheid van het verkeer ten minste wordt gehalveerd en het verkeer ten gevolge van de obstakel afremt en weer optrekt. Deze toeslag wordt op de volgende manier berekend:

Voor lichte motorvoertuigen (lv):

$$\Delta L_{obstakel} = 0 \quad (2.9)$$

Voor middelzware (mv) en zware voertuigen (zv):

$$\Delta L_{obstakel} = 1 - 0,01a \quad (2.10)$$

met:  $a$  = de afstand van het waarneempunt tot het midden van de obstakel [m].

Voor alle voertuigcategorieën geldt:

$$\Delta L_{obstakel} = 0 \quad \text{voor } a > 100\text{m} \quad (2.11)$$

Als meerdere snelheidsbeperkingen in rekening zouden kunnen worden gebracht, wordt alleen de meest dichtstbijzijnde snelheidsbeperking beschouwd.

### 2.6. De geometrische uitbreidingsterm $\Delta L_{GU}$

Voor de berekening van de geometrische uitbreidingsterm zijn de volgende gegevens nodig:

$R_0$ : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn (in 3D) [m].

$\Theta$ : de hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment (in graden).

$\Phi$ : de openingshoek van de sector (in graden).

Voor bronnen met een afmeting groter dan een sectorhoek worden de hoeken  $\Theta$  en  $\Phi$  bepaald op basis van het vlak gevormd door het waarneempunt en de snijpunten van de sectorgrensvlakken met de bron. Als het eindpunt van een bron binnen een sector valt wordt het eindpunt van de bron genomen als snijpunt om de hoek  $\Phi$  te bepalen. Als een rijlijn segment doorloopt tot de volgende sectorhoek, maar daar niet dat volgende sectorvlak doorsnijdt wordt het eindpunt van dat segment genomen om de hoeken  $\Phi$  te bepalen. Bronnen (met een afmeting groter dan een sectorhoek) hebben geen bijdrage in een sectorhoek als er geen snijpunt is tussen sectorvlak en bron.

Voor bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt de bijdrage van de bron berekend door uit te gaan van het midden van die bron voor de bepaling van het sectorvlak. Het begin en eindpunt van de bron wordt gebruikt voor de bepaling van de hoek  $\Phi$ .

De berekening van  $\Delta L_{GU}$  verloopt volgens de formule:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left( \frac{\Phi}{R_0 \sin(\Theta)} \right) \quad (2.12)$$

Als de hoek  $\Theta$  een waarde aanneemt die gelijk is aan 0 is nader onderzoek vereist ter bepaling van de term  $\Delta L_{GU}$ .

### 2.7. De luchtdemping $\Delta L_L$

Voor de berekening van  $\Delta L_L$  is het volgende gegeven nodig:

$R_0$ : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn [m].

De berekening verloopt als volgt:

$$\Delta L_L = R_0 \delta_{lucht_i} \quad (2.13)$$

waarbij  $\delta_{lucht}$  de luchtdempingscoëfficiënt is. De waarde van  $\delta_{lucht}$  wordt gegeven in tabel 2.6.

Tabel 2.6 De luchtdempingscoëfficiënt  $\delta_{lucht}$  als functie van de octaafband  $i$

Octaafbandindex (i)	$\delta_{lucht}$ [dB/m]
1	0
2	0
3	0,001
4	0,002
5	0,004
6	0,010
7	0,023
8	0,058

## 2.8. De bodemdemping $\Delta L_B$

Bij de bepaling van de bodemdemping  $\Delta L_B$  wordt de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt (symbool  $R$ ) verdeeld in drie afzonderlijke delen:

- een brongebied;
- een waarneemgebied;
- en een middengebied.

Bron- en waarneemgebied hebben elk een lengte van 70 m. Het resterende gedeelte van de afstand  $R$  tussen bron- en waarneempunt is het middengebied. Als de afstand  $R$  kleiner is dan 140 m, dan is de lengte van het middengebied nihil. Als de afstand  $R$  kleiner is dan 70 m, dan zijn de lengtes van bron- en waarneemgebied beide gelijk aan de afstand  $R$ .

Voor elk van de drie gebieden wordt de gemiddelde (bodem)absorptiefractie bepaald. De gemiddelde absorptiefractie in een gebied wordt berekend door middeling van de absorptiefracties van de deelgebieden, waarbij een weging wordt toegepast die is gebaseerd op het quotiënt van de lengte van het deelgebied en de lengte van het totale gebied. Als de lengte van het middengebied nihil is, wordt de gemiddelde absorptiefractie van het middengebied op 1,0 gesteld.

Voor akoestisch hard gebied (water, geasfalteerde vlakken en dergelijke) is de absorptiefractie gelijk aan 0,0. Voor akoestisch zacht gebied zoals grasland, akkerland en bos- en duingrond is de absorptiefractie gelijk aan 1,0. Bij een wegdektype dat significant absorberende eigenschappen heeft (zoals ZOAB en (Fijn) tweelaags ZOAB), wordt een absorptiefractie van 0,5 aangehouden. Een diffractor, niet zijnde een diffractor op scherm, heeft een absorptiefractie van 0,0.

In de situatie dat het bronpunt boven een wegdek met significant absorberende eigenschappen ligt, zijn de volgende regels van toepassing bij de bepaling van de gemiddelde absorptiefractie van het brongebied:

- Voor de eerste  $Y$  m vanuit het bronpunt wordt een absorptiefractie gelijk aan 0,0 toegepast. De waarde van  $Y$  wordt gegeven volgens de formule:

$$Y = \frac{X}{\sin(\theta)} \quad (2.14)$$

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

waarbij wordt verstaan onder:

$\Theta$ : de hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment (in graden)

$X$ : 5 m

- De waarde van  $Y$  wordt begrensd door de lengte van het brongebied.
- Voor het restant van het brongebied worden de absorptiefractionen gebruikt die voor het brongebied zijn gemodelleerd.

Voor de berekening van de bodemdemping zijn de volgende gegevens nodig:

$R$ : de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt [m];

$h_b$ : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];

$h_w$ : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];

$B_b$ : de absorptiefraction van het brongebied [-];

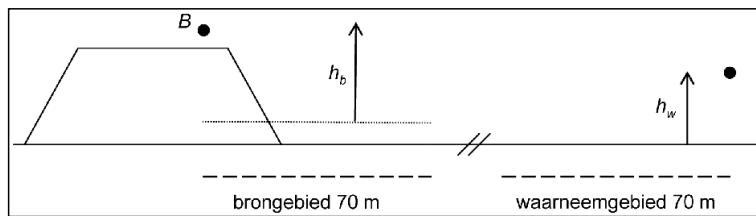
$B_m$ : de absorptiefraction van het middengebied [-];

$B_w$ : de absorptiefraction van het waarneemgebied [-];

$S_w$ : effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied [-];

$S_b$ : effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied [-].

Ter verduidelijking van de definitie van  $h_b$  en  $h_w$  is in figuur 2.3 de ligging van de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied aangegeven voor een verhoogd aangelegde weg in een willekeurig sectorvlak.



Figuur 2.3 De bron- en waarneemhoogte ten opzichte van het gemiddeld plaatselijk maaiveld. Door de verhoogde ligging van de weg ligt het gemiddelde maaiveld in het brongebied iets boven het maaiveld naast het wegtalud.

Als  $h_b$  en/of  $h_w$  kleiner is dan 0, wordt voor  $h_b$  respectievelijk  $h_w$  de waarde 0 aangehouden. Als in de sector geen afscherming in rekening wordt gebracht, geldt dat  $S_w$  en  $S_b$  beide de waarde 1,0 aannemen. In geval van afscherming worden  $S_w$  en  $S_b$  berekend volgens formule 2.20 in § 2.10. De berekening van de bodemdemping verloopt volgens de formules, gegeven in tabel 2.7.

Tabel 2.7 De formules voor de bepaling van bodemdemping  $\Delta L_B$  als functie van de octaafband  $i$ . De cursief gedrukte symbolen vormen de waarden die voor de variabelen  $x$  en  $y$  moeten worden gesubstitueerd in de functie  $\gamma(x, y)$ .

Octaafbandindex ( $i$ )	Bodemdemping $\Delta L_B$ [dB]			
1		$-3 \gamma_0 (h_b + h_w, R)$	-6	
2	$[S_b \gamma_1 (h_b, R) + 1] B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_0 (h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_1 (h_w, R) + 1] B_w$	-2
3	$[S_b \gamma_2 (h_b, R) + 1] B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_0 (h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_2 (h_w, R) + 1] B_w$	-2
4	$[S_b \gamma_3 (h_b, R) + 1] B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_0 (h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_3 (h_w, R) + 1] B_w$	-2

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

5	$[S_b \gamma_4(h_b, R) + 1] B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_0(h_b + h_w, R)$	$+ [S_w \gamma_4(h_w, R) + 1] B_w$	-2
6	$B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_0(h_b + h_w, R)$	$+ B_w$	-2
7	$B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_0(h_b + h_w, R)$	$+ B_w$	-2
8	$B_b$	$-3[1-B_m] \gamma_0(h_b + h_w, R)$	$+ B_w$	-2

De functie  $\gamma$  worden als volgt gedefinieerd:

$$\gamma_0(x, y) = 1 - 30 \frac{x}{y} \quad \text{voor } y \geq 30x \quad (2.15a)$$

$$\gamma_0(x, y) = 0 \quad \text{voor } y < 30x$$

$$\gamma_1(x, y) = 3,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,12(x-5)^2} + 5,7[1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6}y^2}]e^{-0,09x^2} \quad (2.15b)$$

$$\gamma_2(x, y) = 8,6[1 - e^{-y/50}]e^{-0,09x^2} \quad (2.15c)$$

$$\gamma_3(x, y) = 14,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,46x^2} \quad (2.15d)$$

$$\gamma_4(x, y) = 5,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,90x^2} \quad (2.15e)$$

Voor de variabelen  $x$  en  $y$  worden de waarden van de grootheden gesubstitueerd die tussen haakjes in cursieven achter de overeenstemmende functies  $\gamma$  uit de formules als gegeven in tabel 2.7 zijn geplaatst.

## 2.9. De meteocorrectieterm $C_m$

Voor de berekening van de meteocorrectieterm  $C_m$  zijn de volgende gegevens nodig:  
 $R$ : de horizontaal gemeten afstand tussen (spiegel)bron- en (spiegel)waarneempunt [m];  
 $\zeta$ : de hoek van de voortplantingsrichting ( $0^\circ$  is van Noord naar zuid,  $90^\circ$  is oost naar west, etcetera) gezien in een directe lijn tussen bron en ontvanger zonder rekening te houden met eventuele spiegelbronnen of spiegelontvangers;  
 $h_b$ : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];  
 $h_w$ : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembied [m].

Als  $h_b$  en/of  $h_w$  kleiner is dan 0, wordt voor  $h_b$  respectievelijk  $h_w$  de waarde 0 aangehouden. De berekening verloopt als volgt:

Op basis van bovenstaande gegevens wordt de meteocorrectie bepaald voor de dagperiode ( $C_d$ ) of voor de avond- en nachtperiode ( $C_{en}$ ) volgens de formules:

$$C_d = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,34 - 0,1 \cdot \sin(\zeta + 35) + 0,045 \cdot \sin^2(\zeta + 35)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r}\right); 0 \right\} \quad (2.16a)$$

$$C_{en} = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,40 - 0,1 \cdot \sin(\zeta + 60) + 0,035 \cdot \sin^2(\zeta + 60)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r}\right); 0 \right\} \quad (2.16b)$$

## 2.10. De schermwerking $\Delta L_{sw}$ inclusief de termen $S_w$ en $S_b$ uit de bodemdempingsformules als gegeven in tabel 2.7.

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Als zich binnen een sector objecten bevinden waarvan de zichthoek ten minste samenvalt met de openingshoek van die sector en waarvan daarnaast in redelijkheid is te verwachten dat die de geluidoverdracht zullen belemmeren, wordt de schermwerking  $\Delta L_{SW}$  samen met een verminderde bodemdemping (vervat in de termen  $S_w$  en  $S_b$ , zie tabel 2.7 van § 2.8) in rekening gebracht. Voor de bepaling van de totale schermwerking wordt onderscheid gemaakt tussen objecten die voldoen aan de definitie van een middenbermscherm als bedoeld in hoofdstuk 6 en alle andere afschermdende objecten.

De totale schermwerking  $\Delta L_{SW}$  wordt berekend volgens de formule:

$$\Delta L_{SW} = \Delta L_{SWN} + C_{mbs} + C_{diff} \quad (2.17)$$

waarin:

$\Delta L_{SWN}$ : de schermwerking van een afschermd object, niet zijnde een middenbermscherm;

$C_{mbs}$ : de middenbermcorrectie;

$C_{diff}$ : de correctie voor een diffractoreffect voor een ingegraven diffractor.

De waarde van de correctieterm voor een middenbermscherm  $C_{mbs}$  volgt uit de methode, beschreven in hoofdstuk 6.

De waarde van de correctieterm voor een diffractor  $C_{diff}$  volgt uit de methode, beschreven in hoofdstuk 7.

De berekeningsformule van de schermwerking  $\Delta L_{SWN}$  van een willekeurig gevormd object (niet zijnde een middenbermscherm of ingegraven diffractor) bevat drie-vier termen, zie formule 2.18:

1. De eerste term beschrijft de afscherming van een equivalent ideaal scherm (een dun, verticaal vlak). De hoogte van het equivalente scherm is gelijk aan de grootste hoogte van het obstakel. De bovenrand van het equivalente scherm valt samen met de bovenrand van het object. Als op grond hiervan meerdere locaties van het equivalente scherm mogelijk zijn, wordt hieruit die locatie gekozen die maximale schermwerking tot gevolg heeft.
2. De tweede, ~~en~~ de derde en de vierde term zijn alleen van belang als het profiel, dat wil zeggen de doorsnede in het sectorvlak, van het afschermd object afwijkt van dat van het ideale scherm;  
a. Het extra afschermd effect van een diffractor bovenop een geluidsscherm wordt in rekening gebracht met een correctieterm  $C_{s,diff}$ ;  
b. Het extra afschermd effect van een schermtop – mits deze voldoet aan de in hoofdstuk 5 omschreven eisen – kan in rekening worden gebracht met een correctieterm  $C_T$  door een schermtop;  
b.c. Het effect van alle andere van het ideale scherm afwijkende profielen wordt in rekening gebracht door het toepassen van een profielafhankelijke correctieterm  $C_p$ .

Als er meerdere afschermdende objecten in een sector aanwezig zijn, wordt alleen het object in rekening gebracht dat, bij afwezigheid van de andere objecten, de grootste afscherming zou geven.

De schermwerking  $\Delta L_{SWN}$  wordt berekend volgens de formule:

$$\Delta L_{SWN} = HF(N_f) + C_{s,diff} + C_T - C_p \quad (2.18)$$

waarin:

$H$ : de effectiviteit van het scherm is;

$F(N_f)$ : een functie met argument  $N_f$  (het fresnelgetal);

$C_{s,diff}$  de correctieterm voor een diffractor als schermtop op een geluidsscherm;

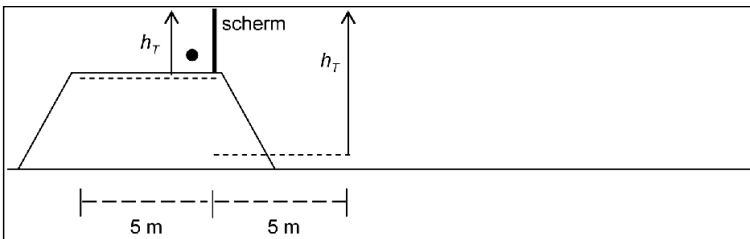
$C_T$ : de correctieterm door een schermtop in de vorm van een T-top;

$C_p$ : de profielafhankelijke correctieterm.

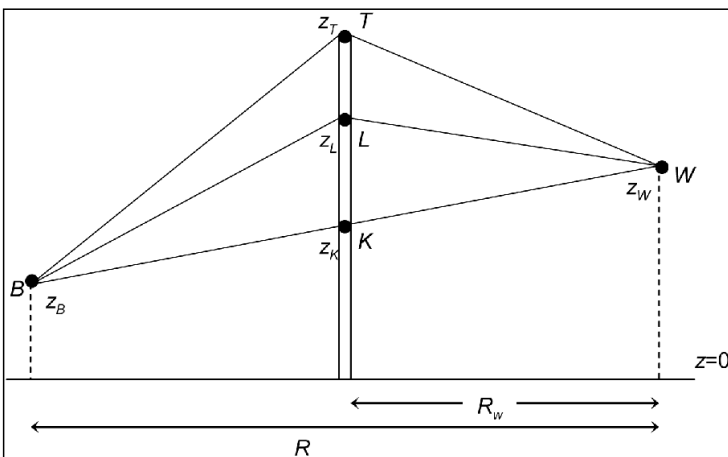
Als de schermwerking  $\Delta L_{SWN}$  op grond van formule 2.18 negatief wordt, wordt de waarde  $\Delta L_{SW} = 0$  aangehouden.

*Definities*

Voor de berekening van de afscherpende effecten zijn de volgende gegevens nodig:  
 $z_b$ : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil (= horizontaal vlak waarin  $z = 0$ ) [m];  
 $z_w$ : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m];  
 $z_r$ : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];  
 $h_b$ : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];  
 $h_w$ : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];  
 $h_r$ : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijk maaiveld. Het plaatselijk maaiveld bij een scherm is de gemiddelde maaiveldhoogte in een strook ter breedte van 5 m aan beide zijden van het scherm. Als aan beide zijden van het scherm de maaiveldhoogte verschillend is, wordt de grootste waarde van  $h_r$  genomen, zie figuur 2.4 [m];  
 $R_o$ : de afstand tussen bron- en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];  
 $R_w$ : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm [m];  
 $R$ : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneem- en bronpunt [m]; en  
 -: het profiel van het afscherpend object.



Figuur 2.4 De schermhoogte  $h_r$  bij een scherm op een verhoogd wegtalud. In dit voorbeeld is de situatie rechts bepalend voor  $h_r$ .



Figuur 2.5 Een sectorvlak met een ideaal scherm, waarop de punten K, T en L zijn aangegeven. De gebroken lijn BLW is een schematisering van een gekromde geluidstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt.

Voor de berekening worden op het scherm een drietal punten gedefinieerd (zie figuur 2.5):  
 $K$ : het snijpunt van het scherm met de zichtlijn (= de rechte tussen bron- en waarneempunt);



Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

*L*: het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt; en

*T*: de top van het scherm.

Deze drie punten bevinden zich op de respectievelijke hoogten  $z_K$ ,  $z_L$  en  $z_T$  boven het referentiepeil.

Voor de afstand tussen de punten *K* en *L* geldt:

$$z_L - z_K = \frac{R_w(R - R_w)}{26R} \quad (2.19)$$

Verder geldt:

$R_L$  is de som van de lengtes van de lijnstukken *BL* en *LW*;

$R_T$  is de som van de lengtes van de lijnstukken *BT* en *TW*; en

$R_0$  is de som van de lengtes van de lijnstukken *BK* en *KW*.

*Berekening verminderde bodemdemping*

De factoren  $S_w$  en  $S_b$  uit formules als gegeven in tabel 2.7 (§ 2.8) worden berekend volgens de formules:

$$S_w = 1 - \frac{R - R_w}{R} \frac{3h_e}{3h_e + 3h_w + 1} \quad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_w = 1$$

$$S_b = 1 - \frac{R_w}{R} \frac{3h_e}{3h_e + 3h_b + 1} \quad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_b = 1 \quad (2.20)$$

waarin  $h_e$  de effectieve schermhoogte is, gedefinieerd als:

$$h_e = z_T - z_L \quad (2.21)$$

*Berekening schermwerking van ideaal scherm*

De schermwerking van een ideaal scherm is gelijk aan  $H F(N_f)$ .

$H$  wordt als bepaald volgens de formule:

$$H = 0,25h_T 2^{i-1} \quad (2.22)$$

$i$  is hierin de octaafbandindex. De minimale hoogte van de top van het scherm ten opzichte van het plaatselijk maaiveld  $h_T$  waarmee wordt gerekend, is 0,5 m. De maximale waarde van  $H$  is 1.

$N_f$  wordt als volgt bepaald:

$$N_f = 0,37\varepsilon 2^{i-1} \quad (2.23)$$

met  $\varepsilon$  de 'akoestische omweg', die wordt gedefinieerd als:

$$\varepsilon = R_T - R_L \quad \text{voor } z_T \geq z_K$$

$$\varepsilon = 2R_0 - R_T - R_L \quad \text{voor } z_T < z_K \quad (2.24)$$

De definitie van de functie  $F$  is gegeven in de formules 2.25a tot en met  $f$  uit tabel 2.8.

Tabel 2.8 De definitie van de functie  $F$  met als variabele  $N_f$  voor zes intervallen van  $N_f$  (formules 2.25a tot en met  $f$ )

Geldig in het interval van $N_f$		Definitie $F(N_f)$
van	tot	
$-\infty$	- 0,314	0
- 0,314	- 0,0016	$- 3,682 - 9,288 \lg  N_f  - 4,482 \lg^2  N_f  - 1,170 \lg^3  N_f  - 0,128 \lg^4  N_f $

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

- 0,0016	+ 0,0016	5
+ 0,0016	+ 1	$12,909 + 7,495 \lg N_f + 2,612 \lg^2 N_f + 0,073 \lg^3 N_f - 0,184 \lg^4 N_f - 0,032 \lg^5 N_f$
+ 1	+ 16,1845	$12,909 + 10 \lg N_f$
+ 16,1845	+ $\infty$	25

*Berekening van correctietermen voor afwijkende schermprofielen*

*Diffractor op scherm*

De waarde van de correctieterm voor een diffractor op een scherm  $C_{s,diff}$  volgt uit de methode beschreven in hoofdstuk 7.

*Schermtop in de vorm van een T-top*

De waarde van de correctieterm voor een schermtop  $C_T$  volgt uit de methode beschreven in hoofdstuk 5.

*Andere profielen*

De waarden van de profielafhankelijke correctieterm  $C_p$  volgen uit tabel 2.9.

Tabel 2.9 De profielafhankelijke correctieterm  $C_p$ . T is de tophoek (in graden) van de dwarsdoorsnede van het object

$C_p$	object
0 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- alle gebouwen</li> <li>- dunne wanden waarvan de hoek met verticaal <math>\leq 20^\circ</math></li> <li>- grondlichamen met <math>0^\circ \leq T \leq 70^\circ</math></li> <li>- alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte minder dan twee maal de hoogte van die wand is, of als de wand hoger is dan 3,5 m</li> <li>- <u>bij toepassing van een diffractor op een scherm, waarvan het effect met de correctieterm <math>C_{s,diff}</math> in rekening wordt gebracht</u></li> <li>- bij toepassing van een schermtop, waarvan het effect met de correctieterm <math>C_T</math> in rekening wordt gebracht</li> </ul>
2 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- randen van weglichamen in ophoging</li> <li>- randen van wegen op een viaduct</li> <li>- alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte meer bedraagt dan twee maal de hoogte van die wand en de wand niet hoger is dan 3,5 m</li> <li>- grondlichamen met <math>70^\circ &lt; T \leq 165^\circ</math></li> </ul>

In de gevallen waarin het profiel van het afschermend object niet overeenkomt met een van de in tabel 2.9 genoemde profielen wordt een nader onderzoek naar de schermwerking van dat object verricht.

Als de isolatiewaarde van de afscherming minder dan 10 dB groter is dan de berekende schermwerking  $\Delta L_{SW}$  is nader onderzoek vereist naar de totale geluidreducerende werking van de afscherming.

**2.11. De niveaureductie  $\Delta L_R$  bij reflecties**

De niveaureductie die optreedt bij reflecties wordt berekend met de volgende formule:

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$$\Delta L_R = \Delta L_{R,abs} + \Delta L_F$$

Hierin is:

$\Delta L_{R,abs}$  de niveaureductie op als gevolg van absorptie bij de reflecties;

$\Delta L_F$  de niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.

### Berekening van $\Delta L_{R,abs}$

Voor de berekening van de niveaureductie ten gevolge van de absorptie bij reflecties is het volgende gegeven nodig:

$N_{refl}$  het aantal reflecties (zie ook § 2.3) tussen bron- en waarneempunt [-].

De berekening verloopt volgens de formule:

$$\Delta L_R = N_{refl} \cdot \delta_{refl} \quad (2.26)$$

waarin  $\delta_{refl}$  de niveaureductie ten gevolge van één reflectie is. Voor gebouwen en reflecterende geluidschermen geldt voor alle octaafbanden  $\delta_{refl} = 1$  dB. Voor alle andere objecten geldt  $\delta_{refl} = 0$  dB voor alle octaafbanden, tenzij het object aantoonbaar geluidabsorberend is uitgevoerd. In dat geval geldt per octaafband  $\delta_{refl} = -10 \lg(1 - \alpha)$ , waarin  $\alpha$  de geluidabsorptiecoëfficiënt van het object is in de betrokken octaafband.

### Berekening van $\Delta L_F$

De berekening van  $\Delta L_F$  wordt beschreven voor een enkele reflectie. Bij meer dan een reflectie moeten de niveaureducties voor de afzonderlijke reflecties bij elkaar worden opgeteld, waarbij telkens wordt uitgegaan van het geluidpad van de spiegelbron uit de voorgaande reflectie naar de waarnemer.

De niveaureductie  $\Delta L_F$  wordt berekend volgens de formule:

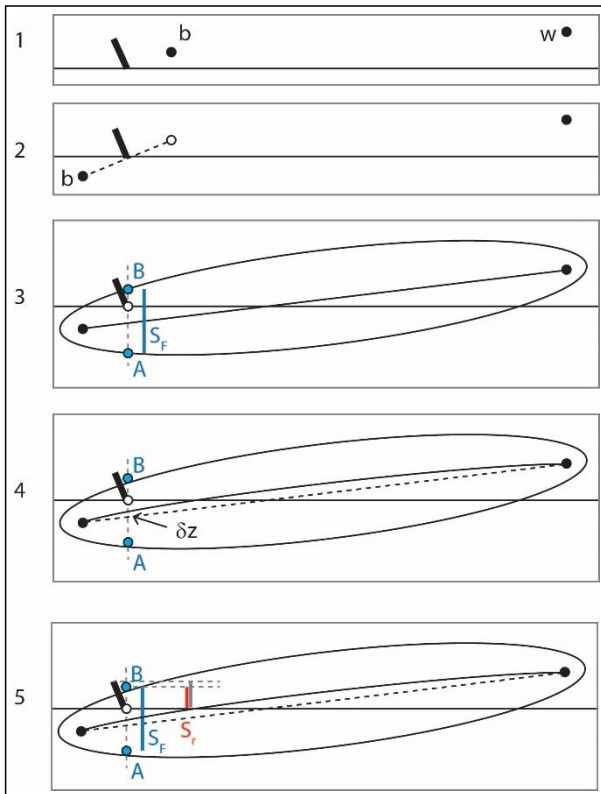
$$\Delta L_F = -20 \lg(S_r / S_F)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$S_F$ : een maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak;

$S_r$ : een maat voor het gedeelte van  $S_F$  dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak.

De berekening van  $S_F$  en  $S_r$  bestaat uit vijf stappen, die zijn geïllustreerd in figuur 2.6.



Figuur 2.6 Illustratie van vijf stappen (1-5) voor de berekening van  $S_F$  en  $S_r$ , voor reflectie aan een hellend oppervlak.

Stap 1. De posities van de bron (b), waarnemer (w) en het reflecterende oppervlak (in het verticale sectorvlak) vormen het uitgangspunt van de berekening.

Stap 2. De bron wordt vervangen door de spiegelbron (b'), door geometrische spiegeling in het reflecterende vlak.

Stap 3. Punten A en B op de Fresnelellipsoïde worden bepaald, op een loodrechte lijn ter plaatse van de voet van het scherm. Voor punten p op de Fresnelellipsoïde geldt  $|bp| + |pw| - |bw| = \lambda/8$ , waarin  $\lambda = 340/f_i$  de golflengte is bij de middenfrequentie  $f_i$  van een octaafband. De waarde van  $S_F$  is gelijk aan  $|AB|$ .

Stap 4. Punten A en B worden omhoog verschoven over afstand  $\delta z = r_b r_w / [26(r_b + r_w)]$  door de invloed van straalkromming. Hierin zijn  $r_b$  en  $r_w$  de horizontale afstanden tussen b respectievelijk w en de voet van het scherm.

Stap 5. De afmeting  $S_r$  wordt berekend als de hoogte van het gedeelte van het verticale lijnstuk tussen A en B dat ligt tussen top en voet van het reflecterende oppervlak.

De waarden van  $S_F$  en  $S_r$  worden aldus berekend voor alle acht octaafbanden, van 63 Hz ( $i=1$ ) tot en met 8 kHz ( $i=8$ ). Op het resulterende spectrum  $\Delta L_F(f_i)$  wordt tenslotte een correctie toegepast. Beginnend bij 63 Hz ( $i=1$ ) wordt bij toenemende frequentie een bovengrens van 3 dB per

octaafband opgelegd op het verschil  $\Delta L_F(f_{i+1}) - \Delta L_F(f_i)$ . Dus voor successievelijk  $i = 1, \dots, 7$  wordt  $\Delta L_F(f_{i+1})$  vervangen door de kleinste van de volgende waarden:

$$\Delta L_F(f_{i+1}),$$

$$\Delta L_F(f_i) + 3$$

Als geldt  $\Delta L_F(f_1) = \infty$ , dan worden alle waarden  $\Delta L_F(f_i)$  gelijkgesteld aan  $\infty$ . De reflectie kan dan worden verwaarloosd.

### 2.12. Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidniveau

Het A-gewogen equivalente geluidniveau in octaafband  $i$ , symbool  $L_{eq,i}$ , wordt gegeven door:

$$L_{eq,i} = 10 \lg \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{zv} 10^{L_{eq,i,j,n,m}/10} \quad (2.27)$$

waarin de betekenis van de grootheden en de uitwerking ervan analoog zijn aan die van formule 2.1.

### 3. Standaardmeetmethode

Voor het bepalen van de geluidbelasting met behulp van metingen wordt de aanpak voor  $L_{den}$ -metingen gevolgd van de norm NEN-ISO 1996-2:2017, hierna te noemen 'de norm'. Voor de metingen kunnen drie soorten van situaties worden onderscheiden:

Een situatie die *binnen* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. Dat wil zeggen dat de situatie berekend kan worden met de formules uit de standaardrekenmethode. In dat geval kan een gemeten  $L_{den}$  worden gebruikt om de geluidbelasting te valideren die met de standaardrekenmethode voor de locatie wordt vastgesteld. Een gemeten  $L_{den}$  kan daarmee inzicht bieden in de kwaliteit en betrouwbaarheid van de rekenmethode, mits de metingen ook zelf van voldoende kwaliteit zijn en mits de totale meetonzekerheid correct is bepaald en op navolgbare wijze gerapporteerd. Een gemeten  $L_{den}$  kan in deze situatie geen zelfstandige juridische status hebben als 'geluidbelasting' die wordt getoetst aan geluidnormen.

Een situatie die *gedeeltelijk binnen en gedeeltelijk buiten* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dit geval kan het nuttig zijn om metingen uit te voeren ter verbetering van de rekenmethode, of om de meetresultaten te gebruiken om rekenresultaten mee te corrigeren. De gehanteerde methode moet worden onderbouwd en moet geschikt zijn voor de specifieke situatie.

Een situatie die volledig buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dat geval kan het noodzakelijk zijn om de geluidbelasting vast te stellen op basis van metingen.

Naast metingen kunnen, met in achtneming van de onder 1, 2 en 3 genoemde criteria, ook alternatieve reken- of meetmethoden worden gebruikt, als een situatie geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt.

Onder zekere voorwaarden kan van de voorgeschreven werkwijze uit de norm worden afgeweken en kan een eenvoudige methode worden gebruikt. Deze eenvoudige methode is alleen toegestaan voor metingen als bedoeld bij punt 1.

Voor situaties (gedeeltelijk) buiten het toepassingsgebied (punt 2 en 3) is een vereenvoudiging niet aan de orde, omdat dit bijzondere situaties zijn waarvoor per geval naar de meest geschikte mogelijkheden wordt gekeken om een representatieve geluidbelasting te bepalen. Daarbij worden de uitgangspunten gehanteerd van paragraaf 3.3.

### 3.1 Voorwaarden eenvoudige methode

Voor de meetafstand en meethoogte wordt uitgegaan van een afstand die de invloed van de meteo-condities en bodemreflecties op de meetonzekerheid zo klein mogelijk maakt. De locatie moet zo worden gekozen dat er geen beïnvloeding is van andere of kruisende (spoor)wegen of gevelreflecties.

Om volgens de eenvoudige methode een  $L_{den}$  te bepalen, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

Voor de meetafstand  $D$  tot de weg geldt:  $D \leq 20 (h_s + h_r)$ , waarbij  $h_s$  de bronhoogte is (*source*) en  $h_r$  de meethoogte (*receiver*). De bronhoogte is de hoogte van het wegdek boven maaiveld, vermeerderd met 0,75 m. Voor de meethoogte geldt:  $h_r \geq 4$  m.

Het gaat om één afzonderlijke weg, met een of meer rijstroken.

Er zijn geen reflecterende objecten binnen een afstand  $2D$  tot de microfoon.

De meetgegevens (verstoorde uren niet meegeteld) hebben betrekking op:

- ten minste 720 daguren, 240 avonduren en 480 nachturen;
- met een gelijke verdeling over de weekdays (elke weekday heeft tussen 12% en 17% van het totaal aantal uren);
- waarbij de optreedfrequentie voor de vier meteoklassen ten minste de helft bedraagt van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie (zie tabel 3.3);
- waarbij de temperatuur  $T$  na middeling over de gehele meetperiode tussen 5 en 15°C ligt; en
- de relatieve luchtvochtigheid  $RH$  gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 70 en 90% ligt.

Voor de meetapparatuur geldt: IEC-klasse 2 is toegelaten, mits het bronnspectrum naar verwachting breedbandig is (geen tonaal geluid, geen excessief laag- of hoogfrequent geluid, bij twijfel wordt IEC klasse 1 gebruikt); windbol is vereist; meting van ten minste 1  $L_{eq}$ -waarde per seconde (A-gewogen equivalente geluidniveau), of 1  $L_E$ -waarde per event (A-gewogen geluidexpositieniveau). IJking vindt plaats vooraf, achteraf en tussendoor ten minste eens per drie maanden. Verschillen tussen de ijkingen zijn niet groter dan 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. Als grotere verschillen optreden, worden die in de meetonzekerheid verdisconteerd.

Als aan de criteria onder D niet wordt voldaan, moet de meetperiode worden verlengd.

De metingen worden uitgevoerd volgens de werkwijze van paragraaf 3.2.

### 3.2 Werkwijze eenvoudige methode

#### *Residueel geluid*

De microfoon wordt met zijn gevoeligste richting omhoog georiënteerd. De meetpositie, de omgeving, de meetperiode en apparatuur moeten voldoen aan de voorwaarden uit paragraaf 3.1. Meetwaarden ( $L_{eq}$  per seconde of  $L_E$  per event) waarbij kortstondig, dat wil zeggen enkele seconden of minuten, verstoring plaatsvindt door residueel geluid, worden buiten de bepaling van de uurgemiddelden gehouden. Herkenning van versturende geluiden kan gebeuren op basis van spectrale of temporele kenmerken (fluitende vogels, vliegtuigen, sirenetest luchtalarm, tikkende vlaggenmasten, vuurwerk en dergelijke).

De overige meetwaarden worden verwerkt tot uurwaarden, dat wil zeggen uurgemiddelde A-gewogen ruwe waarden  $L'$  en uurgemiddelde waarden voor residueel geluid  $L_{res}$ . Voor het niveau van het residuele geluid kan de  $L_{90}$  of  $L_{95}$  worden gebruikt. Bij een zeer drukke weg zal de  $L_{90}$  of  $L_{95}$  geen representatief beeld van het residueel geluid geven en in dat geval kan het nodig zijn het residueel geluid te schatten.

*Markeren en stratificeren*

Uurwaarden worden als verstoord beschouwd en buiten beschouwing gelaten als één of meer van onderstaande situaties zich voordoen:

- Overmatig residueel geluid, dat wil zeggen uurwaarden met  $L' - L_{res} < 5$  dB;
- Regen (>1,0 mm neerslag per uur);
- Verstoring door windgeruis (direct of indirect zoals door het ritselen van bladeren);
- Niet-representatieve geluidoverdracht (sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen).

Als richtlijn voor verstoring door windgeruis op de microfoon met een 90 mm windbol gelden de volgende toegestane windsnelheden  $W_{max}$ .

Tabel 3.1 Toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Passageniveau ( $L_{A,max}$ ) groter dan:	[dB(A)]	40	50	60	70
$W_{max}$	[m/s]	4	6	8	11

Uren waarbij een hogere uurgemiddelde windsnelheid dan  $W_{max}$  aanwezig is, worden als verstoord beschouwd. Om  $W_{max}$  uit de tabel af te kunnen lezen moet het (gemiddelde) passageniveau ( $L_{A,max}$ ) voor de microfoonpositie op de meetlocatie bekend zijn. Als dat passageniveau niet uit de meetgegevens zelf kan worden afgeleid, kan het geschat worden, bijvoorbeeld met behulp van vergelijkbare metingen van elders of met berekeningen op basis van een geschikt rekenmodel.

De volgende meteogegevens zijn van belang: windrichting, windsnelheid, neerslag, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Deze worden bij voorkeur van een eigen meetstation op de meetlocatie betrokken. Als geen eigen neerslagwaarden beschikbaar zijn, worden registraties van de KNMI-neerslagradars gebruikt. Als ook die niet beschikbaar zijn, worden uurgegevens van de twee of drie meest nabije KNMI-weerstations of gelijkwaardig gebruikt, waarbij voor elk uur het maximale neerslagniveau (mm) van die weerstations wordt gebruikt, als *worst-case* benadering voor de geluidmeetlocatie.

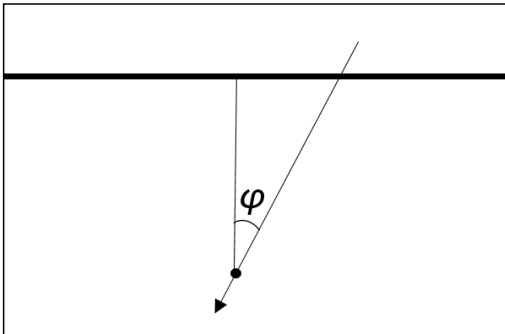
De uurwaarden voor  $L'$  en  $L_{res}$  die worden meegenomen in de analyse worden gecorrigeerd voor het aandeel residueel geluid volgens de formule:

$$L = L' + 10 \lg(1 - 10^{\frac{L_{res}-L'}{10}}) \quad (3.1)$$

*Meteostratificatie*

Op basis van de meewindcomponent  $V_{mee}$  van de windsnelheid  $V_{wind}$ , gemeten op 10 m hoogte, moet per uur worden bepaald van welke meteoklasse M1 tot en met M4 sprake is. Als  $\varphi$  de hoek is tussen de windrichting en dominante voortplantingsrichting vanuit de geluidbron (dat is meestal de kortste verbindinglijn tussen de weg en de meetpositie), wordt deze component gegeven door:

$$V_{mee} = V_{wind} \cos(\varphi) \quad (3.2)$$



Figuur 3.1 Bepaling van de hoek  $\varphi$ .

De meteoklassen hangen af van de meteorologische dag en nacht, en van de meewindcomponent zoals in tabel 3.2 aangegeven.

Tabel 3.2 Meteoklassen eenvoudige methode.

Meteoklasse	Omschrijving	Overdag	's Nachts
M1	ongunstig	$V_{mee} < 1$ m/s	$V_{mee} < -1$ m/s
M2	homogeen	$1 \text{ m/s} \leq V_{mee} < 3$ m/s	niet van toepassing
M3	gunstig	$3 \text{ m/s} \leq V_{mee} \leq 6$ m/s	niet van toepassing
M4	zeer gunstig	$V_{mee} > 6$ m/s	$V_{mee} \geq -1$ m/s

De mate waarin deze meteoklassen tijdens de meetperiode optreden, zal in het algemeen afwijken van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie van deze meteoklassen. Om een representatieve  $L_{den}$ -waarde te bepalen is het nodig om de metingen te corrigeren voor het verschil tussen de optreedfrequentie in de meetperiode en de langtijdgemiddelde optreedfrequentie. Daartoe wordt van elke meetdag  $k$  het energetisch gemiddelde geluidniveau  $L_{p,m,k}$  per etmaalperiode en per meteoklasse bepaald over de uurwaarden. Daarin geeft de index  $p$  de drie etmaalperiodes aan (dag 7-19 uur, avond 19-23 uur, nacht 23-7 uur) en de index  $m$  de vier meteoklassen (M1, M2, M3, M4).

Daarnaast wordt de fractie  $q_{p,m,k}$  berekend. Deze is gedefinieerd als het aantal geldige metingen per meteoklasse  $m$ , gedeeld door het aantal geldige uren van die etmaalperiode. Per etmaalperiode ( $p$ ) van elke meetdag ( $k$ ) geldt  $\sum_m q_{p,m,k} = 1$ .

Het equivalente geluidrukniveau per etmaalperiode en per meteoklasse, aangeduid met  $L_{p,m}$ , wordt over de gehele meetperiode bepaald met weging naar  $q_{p,m,k}$ :

$$L_{p,m} = 10 \lg \left( \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (3.3)$$

waarin  $Q_{p,m}$  als volgt is gedefinieerd:

$$Q_{p,m} = \sum_k q_{p,m,k}$$



Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Deze met  $q_{p,m,k}$  gewogen energetische middeling van geluidwaarden is nodig om de bijdragen van onafhankelijke metingen correct te verwerken. Alleen metingen afkomstig uit verschillende etmalen gelden meteorologisch als onafhankelijk van elkaar. Het totale aantal bijdragende etmalen kan worden berekend door  $Q_{p,m}$  te sommeren over de meteoklassen:  $\sum_m Q_{p,m}$ .

Voor de standaardafwijking  $u_{p,m}$  die de onzekerheid in de emissie representeert voor  $L_{p,m}$ , geldt dat alle  $L_{p,m,k}$  onafhankelijke metingen betreffen. De standaardafwijking  $u_m$  kan daarom worden berekend volgens de formule:

$$u_{p,m} = 10 \lg \left( 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} + S_{p,m} \right) - L_{p,m} \quad \text{dB} \quad (3.4)$$

waarin  $S_{p,m}$  wordt bepaald door

$$S_{p,m}^2 = \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} \left( 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} - 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right)^2 \quad (3.5)$$

Verwerking meetresultaat per periode

Voor het extrapoleren van de meetresultaten naar een jaargemiddelde waarde is het noodzakelijk de langtijdgemiddelde optreedfrequenties  $f_{optreed,p,m}$  van de verschillende meteoklassen in elke etmaalperiode te kennen. De optreedfrequentie wordt in tabel 3.3 opgezocht bij de betrokken etmaalperiode  $p$  en bij de sectorhoek die van toepassing is op de meetlocatie. Voor meetlocaties op grotere afstand van De Bilt kan een eigen langtijdgemiddelde worden bepaald op basis van urengegevens van een nabijgelegen KNMI-metstation over een recente periode van ten minste 20 jaar.

Tabel 3.3 Optreedfrequentie  $f_{optreed}$  per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt (1989-2018). Hier representeert 0° een meewindrichting van noord naar zuid, 90° van oost naar west, enz.

sectorhoek (°)	$p=\text{dag}$				$p=\text{avond}; p=\text{nacht}$			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
"van" - "t/m"								
350 - 10	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
10 - 30	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
30 - 50	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
50 - 70	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
70 - 90	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
90 - 110	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
110 - 130	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
130 - 150	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
150 - 170	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
170 - 190	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
190 - 210	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
210 - 230	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
230 - 250	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
250 - 270	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
270 - 290	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
290 - 310	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
310 - 330	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
330 - 350	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Het jaargemiddelde geluidniveau per etmaalperiode,  $L_p$ , wordt als volgt bepaald:

$$L_p = 10 \lg \left( \sum_m f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (3.6)$$

De totale meetonzekerheid voor  $L_p$  bedraagt:

$$u_p = \sqrt{\sum_m c_{p,m}^2 u_{p,m}^2 + u_{\text{wind}}^2 + u_{\text{nat}}^2 + u_{\text{meteo}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{slm}}^2} \quad (3.7)$$

waarin de gevoeligheidscoëfficiënten  $c_{p,m}$  zijn gedefinieerd als

$$c_{p,m} = \frac{f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}}}{10^{\frac{L_p}{10}}} \quad (3.8)$$

en waarin de overige bronnen van meetonzekerheid als volgt zijn bepaald:

$u_{\text{wind}}$  is de onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind. Ook het geluid in die geschrapte periodes draagt bij aan het totale geluid in de gemeten situatie. Hiervoor geldt:  $u_{\text{wind}} = (6/W_{\text{max}})^2$  [dB].

$u_{\text{nat}}$  is de onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol. Een natte windbol kan tot enkele uren na de regenbui een effect hebben van enkele dB's. Voor een langdurige meetperiode, zoals bij de eenvoudige methode, is het percentage natte uren niet variabel en is het effect te schatten op  $u_{\text{nat}} = 0,3$  dB. Op basis van artikel 8.3 van de ISO-norm kan de meetonzekerheid nauwkeuriger worden bepaald, als het geluideffect voor het type microfoon en windbol afhankelijk van de neerslagwaarde en opdroogtijd in detail bekend is.

$u_{\text{meteo}}$  is de onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse. Deze wordt geschat op 0,3 dB. Met annex F.1 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.

$u_{\text{res}}$  is de onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van  $L_{90}$  of  $L_{95}$  tijdens onbemande metingen. Deze wordt geschat op 0,5 dB. Met annex F.2 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.

$u_{\text{slm}}$  is de meetonzekerheid van de meetketen. Deze bedraagt 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. De bij de ijkingen gevonden afwijkingen kunnen aanleiding geven om hogere onzekerheden in rekening te brengen.

### Bepaling $L_{\text{den}}$

De resultaten van dag, avond en nacht worden samengenomen om de  $L_{\text{den}}$  met de bijbehorende meetonzekerheid te bepalen. De  $L_{\text{den}}$  wordt berekend met:

$$L_{\text{den}} = 10 \lg \left( \frac{12}{24} 10^{L_{\text{dag}}/10} + \frac{4}{24} 10^{(L_{\text{avond}}+5)/10} + \frac{8}{24} 10^{(L_{\text{nacht}}+10)/10} \right) \text{ dB} \quad (3.9)$$

De meetonzekerheid bedraagt:

$$u_{\text{den}} = \sqrt{\left[ \left( \frac{12}{24} 10^{\frac{L_{\text{dag}}}{10}} \right)^2 u_{\text{dag}}^2 + \left( \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{\text{avond}}+5}{10}} \right)^2 u_{\text{avond}}^2 + \left( \frac{8}{24} 10^{\frac{L_{\text{nacht}}+10}{10}} \right)^2 u_{\text{nacht}}^2 \right] / 10^{\frac{L_{\text{den}}}{10}}} \quad (3.10)$$

Het eindresultaat wordt genoteerd met 95% betrouwbaarheidsinterval. De grootte van dat interval is tweemaal de standaard meetonzekerheid. De notatie is " $L_{\text{den}} = [L_{\text{den}}] \pm 2 \cdot [u_{\text{den}}]$  dB (95% BI)", waarin de rechte haken de getalswaarden aangeven.

### Vergelijking met standaardrekenmethode

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Als de gemeten  $L_{den}$  wordt vergeleken met een  $L_{den}$ -waarde die voor de onderzochte situatie is bepaald met de standaardrekenmethode, zijn er aanvullende factoren waar rekening mee gehouden moet worden:

- Komt de gemodelleerde omgeving in het rekenmodel overeen met die bij de metingen?
- Komt het wegdektype in het model overeen met die bij de metingen?
- Komen de verkeersgegevens (intensiteiten en snelheden per voertuigcategorie) overeen, voor zover bekend?
- Betreft de berekende  $L_{den}$ -waarde de actuele situatie of een plafondsituatie/basisgeluidemissie?

Bij een vergelijking van berekende en gemeten  $L_{den}$ -waarde moet in elk geval rekening worden gehouden met het potentiële verschil tussen de momentane en gemiddelde emissie over de levensduur voor wegdekken. Akoestisch is dit een effect met een zaagtandverloop in de tijd, waarbij de cyclus ten minste enkele jaren bedraagt. Daarnaast moet rekening worden gehouden met het emissieverhogend effect van een nat wegdek, dat wel in de meetwaarden aanwezig zal zijn maar niet in de berekende waarden. Ook wordt de temperatuurcorrectie betrokken bij een vergelijking van metingen en berekeningen. De correctiemethode daarvoor houdt in dat formule 3.1 wordt gecorrigeerd met  $C_{temp}(\text{uur}) = 0,05 \cdot (T_{lucht}(\text{uur}) - 20)$ , waarna nogmaals de formules 3.3, 3.6 en 3.9 worden toegepast. De te rapporteren waarde van de temperatuurcorrectie is gelijk aan het verschil tussen de  $L_{den}$  met en zonder toepassing van deze correctiemethode.

### Rapportage eenvoudige methode

Het doel van de metingen.

Naam en adres van de instantie en naam van de personen die de meting hebben uitgevoerd.

Datum en plaats van de metingen.

Gegevens van de weg: aantal rijstroken, type wegdekverharding, de aanwezige geluidmaatregelen, de verkeerintensiteiten en snelheden volgens opgave van de bronbeheerder, en (als die beschikbaar is) de met de standaardrekenmethode berekende  $L_{den}$  voor de meetpositie en een bronverwijzing (naam, datum en kenmerk van het akoestisch onderzoek waarin die berekeningen zijn opgenomen).

Omschrijving en foto's van de meetlocatie: omgeving, bodem met eventuele begroeiing, meetpositie.

Een lijst van de gebruikte meetapparatuur en type microfoons en analyseapparatuur/software met serienummers en de laatste kalibratiedatum, als dat van toepassing is.

Het verloop van de temperatuur en luchtvochtigheid tijdens de gehele meetperiode, apart voor alle dagperiodes en voor alle nachtperiodes; het verloop van de uurwaarde  $L$  (uit formule 3.1) over het etmaal, apart per weekdag, als energetisch gemiddelde over de gehele meetperiode.

Een kwantitatieve onderbouwing waaruit blijkt dat aan de voorwaarden voor eenvoudige methode is voldaan. Een lijst van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven methode die mogelijk van invloed zijn op het resultaat.

Het percentage van de ongeldige uren op het totaal aantal (geldige en ongeldige) uren, uitgesplitst naar oorzaak van verstoring (overmatig residueel geluid, regen, wind, niet-representatieve geluidoverdracht); de gehanteerde maximale waarde van de windsnelheid  $W_{max}$  met een toelichting van die keuze.

Meetonzekerheidsberekening voor dag, avond en nacht.

De  $L_{den}$  en het 95%-betrouwbaarheidsinterval, de schatting van de temperatuurcorrectie.

Bij vergelijking van gemeten en berekende  $L_{den}$ : een beschrijving van overeenkomsten en verschillen in uitgangspunten en waar mogelijk een kwantitatieve inschatting daarvan; een kwantitatieve inschatting van het effect van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven meetsituatie en meetperiode ten opzichte van de werkelijke meetsituatie en meetperiode.

Als voor de meetsituatie een eigen langtijdgemiddelde optreedfrequentie is bepaald: een beschrijving van de gebruikte gegevens en de wijze van verwerking tot een langtijdgemiddelde.

### 3.3 Uitgangspunten bepaling geluidbelasting

Voor metingen met het doel een geluidbelasting of correctiewaarde vast te stellen (in situaties geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode) gelden de eisen en werkwijzen van de ISO-norm met inachtneming van de volgende bijzondere uitgangspunten:

Instrumentatie: volgens artikel 5 van de norm, met als aanvulling dat in tertsbanden van 25 Hz tot 10 kHz wordt gemeten.

Als het onvermijdelijk is om te meten op locaties met geluid van meerdere wegen en/of spoorwegen, worden de bijdragen per weg of spoorweg eerst uitgesplitst, voordat de overige bewerkingen, controles en correcties worden uitgevoerd. Voor het uitsplitsen kan afhankelijk van de lokale situatie worden gebruik gemaakt van bijvoorbeeld detectielussen, lichtsluizen of hulpmicrofoons dichtbij elke bron.

De geluidbelasting kan op drie manieren wordt bepaald, volgens artikel 10.6.1, 10.6.2 of 10.6.3 van de norm.

Er wordt gestreefd naar een totale meetonzekerheid van niet meer dan  $\pm 1$  dB. De meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval is per definitie tweemaal zo groot, dus bij voorkeur niet meer dan  $\pm 2$  dB.

Het resultaat van de meting is een  $L_{den}$  die met bijbehorende meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt opgegeven, met de volgende notatiewijze:  $L_{den} = 61,2 \pm 1,8$  dB (95% BI). De uiteindelijke geluidbelasting (voor juridische context) wordt op hele dB's afgerond en zonder marge opgegeven, in dit voorbeeld 61 dB.

Residueel geluid ('achtergrondgeluid') wordt verwerkt volgens annex I van de norm.

Meteostratificatie (M1, M2, M3 en M4) is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de langtijdgemiddelde situatie. In sommige gevallen moet een geschikt overdrachtsmodel worden gebruikt voor deze correctie. Bij de meteostratificatie kan het nodig zijn de aanpak van annex A van de norm te volgen. In dat geval zijn de optreedfrequenties van tabel 3.3 niet van toepassing, omdat deze op basis van eenvoudige uitgangspunten zijn vastgesteld. Meteogegevens voor wind, temperatuur en luchtvochtigheid worden bij voorkeur op de meetlocatie geregistreerd, maar kunnen worden betrokken van nabije KNMI-stations. Voor neerslag moeten eigen registraties op de meetlocatie worden gebruikt.

Correctie voor de luchtdemping volgens annex D.1 van de norm, naar 10°C en 80% RH voor Nederland.

Emissiestratificatie is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de maatgevende emissie of referentiesituatie. Deze correctie is volgens annex D.2 van de norm. Voor wegdekken wordt gecorrigeerd naar 20°C volgens paragraaf 4.1.5 van het rekenvoorschrift.

Als daar aanleiding voor is, moeten de meetwaarden ook worden gecorrigeerd voor het verschil tussen de wegdekkwaliteit tijdens de meetperiode en de gemiddelde kwaliteit over de levensduur.

Meetwaarden tijdens en na neerslag: volgens artikel 8.3 van de norm. Voor meetwaarden tijdens de opdroogperiode van de windbol wordt rekening gehouden met extra meetonzekerheid. Meetwaarden tijdens uren met te harde wind worden geschrapt, zo ook meetwaarden bij een nat wegdek. Meetwaarden tijdens uren met een sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen worden geschrapt vanwege niet-representatieve geluidoverdracht.

Rapportage zoals bij de eenvoudige methode, met aanvullend: tabellen met gemiddelde meetwaarden per meetdag (gesplitst per etmaalperiode en meteoklasse), een analyse van de meetonzekerheid volgens annex F van de norm.

## 4. Wegdekcorrectie

### 4.1. Metingen

#### 4.1.1

Om de wegdekcorrectie voor een bepaald product te bepalen, worden metingen uitgevoerd op ten minste vijf verschillende, geografisch gescheiden werken<sup>1</sup> met hetzelfde product volgens de Statistical Pass-By-methode (SPB-methode), beschreven in NEN-EN-ISO 11819-1:2001. Volgens de SPB-methode worden de geluidniveaus gemeten van afzonderlijke voertuigpassages. Het meetpunt ligt op 7,5 m uit het hart van de rijstrook waarop de te meten voertuigen passeren. Naast het geluidniveau wordt ook de voertuigsnelheid gemeten.

#### 4.1.2

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de drie voertuigcategorieën: lichte motorvoertuigen, middelzware en zware motorvoertuigen. Voor het bepalen van de wegdekcorrectie zijn alleen de gemeten geluidniveaus  $L_{Amax}$  van passages van lichte en zware motorvoertuigen van belang. De wegdekcorrectie voor middelzware motorvoertuigen wordt gelijkgesteld aan de wegdekcorrectie voor zware motorvoertuigen. Bij de lichte voertuigen worden de voertuigen, bedoeld in categorie 1b in annex B van NEN-EN-ISO 11819-1:2001, buiten beschouwing gelaten.

#### 4.1.3

In afwijking van NEN-EN-ISO 11819-1:2001 geldt het volgende:

- De meethoogte bedraagt 3,0 m.
- De in NEN-EN-ISO 11819-1:2001 gestelde eisen aan de akoestische eigenschappen van het bodemgebied op de meetlocatie hoeven niet strikt te worden gevolgd, wel wordt aanbevolen om bij de keuze van de meetlocaties zoveel mogelijk met deze eisen rekening te houden.
- Als richtlijn geldt dat op elke locatie metingen aan ten minste 100 lichte en 50 zware motorvoertuigen beschikbaar moeten zijn. Het kan voorkomen dat deze aantallen op een locatie niet zijn gehaald, bijvoorbeeld omdat er onvoldoende vrachtwagens passeren. Het resultaat van die locatie kan dan wel worden meegenomen bij de verdere analyse voor het vaststellen van de wegdekcorrectie. Uiteindelijk bepaalt de grootte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde over alle meetlocaties of het eindresultaat betrouwbaar genoeg is.

#### 4.1.4

Op het moment van publicatie van de wegdekcorrectie van een wegdekproduct zijn de achterliggende meetgegevens niet ouder dan tien jaar. Bij wijziging van een referentiespectrum uit tabel 4.1 of de referentiewaarden uit 4.3.5 moeten de wegdekcorrecties opnieuw worden vastgesteld met inachtneming van de termijn van tien jaar.

#### 4.1.5

De luchttemperatuur op 1,2 m boven het wegoppervlak ligt tijdens de metingen tussen 5°C en 30°C. Bij de gemeten geluidniveaus wordt een temperatuurcorrectie opgeteld, waarmee alle meetresultaten worden genormaliseerd naar een referentietemperatuur van 20°C. De temperatuurcorrecties  $C_{temp,m}$  voor  $m = 1$  (lichte motorvoertuigen) en  $m = 3$  (zware

motorvoertuigen) worden bepaald uit de luchttemperatuur  $T_{lucht}$  (in °C op 1,2 m hoogte boven het wegdek) volgens de formules:

$$C_{temp,1} = 0,05 \cdot (T_{lucht} - 20) \text{ (voor lichte motorvoertuigen)} \quad (4.1)$$

$$C_{temp,3} = 0,03 \cdot (T_{lucht} - 20) \text{ (voor zware motorvoertuigen)} \quad (4.2)$$

## 4.2. Bepalen van het gemiddelde geluidniveau per voertuigcategorie en per meetlocatie

### 4.2.1

Per meetlocatie worden de lineaire regressielijnen voor lichte en zware motorvoertuigen bepaald van het A-gewogen gemeten geluidniveau (na temperatuurcorrectie) als functie van  $\lg(v_m)$ , waarin  $v_m$  de snelheid is van voertuigcategorie  $m$ . Er wordt onderscheid gemaakt tussen lichte motorvoertuigen ( $m = 1$ ) en zware motorvoertuigen ( $m = 3$ ).

### 4.2.2

De SPB-meting voor lichte of zware motorvoertuigen is niet bruikbaar voor het vaststellen van de wegdekcorrectie als bij de gemiddelde snelheid van de gemeten lichte of zware motorvoertuigen de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de regressielijn, na afronding op één decimaal, groter is dan

$$0,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{99}{N_1} - 1\right)} \quad (4.3)$$

en

$$0,8 \cdot \sqrt{\left(\frac{49}{N_3} - 1\right)} \quad (4.4)$$

Hierin is  $N_1$  het aantal gemeten lichte motorvoertuigen en  $N_3$  het aantal gemeten zware motorvoertuigen op de meetlocatie. Als voor een voertuigcategorie na uitsluiting van een of meer locaties op grond van deze eis minder dan vijf locaties over blijven, kan voor die voertuigcategorie geen wegdekcorrectie (of verouderingscorrectie, zie 4.4.2) worden bepaald.

### 4.2.3

Uit de regressielijn volgt voor discrete waarden van de snelheid van 30, 40, .... 130 km/u (in stappen van 10 km/u, voor zware motorvoertuigen tot en met 100 km/u), het gemiddelde A-gewogen geluidniveau en het 95%-betrouwbaarheidsinterval van dat gemiddelde.

### 4.2.4

Bij  $N_1$  lichte en  $N_3$  zware motorvoertuigen wordt een gemiddeld A-gewogen geluidniveau uit 4.2.3 als 'betrouwbaar' gekwalificeerd als de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval, na afronding op één decimaal, kleiner is dan of gelijk is aan:

$$0,3 \cdot \sqrt{\left(\frac{99}{N_1} - 1\right)} \quad (4.5)$$

en

$$0,8 \cdot \sqrt{\left(\frac{49}{N_3} - 1\right)} \quad (4.6)$$

## 4.3. Bepalen van de initiële wegdekcorrectie uit middeling over verschillende locaties

### 4.3.1

Met het gemiddelde geluidniveau per voertuigcategorie en per meetlocatie, bepaald volgens paragraaf 4.2, zijn er bij elke discrete waarde van de snelheid  $v_m$  (in stappen van 10 km/u) per voertuigcategorie  $m$  ten minste vijf gemiddelde waarden van op verschillende locaties  $k$  ( $k = 1, 2, \dots$ ) gemeten totale A-gewogen geluidniveaus  $L_{k,m}(v_m)$  van voertuigpassages. Van de beschikbare waarden bij iedere snelheid is een deel als 'betrouwbaar' gekwalificeerd op basis van de grenzen aan het 95%-betrouwbaarheidsinterval in 4.2.4. Vervolgens wordt bij iedere snelheid gecontroleerd of van deze als betrouwbaar gekwalificeerde waarden de maximale spreiding tussen de verschillende locaties kleiner is dan 2,0 dB(A). Als de spreiding groter is, dan wordt de locatie met de waarde die het meeste afwijkt van het gemiddelde van de als betrouwbaar gekwalificeerde waarden voor de betrokken voertuigcategorie buiten beschouwing gelaten. Zo nodig wordt dit proces herhaald totdat de spreiding kleiner is dan 2,0 dB(A). Blijven er voor een voertuigcategorie minder dan vijf locaties over, dan kan voor die voertuigcategorie geen wegdekcorrectie worden bepaald.

#### 4.3.2

Per voertuigcategorie  $m$  wordt van de (ten minste vijf) gemiddelde geluidniveaus  $L_{k,m}(v_m)$  van de afzonderlijke meetlocaties bij snelheid  $v_m$  (in stappen van 10 km/u) een gewogen gemiddelde  $L_{gem,m}(v_m)$  berekend op basis van de grootte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval, volgens de formule:

$$L_{gem,m}(v_m) = \frac{\sum_i \frac{L_{k,m}(v_m)}{\Delta 95\% c_{ik,m}(v_m)^2}}{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\% c_{ik,m}(v_m)^2}} \quad (4.7)$$

Hierin is  $\Delta 95\% c_{ik,m}$  de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor locatie  $k$  en voertuigcategorie  $m$ . In het gemiddelde worden alle waarden  $L_{k,m}(v_m)$  meegenomen, dus niet alleen de waarden die op basis van 4.2.4 als betrouwbaar zijn gekwalificeerd.

#### 4.3.3

Bij de gemiddelde waarden over de locaties bij snelheid  $v_m$ ,  $L_{gem,m}(v_m)$ , wordt  $\Delta 95\% c_{igem,m}(v_m)$ , de helft van de grootte van het bijbehorende betrouwbaarheidsinterval, bepaald, volgens:

$$\Delta 95\% c_{igem,m}(v_m) = \frac{1}{\sqrt{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\% c_{ik,m}(v_m)^2}}} \quad (4.8)$$

#### 4.3.4

Uit de gemiddelde waarden over alle locaties  $L_{gem,m}(v_m)$  bij discrete waarden van de snelheid  $v_m$  (in stappen van 10 km/u) wordt per voertuigcategorie  $m$  het verband afgeleid tussen het totale A-gewogen geluidniveau en de logaritme van de snelheid, met lineaire regressie volgens  $a_m + b_m \lg(v_m/v_{0,m})$ . De lineaire regressie wordt gebaseerd op de gemiddelde waarden bij snelheid  $v_m$  die voldoen aan de volgende eisen:

- lichte motorvoertuigen ( $m = 1$ ): snelheidsbereik 30–130 km/u en  $\Delta 95\% c_{igem,1}(v_m)$  (na afronding op één decimaal)  $\leq 0,3$
- zware motorvoertuigen ( $m = 3$ ): snelheidsbereik 30–100 km/u en  $\Delta 95\% c_{igem,3}(v_m)$  (na afronding op één decimaal)  $\leq 0,8$ .

De referentiesnelheid  $v_{0,m}$  is gelijk aan 80 km/u voor lichte motorvoertuigen ( $m = 1$ ) en 70 km/u voor zware motorvoertuigen ( $m = 3$ ).

#### 4.3.5

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Uit het verschil tussen de waarden  $a_m$  en  $b_m$  uit de regressie volgens 4.3.4 en de waarden  $a_{ref,m}$  en  $b_{ref,m}$  van het referentiewegdek worden de waarden  $\Delta L_m$  en  $\tau_m$  bepaald volgens de formules:

$$\Delta L_m = a_m - a_{ref,m} \quad (4.9)$$

$$\tau_m = b_m - b_{ref,m} \quad (4.10)$$

waarin:

$a_{ref,1} = 77,577,2$  en  $b_{ref,1} = 36,830,6$  voor lichte motorvoertuigen ( $m = 1$ ) bij metingen op 3,0 m hoogte;

$a_{ref,3} = 83,684,4$  en  $b_{ref,3} = 29,927,0$  voor zware motorvoertuigen ( $m = 3$ ) bij metingen op 3,0 m hoogte.

4.3.6

Per meetlocatie en per voertuigcategorie wordt het (lineair of rekenkundig) gemiddelde frequentiespectrum in acht octaafbanden (met middenfrequenties van 63 tot en met 8.000 Hz) berekend over alle gemeten frequentiespectra van individuele voertuigpassages op het moment dat het maximum geluidniveau tijdens de passage optreedt. Vervolgens wordt per octaafband lineair gemiddeld over de locaties, zonder weging op grond van betrouwbaarheid. Als een locatie op grond van 4.2.2 of 4.3.1 buiten beschouwing is gelaten, wordt het frequentiespectrum van die locatie ook in de middeling van de octaafbandwaarden niet meegenomen. Van de octaafbandwaarden van dit over de meetlocaties gemiddelde spectrum wordt de energetische som bepaald. Vervolgens wordt de energetische som van alle octaafbandwaarden afgetrokken, waarna de energetische som over de octaafbanden van het 'genormeerde' spectrum gelijk is aan 0 dB(A).

4.3.7

Van de genormeerde octaafbandwaarden uit 4.3.6 worden de octaafbandwaarden  $a_{ref,i,m}$  van het genormeerde spectrum van het referentiewegdek uit tabel 4.1 afgetrokken. Bij iedere octaafbandwaarde van het verschil wordt vervolgens de waarde  $\Delta L_m$  uit 4.3.5 opgeteld. Dit levert de octaafbandwaarden van de snelheidsafhankelijke term van de initiële wegdekcorrectie  $\Delta L_{i,m}$ , waarin  $i$  het nummer is van de octaafband ( $i = 1, 2 \dots 8$ , voor de octaafbanden van 63 Hz tot en met 8.000 Hz).

Tabel 4.1 Octaafbandwaarden  $a_{ref,i,m}$  van de genormeerde frequentiespectra van het geluidniveau in het meetpunt bij het referentiewegdek

Voertuigcategorie	Middenfrequentie octaafband [Hz]							
	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
Lichte motorvoertuigen ( $m = 1$ )	- <u>37,533</u> <u>72</u>	- <u>29,327</u> <u>73</u>	- <u>19,420</u> <u>73</u>	- <u>10,611</u> <u>77</u>	- <u>1,927</u> <u>75</u>	- <u>6,551</u> <u>76</u>	- <u>16,413</u> <u>76</u>	- <u>26,724</u> <u>73</u>
Zware motorvoertuigen ( $m = 3$ )	-32, <u>12</u>	- <u>24,825</u> <u>75</u>	- <u>16,017</u> <u>72</u>	- <u>4,757</u> <u>77</u>	-3,0	- <u>9,7</u> ,6	- <u>17,315</u> <u>75</u>	- <u>26,024</u> <u>79</u>

4.3.8

De waarden  $\Delta L_{i,m}$  en  $\tau_m$ , leggen de initiële wegdekcorrectie  $C_{initieel,i,m}$  in octaafbanden vast volgens de formule:

$$C_{initieel,i,m}(v_m) = \Delta L_{i,m} + \tau_m \lg(v_m/v_{0m}) \quad (4.11)$$

De initiële wegdekcorrectie is alleen geldig voor die snelheden waarbij  $\Delta 95\% C_{igem,m}(v_m)$ , na afronding op één decimaal, kleiner is dan of gelijk is aan 0,1 voor lichte motorvoertuigen ( $m = 1$ )



en kleiner of gelijk is aan 0,4 dB(A) voor zware motorvoertuigen ( $m = 3$ ). Het geldige snelheidsbereik voor de wegdekcorrectie zal in het algemeen voor lichte en zware motorvoertuigen verschillend zijn.

#### 4.4. Bepalen van de verouderingscorrectie ( $C_{tijd}$ )

##### 4.4.1

De verouderingscorrectie  $C_{tijd,i,m}$  van een specifiek product volgt per octaafband  $i$  en voertuigcategorie  $m$  uit het verschil tussen het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties met een nieuw wegdek ( $SPB_{nieuw,i,m}$ ) en het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties waar hetzelfde wegdektype of -product langer in gebruik is dan 75% van de verwachte levensduur ( $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ ) volgens de formule:

$$C_{tijd,i,m} = (SPB_{>75\%levensduur,i,m} - SPB_{nieuw,i,m})/2 \quad (4.12)$$

waarin:

$$SPB_{nieuw,i,m} = a_{ref,m} + b_{ref,m} \lg(v_{x,m}/v_{0,m}) + a_{nref,i,m} + C_{initieel,i,m}(v_{x,m}) \quad (4.13)$$

met de waarden  $a_{ref,m}$  en  $b_{ref,m}$  uit 4.3.5,  $a_{nref,i,m}$  volgens tabel 4.1 en  $C_{initieel,i,m}$  zoals bepaald in 4.3.8. De verouderingscorrectie wordt een vaste waarde van de snelheid  $v_{x,m}$ . Voor snelheid  $v_{x,m}$  moet gelden dat deze binnen het snelheidsbereik ligt waarvoor de initiële wegdekcorrectie  $C_{initieel}$  geldig is volgens 4.3.8.

De waarden voor  $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$  kunnen op drie manieren worden verkregen. Het heeft de voorkeur om de waarden voor  $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$  vast te stellen op basis van SPB-metingen aan wegvakken aan het einde van de levensduur van het betrokken wegdektype of product. Deze methode staat beschreven in 4.4.2. Als er wel SPB-metingen beschikbaar zijn aan oudere wegvakken maar onvoldoende of geen daarvan betreffen wegvakken aan het einde van de levensduur, kan op basis van de extrapolatiemethode (zie 4.4.3) ook een  $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$  worden vastgesteld.

Bij nieuwe wegdektypen of -producten zijn er logischerwijs geen meetgegevens aan oudere wegvakken beschikbaar. In dat geval kan tijdelijk de  $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$  worden gebaseerd op de waarden van een standaard wegdektype (zie 4.4.4). Zodra er voldoende oudere wegvakken beschikbaar zijn, kan de verouderingscorrectie worden vervangen en worden gebaseerd op metingen.

##### 4.4.2

De waarden  $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$  worden bepaald uit de resultaten van SPB-metingen op ten minste vijf verschillende locaties waar het wegdek ouder is dan 75% van de verwachte levensduur. Na temperatuurcorrectie volgens 4.1.5 worden per meetlocatie en per voertuigcategorie de regressielijnen bepaald volgens 4.2.1 en wordt  $\Delta 95\%ci_{k,m}$  (de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval) getoetst bij snelheid  $v_{x,m}$  (in plaats van bij de gemiddelde snelheid). De  $\Delta 95\%ci_{k,m}$  moet kleiner of gelijk zijn aan 0,3 dB voor lichte motorvoertuigen of 0,8 dB voor zware motorvoertuigen. Na eventuele uitsluiting van meetlocaties op grond van deze toets zijn per voertuigcategorie ten minste vijf locaties beschikbaar om de verouderingscorrectie te kunnen bepalen. Van die locaties wordt:

- het gemiddelde A-gewogen geluidniveau  $L_{rgem,m}(v_{x,m})$  bepaald door de waarden van de regressielijnen bij snelheid  $v_{x,m}$  rekenkundig te middelen; en
- het gemiddelde frequentiespectrum berekend over de gemeten individuele voertuigpassages (per voertuigcategorie afzonderlijk) en genormeerd volgens 4.3.6, zodat de energetische som over de octaafbanden van het genormeerde spectrum gelijk is aan 0 dB(A).

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Sommatie van  $L_{rgem,m}(v_{x,m})$  en de octaafbandwaarden van het genormeerde spectrum levert  $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ .

4.4.3

Als er nog geen wegdekken beschikbaar zijn die al langer in gebruik zijn dan 75% van de verwachte gemiddelde levensduur, is er de mogelijkheid om de waarden  $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$  via extrapolatie af te leiden uit de resultaten van SPB-metingen op (ten minste) vijf locaties met wegdekken die ten minste vier jaar in gebruik zijn. Daarbij moet van elke locatie met een ten minste vier jaar oud wegdek bekend zijn hoe lang het wegdek al op die locatie in gebruik is. Van de locaties worden (na temperatuurcorrectie volgens paragraaf 4.1.5) per voertuigcategorie de regressielijnen bepaald volgens 4.2.1 en wordt  $\Delta 95\%Cik,m$  (de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval) getoetst bij snelheid  $v_{x,m}$  (in plaats van bij de gemiddelde snelheid). Na eventuele uitsluiting van meetlocaties op grond van deze toets moeten per voertuigcategorie ten minste vijf locaties beschikbaar zijn. Van elke locatie wordt de SPB-waarde bij  $v_{x,m}$  en het bijbehorende octaafbandspectrum bepaald. Van deze resultaten wordt het rekenkundig gemiddeld octaafbandspectrum vastgesteld wat resulteert in de  $SPB_{>4jaar,i,m}$ . Het verloop tussen  $SPB_{nieuw,i,m}$  en  $SPB_{>4jaar,i,m}$  wordt geëxtrapolerd van de gemiddelde gebruiksduur  $T_{ggd}$  van de meetlocaties met ten minste vier jaar oude wegdekken naar 80% van de verwachte gemiddelde levensduur  $T_{80\%}$  van het betrokken wegdek volgens de formule:

$$SPB_{>75\%levensduur,i,m} = SPB_{nieuw,i,m} + (SPB_{>4jaar,i,m} - SPB_{nieuw,i,m}) \cdot \left(\frac{T_{80\%}}{T_{ggd}}\right) \quad (4.14)$$

4.4.4

Als van een specifiek product geen wegdekken voorhanden zijn om de verouderingscorrectie  $C_{tijd}$  vast te stellen, kan deze worden gebaseerd op de gegevens van het standaard (generieke) wegdektype waartoe het wegdek behoort. In dat geval wordt  $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$  Overgenomen van het betrokken wegdektype en op basis daarvan wordt de verouderingscorrectie  $C_{tijd,i,m}$  vastgelegd met behulp van formule 4.12.

De  $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$  voor een bepaald wegdektype kan voor snelheid  $v_{x,m}$  worden bepaald uit tabel 4.2a met de regressieparameters  $a_{>75\%levensduur,i,m}$  en  $b_{>75\%levensduur,i,m}$  en onderstaande vergelijking:

$$SPB_{>75\%levensduur,i,m} = a_{>75\%levensduur,i,m} + b_{>75\%levensduur,i,m} \log(v_{x,m}/v_0) \quad (4.15)$$

De waarden voor  $a_{>75\%levensduur,i,m}$  en  $b_{>75\%levensduur,i,m}$  zijn opgenomen in tabel 4.2.

Tabel 4.2a Coëfficiënten voor  $a_{>75\%levensduur,i,m}$  en  $b_{>75\%levensduur,i,m}$  voor lichte motorvoertuigen

Volg nr	Wegdektype	$a_{>75\%levensduur,i,m}$								$b_{>75\%}$
		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	
1	Referentiewegdek	40.04 4,0	48.24 9,9	58.15 6,9	66.96 5,5	75.67 4,7	71.07 2,1	61.16 3,6	50.85 2,9	36.83 0,6
2	1L ZOAB	40.14 4,1	51.85 3,5	60.85 9,6	70.36 8,9	77.07 6,1	69.17 0,2	60.06 2,5	52.95 5,0	30.32 4,1
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	44.5p m	52.8p m	58.3p m	69.2p m	72.3p m	67.3p m	60.2p m	52.1p m	24.7p m
4	2L ZOAB	40.54 4,5	51.15 2,8	59.55 8,3	65.66 4,2	73.27 2,3	66.26 7,3	57.76 0,2	50.05 2,1	33.82 7,6
5	2L ZOAB fijn	39.04 3,0	50.55 2,2	57.85 6,6	63.86 2,4	71.17 0,2	64.26 5,3	57.56 0,0	50.15 2,2	36.73 0,5
6	SMA 0/5	42.24 6,2	48.35 0,0	59.45 8,2	69.36 7,9	74.87 3,9	69.37 0,4	60.16 2,6	50.55 2,6	35.82 9,6

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

7	SMA 0/8	<del>41,44</del> 5,4	<del>49,35</del> 1,7	<del>59,25</del> 8,0	<del>67,96</del> 6,5	<del>76,07</del> 5,1	<del>70,87</del> 1,9	<del>61,46</del> 3,9	<del>51,15</del> 3,2	<del>35,82</del> 9,6
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	<del>41,4p</del> m	<del>49,3p</del> m	<del>59,2p</del> m	<del>67,9p</del> m	<del>76,0p</del> m	<del>70,8p</del> m	<del>61,4p</del> m	<del>51,1p</del> m	<del>35,8p</del> m
9	Uitgeborsteld beton	<del>42,24</del> 6,2	<del>48,95</del> 0,6	<del>60,55</del> 9,3	<del>70,26</del> 8,8	<del>79,27</del> 8,3	<del>72,97</del> 4,0	<del>62,06</del> 4,5	<del>51,85</del> 3,9	<del>38,23</del> 2,0
10	Geoptim. uitgeborsteld beton	<del>40,94</del> 4,9	<del>48,65</del> 0,3	<del>59,85</del> 8,6	<del>69,06</del> 7,6	<del>77,87</del> 6,9	<del>70,67</del> 1,7	<del>60,26</del> 2,7	<del>50,15</del> 2,2	<del>37,83</del> 1,6
11	Fijngebezemd beton	<del>42,24</del> 6,2	<del>48,85</del> 0,5	<del>61,96</del> 0,7	<del>70,16</del> 8,7	<del>78,37</del> 7,4	<del>74,87</del> 5,9	<del>63,56</del> 6,0	<del>51,55</del> 3,6	<del>44,53</del> 8,3
12	Oppervlak-bewerking	<del>42,24</del> 6,2	<del>50,35</del> 2,0	<del>61,86</del> 0,6	<del>72,07</del> 0,6	<del>80,77</del> 9,8	<del>72,27</del> 3,3	<del>61,26</del> 3,7	<del>51,15</del> 3,2	<del>36,63</del> 0,4
13	Elementen-verharding keperverband	<del>48,55</del> 2,5	<del>57,65</del> 9,3	<del>66,66</del> 5,4	<del>73,07</del> 1,6	<del>80,47</del> 9,5	<del>71,57</del> 2,6	<del>63,06</del> 5,5	<del>52,85</del> 4,9	<del>39,33</del> 3,1
14	Elementen-verharding niet in keperverband	<del>52,55</del> 6,5	<del>60,86</del> 2,5	<del>68,56</del> 7,3	<del>75,17</del> 3,7	<del>84,58</del> 3,6	<del>75,07</del> 6,1	<del>66,96</del> 9,4	<del>55,55</del> 7,6	<del>39,73</del> 3,5
15	Stille elementen-verharding	<del>48,05</del> 2,0	<del>55,25</del> 6,9	<del>64,06</del> 2,8	<del>70,86</del> 9,4	<del>75,57</del> 4,6	<del>66,26</del> 7,3	<del>59,26</del> 1,7	<del>50,95</del> 3,0	<del>35,12</del> 8,9
16	Dunne deklagen A	<del>44,64</del> 4,9	<del>49,34</del> 49,5	<del>56,85</del> 6,6	<del>66,96</del> 4,7	<del>74,67</del> 3,7	<del>68,97</del> 0,3	<del>59,96</del> 1,9	<del>49,45</del> 2,4	<del>28,62</del> 8,1
17	Dunne deklagen B	<del>44,44</del> 4,2	<del>49,14</del> 48,1	<del>56,45</del> 6,0	<del>66,66</del> 5,6	<del>74,67</del> 1,8	<del>69,36</del> 8,1	<del>60,46</del> 0,5	<del>49,35</del> 0,6	<del>27,02</del> 9,1

Tabel 4.2b Coëfficiënten voor  $a_{>75\%levensduur,i,m}$  en  $b_{>75\%levensduur,m}$  voor (middel)zware motorvoertuigen

Volg nr	Wegdektype	$a_{>75\%levensduur,i,(m)zvv}$								$b_{>75\%}$
		$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	
1	Referentiewegdek	<del>52,65</del> 2,2	<del>58,95</del> 8,9	<del>67,76</del> 7,2	<del>79,07</del> 8,7	<del>80,78</del> 1,4	<del>74,17</del> 6,8	<del>66,46</del> 8,9	<del>57,75</del> 9,5	<del>29,92</del> 7,0
2	1L ZOAB	<del>53,25</del> 2,8	<del>60,56</del> 0,5	<del>69,96</del> 9,4	<del>79,97</del> 9,6	<del>77,57</del> 8,2	<del>70,57</del> 3,2	<del>64,66</del> 7,1	<del>58,05</del> 9,8	<del>29,72</del> 7,2
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	<del>53,3p</del> m	<del>60,5p</del> m	<del>68,3p</del> m	<del>80,3p</del> m	<del>77,0p</del> m	<del>71,9p</del> m	<del>65,6p</del> m	<del>57,2p</del> m	<del>21,5p</del> m
4	2L ZOAB	<del>53,15</del> 2,7	<del>59,95</del> 9,9	<del>68,26</del> 7,7	<del>75,07</del> 4,7	<del>75,77</del> 6,4	<del>68,67</del> 1,3	<del>62,56</del> 5,0	<del>54,85</del> 6,6	<del>34,53</del> 1,7
5	2L ZOAB fijn	<del>53,15</del> 2,7	<del>59,35</del> 9,3	<del>66,56</del> 6,0	<del>74,57</del> 4,2	<del>75,47</del> 6,1	<del>67,67</del> 0,3	<del>61,76</del> 4,2	<del>54,55</del> 6,3	<del>29,12</del> 6,2
6	SMA 0/5	<del>52,65</del> 2,2	<del>58,95</del> 8,9	<del>67,76</del> 7,2	<del>79,07</del> 8,7	<del>80,78</del> 1,4	<del>74,17</del> 6,8	<del>66,46</del> 8,9	<del>57,75</del> 9,5	<del>29,92</del> 7,0
7	SMA 0/8	<del>52,65</del> 2,2	<del>58,95</del> 8,9	<del>67,76</del> 7,2	<del>79,07</del> 8,7	<del>80,78</del> 1,4	<del>74,17</del> 6,8	<del>66,46</del> 8,9	<del>57,75</del> 9,5	<del>29,92</del> 7,0
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	<del>52,6p</del> m	<del>58,9p</del> m	<del>67,7p</del> m	<del>79,0p</del> m	<del>80,7p</del> m	<del>74,1p</del> m	<del>66,4p</del> m	<del>57,7p</del> m	<del>29,9p</del> m

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

9	Uitgeborsteld beton	<u>52,65</u> 2,2	<u>60,06</u> 0,0	<u>68,16</u> 7,6	<u>78,77</u> 8,4	<u>80,58</u> 1,2	<u>73,47</u> 6,1	<u>65,36</u> 7,8	<u>56,75</u> 8,5	<u>34,33</u> 1,4
10	Geoptim. uitgeborsteld beton	<u>52,35</u> 1,9	<u>59,95</u> 9,9	<u>66,06</u> 5,5	<u>77,87</u> 7,5	<u>79,17</u> 9,8	<u>71,77</u> 4,4	<u>64,76</u> 7,2	<u>56,05</u> 7,8	<u>23,22</u> 0,4
11	Fijngbezemd beton	<u>52,65</u> 2,2	<u>62,26</u> 2,2	<u>70,16</u> 9,6	<u>80,98</u> 0,6	<u>82,78</u> 3,4	<u>75,37</u> 8,0	<u>66,56</u> 9,0	<u>57,75</u> 9,5	<u>33,63</u> 0,7
12	Oppervlak-bewerking	<u>52,65</u> 2,2	<u>60,96</u> 0,9	<u>69,56</u> 9,0	<u>80,07</u> 9,7	<u>80,08</u> 0,7	<u>72,07</u> 4,7	<u>64,56</u> 7,0	<u>56,05</u> 7,8	<u>31,42</u> 8,7
13	Elementen-verharding keperverband	<u>61,16</u> 0,7	<u>68,36</u> 8,3	<u>76,27</u> 5,7	<u>85,18</u> 4,8	<u>85,58</u> 6,2	<u>74,67</u> 7,3	<u>68,37</u> 0,8	<u>59,76</u> 1,5	<u>32,42</u> 9,5
14	Elementen-verharding niet in keperverband	<u>65,16</u> 4,7	<u>71,57</u> 1,5	<u>78,17</u> 7,6	<u>87,28</u> 6,9	<u>89,69</u> 0,3	<u>78,18</u> 0,8	<u>72,27</u> 4,7	<u>62,46</u> 4,2	<u>32,62</u> 9,9
15	Stille elementen-verharding	<u>53,05</u> 2,6	<u>60,36</u> 0,3	<u>69,16</u> 8,6	<u>81,28</u> 0,9	<u>84,38</u> 5,0	<u>76,57</u> 9,2	<u>68,67</u> 1,1	<u>58,15</u> 9,9	<u>29,92</u> 7,0
16	Dunne deklagen A	<u>55,45</u> 2,5	<u>62,35</u> 9,3	<u>70,56</u> 7,6	<u>82,37</u> 8,9	<u>84,18</u> 1,6	<u>75,27</u> 7,0	<u>67,46</u> 9,2	<u>58,95</u> 9,7	<u>21,42</u> 7,5
17	Dunne deklagen B	<u>55,45</u> 2,5	<u>62,35</u> 9,3	<u>70,56</u> 7,6	<u>82,37</u> 8,9	<u>84,18</u> 1,6	<u>75,27</u> 7,0	<u>67,46</u> 9,2	<u>58,95</u> 9,7	<u>18,52</u> 7,5

#### 4.5. Bepalen van de wegdekcorrectie uit de initiële wegdekcorrectie en C<sub>tijd</sub>

##### 4.5.1

De wegdekcorrectie voor octaafband  $i$ , voertuigcategorie  $m$  en snelheid  $v_m$  volgt uit  $\Delta L_{i,m}$ ,  $T_m$  en  $C_{tijd,i,m}$  volgens:

$$C_{wegdek,i,m}(v_m) = \sigma_{i,m} + \tau_m \log v_m / v_{0,m} \quad (4.16)$$

met

$$\sigma_{i,m} = \Delta L_{i,m} + C_{tijd,i,m} \quad (4.17)$$

De referentiesnelheid  $v_{0,m}$  is gelijk aan 80 km/u voor lichte motorvoertuigen ( $m = 1$ ) en 70 km/u voor middelzware en zware motorvoertuigen ( $m = 2$  of  $m = 3$ ).

##### 4.5.2

Voor middelzware voertuigen ( $m = 2$ ) wordt de wegdekcorrectie gelijkgesteld aan de wegdekcorrectie voor zware voertuigen.

##### 4.5.3

Om het effect van het wegdek op de geluidniveaus te kunnen beoordelen of te kunnen vergelijken met andere wegdektypen, is het wenselijk dat deze als ééngetalswaarde kan worden uitgedrukt. Om tot deze ééngetalswaarde te komen wordt gebruikgemaakt van een standaardspectrum voor wegverkeersgeluid. Het resultaat is een inschatting van het wegdekeffect in geluidberekeningen, maar geldt derhalve als indicatief.

De wegdekcorrectie,  $C_{wegdek,m}$ , in dB(A) wordt berekend volgens de formule:

$$C_{wegdek,m} = \sigma_m + \tau_m \log(v_m / v_{0,m}) \quad (4.18)$$

De waarde  $\sigma_m$  volgt uit  $\sigma_{i,m}$  en de octaafbandwaarden van het genormeerde standaardspectrum voor het geluid van wegverkeer,  $L_{weg,i,m}$ , uit tabel 4.3:

$$\sigma_m = 10 \log \left( \sum 10^{((\sigma_{i,m} + L_{weg,i,m})/10)} \right) \quad (4.19)$$

Tabel 4.3 Octaafbandwaarden  $L_{weg,i,m}$  voor octaafband i en voertuigcategorie m van het genormeerde standaardspectrum voor wegverkeersgeluid

i =	1	2	3	4	5	6	7	8
Middenfrequentie octaafband [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
$L_{weg,i,1}$ (lichte motorvoertuigen)	-24	-23	-21	-13	-2,5	-5	-13	-27
$L_{weg,i,3}$ (zware motorvoertuigen)	-17	-17	-15	-8	-3	-6,5	-14	-27

#### 4.6 Indeling wegdek in categorie

Een wegdekproduct wordt ingedeeld in een wegdektype gebaseerd op civieltechnische eigenschappen en de gemeten wegdekcorrectie. Bij het indelen in een wegdektype geldt de volgende op de eengetalswaarde geluidreductie gebaseerde, voorwaarde:

$C_{wegdek,lv,categorie} - C_{wegdek,lv,product} > 0,0$  als de indeling plaats vindt op basis van alleen lichte motorvoertuigen en  $C_{wegdek,m,categorie} - C_{wegdek,m,product} > -0,5$  als de indeling plaatsvindt voor zowel lichte als zware motorvoertuigen.

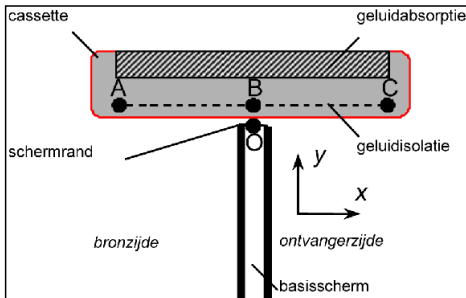
### 5. Rekenregel schermtop

#### 5.1. Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de waarde van de correctieterm van een schermtop ( $C_T$ ) als bedoeld in paragraaf 2.10 van hoofdstuk 2 van deze bijlage.

De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel is alleen toepasbaar voor een zogenaamde 'T-top', die voldoet aan de volgende geometrische randvoorwaarden (zie figuur 5.1):

- punt A ligt aan de weg- of bronzijde van het scherm. De (horizontale) afstand tussen punt A en punt B is ten minste 1,0 m. Punt A ligt ten minste op gelijke hoogte als punt B met een tolerantie van  $\pm 0,1$  m;
- bij de aansluiting van de T-top op het verticale scherm bij het punt O zijn spleten tot niet meer dan 10 mm toelaatbaar;
- punt C ligt aan de ontvangerzijde van het scherm. De (horizontale) afstand tussen punt B en punt C is ten minste 1,0 m. Punt C ligt ten minste op gelijke hoogte als punt B  $\pm 0,1$  m.



Figuur 5.1 Schematische weergave van de T-top.

Daarnaast gelden de volgende eisen aan geluidisolatie en -absorptie:

**Geluidisolatie van de T-top:** Tussen punten A en B en tussen punten B en C is geluidsisolerend materiaal aanwezig, waarvan de geluidisolatie ( $DL_R$ ) ten minste 20 dB(A) is, bepaald volgens NEN-EN 1793-2 voor het standaard-wegverkeersgeluidsspectrum. Voor gesloten (niet poreuze) panelen is hieraan voldaan als het oppervlaktegewicht op de lichtste plaats ten minste 15 kg/m<sup>2</sup> is.

**Geluidabsorptie van de T-top:** Het geluidabsorberend materiaal is over de gehele breedte tussen punten A en C aanwezig boven de geluidsisolerende panelen. Het geluidabsorberende materiaal bevindt zich niet onder de denkbeeldige lijn tussen punten A en C. De initiële geluidabsorptie van een nieuwe T-top is zodanig dat de niveaureductie door absorptie  $DL_a$ , zoals bepaald volgens NEN-EN 1793-1 ten minste 9 dB(A) is voor wegverkeerslawaai.

## 5.2. Rekenregel

De waarde van de correctieterm  $C_T$  is onafhankelijk van de frequentie en wordt voor iedere bronpunt – waarneempunt verhouding afzonderlijk berekend. De berekening gebeurt in twee stappen.

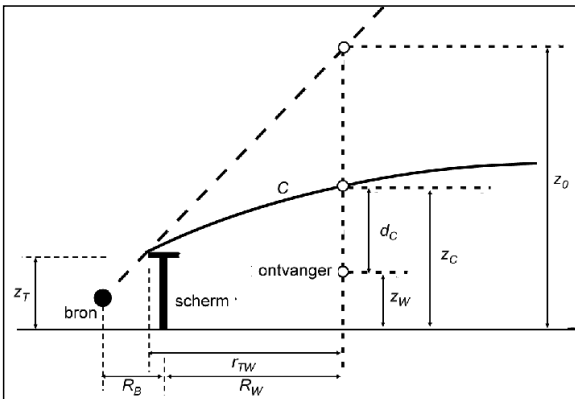
1. De eerste stap bepaalt een kromme C in het verticale vlak door een bronpunt en een waarneempunt. De kromme start voor elk sectorvlak in het punt op de rand van de schermtop aan de bronzijde. De kromme wordt beschreven volgens de formule:

$$z_C(r_{TW}) = z_0(r_{TW}) - \frac{r_{TW}}{C_1} - \left(\frac{r_{TW}}{C_2}\right)^2 \quad (5.1)$$

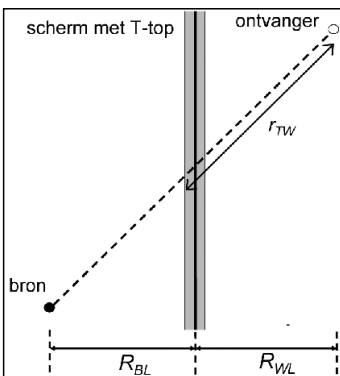
waarbij wordt verstaan onder:

$z_C(r_{TW})$ : de hoogte van de kromme C van de bron ter plaatse van het waarneempunt;  
 $z_0(r_{TW})$ : de hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt;  
 $r_{TW}$ : de horizontale afstand tussen de rand van de schermtop (aan de bronzijde) en de ontvanger;  
 $C_1$  en  $C_2$ : constanten.

De parameters zijn grafisch weergegeven in figuur 5.2 en figuur 5.3.



Figuur 5.2 Dwaarsdoorsnede van de berekening van de verticale afstand  $d_c$  tussen de kromme C en de ontvanger.



Figuur 5.3 Bovenaanzicht van de berekening van de afstand  $r_{TW}$  tussen het scherm en de ontvanger.

De verticale afstand  $d_c$  tussen de kromme C en het waarneempunt wordt berekend volgens de formule:

$$d_c = z_w - z_c \quad (5.2)$$

waarbij:

$z_w$ : de hoogte is van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil (horizontaal vlak waarin  $z=0$ ) [m];

$z_c$ : de hoogte is van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt [m]; en

de term  $d_c$  negatief als het waarneempunt lager is dan de kromme C.

2. In de tweede stap wordt de waarde van  $C_T$  bepaald volgens de in figuur 5.4 weergegeven procedure.

Naast de al vermelde parameters  $d_c$  en  $r_{TW}$ , zijn de volgende gegevens nodig:

$R_B$ : de horizontaal gemeten afstand tussen de bron en het geluidscherm langs een bepaald bron-waarneempunt-pad [m];

$R_W$ : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm langs een bepaald bron-

waarneempunt-pad [m];

$R_{BL}$ : de afstand tussen bron en geluidscherm gemeten langs de kortste verbindingslijn [m];

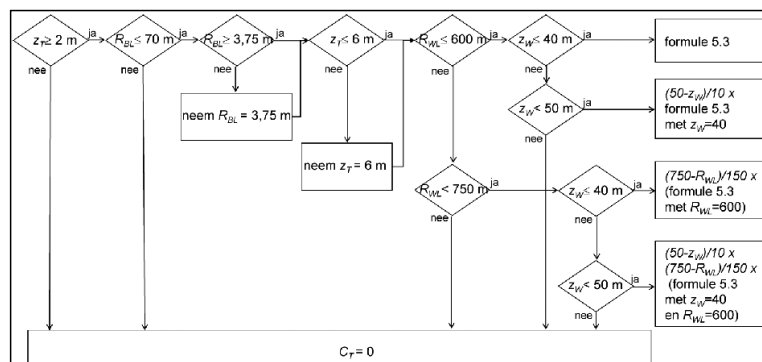
$R_{WL}$ : de afstand tussen geluidscherm en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindingslijn [m];

[m];

$z_T$ : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];

$z_W$ : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m].

Ook deze parameters zijn grafisch weergegeven in figuur 5.2 of figuur 5.3.



Figuur 5.4 Procedure voor de bepaling van de waarde van  $C_T$ .

De basisberekening van  $C_T$  is verloopt volgens de formule:

$$C_T = \begin{cases} A & \text{voor } d_c \leq -C_3 r_{TW} \\ C_3 r_{TW} - d_c & \text{voor } -C_3 r_{TW} < d_c < C_3 r_{TW} \\ 2C_3 r_{TW} & \text{voor } d_c \geq C_3 r_{TW} \\ 0 & \text{voor } \end{cases} \quad (5.3)$$

met:

$C_3$  en  $A$ : constanten.

De waarden van de constanten voor de in paragraaf 5.1 beschreven T-top zijn weergegeven in de onderstaande tabel. De constante  $C_0$  heeft als waarde de breedte van de rand van de T-top aan de wegzijde ten opzichte van het midden van het scherm.

**Tabel 5.1 Waarden van de constanten ter bepaling van de correctieterm voor een schermtop**

Constante	$C_0$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$A$
Waarde voor T-top	1,0	8,3	150	0,13	5,0

## 6. Rekenregel middenbermscherm

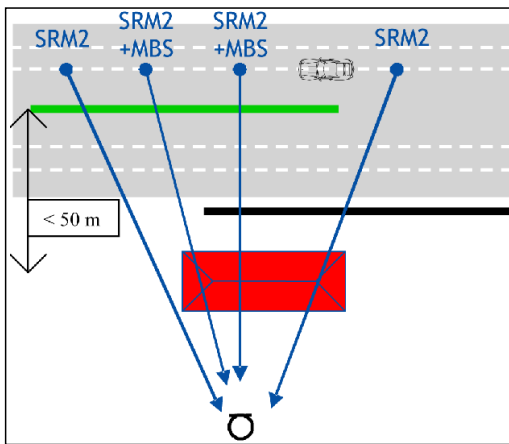
### 6.1. Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de waarde van de correctieterm voor een middenbermscherm als bedoeld in paragraaf 2.10 van deze bijlage.



De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel is alleen toepasbaar voor een zogenaamd middenbermscherm dat voldoet aan de volgende voorwaarden.

De middenbermcorrectie,  $C_{mbs}$ , is van toepassing op die afscherpende objecten die bestaan uit dunne wanden en waarvoor geldt dat in het pad tussen bron- en waarneempunt zich behalve het genoemde afscherpende object een tweede afscherpend object bevindt op een afstand van, loodrecht gemeten, ten hoogste 50 m en waarvan de hoogte ten minste gelijk is aan de bronhoogte. Daarnaast bevindt zich tussen beide afscherpende objecten ten minste één rijlijn. Als niet aan deze voorwaarden voldaan is, dan wordt de afscherpende werking van het 'middenbermscherm' op eenzelfde manier bepaald als van andere afscherpende objecten, zoals beschreven in paragraaf 2.10 van deze bijlage.



Figuur 6.1 Schematische weergave van situaties waarbij het effect van een middenbermscherm wordt bepaald volgens de rekenregel middenbermscherm.

Als het tweede afscherpende object een gebouw is, dan bevindt dat gebouw zich ook op een afstand van het middenbermscherm van ten hoogste 50 m. Deze afstand is gemeten loodrecht op het middenbermscherm en is de afstand tussen beide voor de afscherming bepalende diffractieranden. Zie figuur 6.1.

Het effect van een wand tussen de beide rijbanen in tunnelbakken, een soort middenbermscherm, wordt niet op deze wijze bepaald omdat deze situatie extra complex is en vooralsnog niet is geverifieerd of de effecten op een juiste wijze worden beschreven. Een weg wordt geacht in een tunnelbak te liggen als er sprake is van een betonnen bakconstructie waarbij het niveau van het wegdek ten minste 2 m onder het maaiveld ligt. Nader onderzoek naar toepassingsmogelijkheden voor tunnelbakken wordt nog uitgevoerd.

## 6.2. Rekenregel

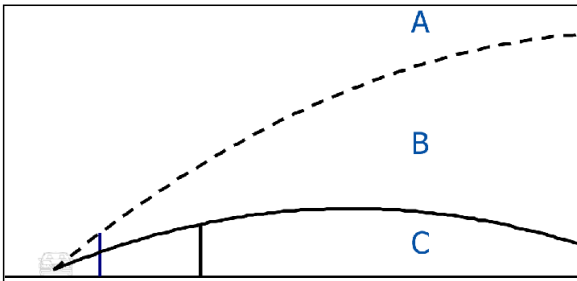
De correctieterm voor een middenbermscherm,  $C_{mbs}$ , wordt bepaald in twee stappen:

1. Er worden drie gebieden onderscheiden waarin het waarneempunt zich kan bevinden;
2. Per gebied wordt aangegeven hoe de middenbermcorrectie moet worden bepaald.

De middenbermcorrectie voor een waarneempunt is gelijk aan de middenbermcorrectie zoals die wordt bepaald voor het gebied waarin het waarneempunt zich bevindt.

*Stap 1: de te onderscheiden gebieden*

Er wordt onderscheid gemaakt in drie gebieden zoals weergegeven in figuur 6.2. De lijnen zijn respectievelijk de lijn van het bronpunt over het dichtstbijzijnde afschermdende object gebogen volgens de straal met een kromming als aangegeven in paragraaf 2.10 en de gebogen lijn over het verst afgelegen afschermdende object met eenzelfde kromming.



Figuur 6.2 Indeling van de gebieden ter bepaling van effect middenbermscherm; gebied A: het gebied boven beide lijnen; gebied B: het gebied tussen de twee lijnen; gebied C: het gebied onder beide lijnen.

Het waarneempunt ligt boven de gekromde lijn door de top van het middenbermscherm als:

$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{mbs}} \left[ z_{mbs} - \frac{R_{mbs}(R - R_{mbs})}{26R} - z_b \right] \quad (6.1)$$

Het waarneempunt ligt boven de gekromde lijn door de top van het zijscherm als:

$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{zs}} \left[ z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{26R} - z_b \right] \quad (6.2)$$

waarbij:

- $z_w$ : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil;
- $z_b$ : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil;
- $z_{mbs}$ : de hoogte van het middenbermscherm ten opzichte van het referentiepeil;
- $z_{zs}$ : de hoogte van het zijscherm ten opzichte van het referentiepeil;
- $R_{mbs}$ : de horizontale afstand tussen bron en middenbermscherm;
- $R_{zs}$ : de horizontale afstand tussen bron en zijbermscherm;
- $R$ : de horizontale afstand tussen waarneempunt en bronpunt.

Binnen de gebieden B en C wordt  $C_{mbs}$  berekend op basis van de hoek  $\xi$  tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Voor ontvangers binnen gebied B moet ook de hoek  $\psi$  tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron door de top van het zijscherm worden bepaald, zie figuur 6.3.

Figuur 6.3 Illustratie van de hoeken  $\xi$  en  $\psi$ .

- $\xi$ : de hoek tussen de raaklijnen in het bronpunt aan de gekromde lijnen van de bron over het maatgevende diffractiepoint van beide afschermdende objecten;
- $\psi$ : de hoek tussen de raaklijnen in het bronpunt aan de gekromde lijnen van de bron over het maatgevende diffractiepoint van het zijbermscherm en de gekromde lijn tussen het bronpunt en het waarneempunt.

De hoeken  $\xi$  en  $\psi$  worden berekend volgens de formules:

$$\xi = \xi_{mbs} - \xi_{zs} \quad (6.3)$$

$$\xi_{mbs} = \arctan \left\{ \frac{1}{R_{mbs}} \left[ z_{mbs} - \frac{R_{mbs}(R - R_{mbs})}{R} - z_b \right] + \frac{1}{26} \right\} \frac{180}{\pi} \quad (6.4)$$

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$$\xi_{zs} = \arctan \left\{ \frac{1}{R_{zs}} \left[ z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{R} - z_b \right] + \frac{1}{26} \right\} \frac{180}{\pi} \quad (6.5)$$

$$\varphi = \arctan \left\{ \frac{z_w - z_b + \frac{1}{26}}{R} \right\} \frac{180}{\pi} - \xi_{zs} \quad (6.6)$$

*Stap 2: Berekening van  $C_{mbs}$*

De waarde van  $C_{mbs}$  wordt als volgt bepaald:

$C_{mbs} = C_{mbs(A)}$  als het waarneempunt zich in gebied A bevindt;

$C_{mbs} = C_{mbs(B)}$  als het waarneempunt zich in gebied B bevindt;

$C_{mbs} = C_{mbs(C)}$  als het waarneempunt zich in gebied C bevindt.

*Bepaling  $C_{mbs(A)}$*

Voor waarneempunten in gebied A wordt  $C_{mbs(A)}$  bepaald volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 2.10 volgens de formule:

$$C_{mbs(A)} = H F(N_f) \quad (6.7)$$

waarbij:

$H$  de effectiviteit van het scherm is,

$F(N_f)$  een functie met argument  $N_f$  (het fresnelgetal) is;

*Bepaling  $C_{mbs(C)}$*

Voor waarneempunten in gebied C geldt een vaste waarde die wordt berekend aan de hand van hoek  $\xi$  (in graden) tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Hoek  $\xi$  wordt ter plaatse van de bron bepaald. De correctie wordt gegeven door:

$$\text{als } \xi \leq 0: \quad C_{mbs(C)} = 5 + \frac{5\xi}{6} \quad \text{met } C_{mbs(C)} \geq 0 \quad (6.8)$$

$$\text{als } \xi > 0: \quad C_{mbs(C),i} = 5 + \frac{5\xi}{3} \left( \frac{i}{8} \right) \quad \text{met } C_{mbs(C),i} \leq 5 + 5 \left( \frac{i}{8} \right) \quad (6.9)$$

waarbij  $i$  de octaafbandindex is.

*Bepaling  $C_{mbs(B)}$*

Voor waarneempunten in gebied B is de correctie afhankelijk van de ligging van het waarneempunt. Deze wordt uitgedrukt in de hoek  $\psi$  (in graden) tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron naar het zijscherm.  $C_{mbs(B)}$  wordt bepaald volgens de formules:

$$\text{als } 0 < \frac{\psi}{\xi} \leq \frac{1}{2}: \quad C_{mbs(B),i} = C_{mbs(C),i} + \left( \frac{2\psi}{\xi} \right) \left[ 5 + 2\xi \left( \frac{i}{8} \right) - C_{mbs(C),i} \right] \quad (6.10)$$

$$\text{als } \frac{1}{2} < \frac{\psi}{\xi} \leq 1: \quad C_{mbs(B),i} = 5 + 4\xi \left( 1 - \frac{\psi}{\xi} \right) \left( \frac{i}{8} \right) \quad (6.11)$$

$$\text{met } C_{mbs(B),i} \leq 5 + 20 \left( \frac{i}{8} \right)$$

waarbij  $i$  de octaafbandindex is.

De correctie in gebied B wordt alleen toegepast als de lijn door de top van het middenbermscherm hoger ligt dan die door de top van het zijscherm. De hoek  $\xi$  heeft dan een positieve waarde. In situaties waarin de hoek  $\xi$  negatief is (bij een relatief laag middenbermscherm) worden waarneempunten binnen gebied B behandeld zoals in gebied C.

**7. Meet- en rekenregel-Reken- en meetvoorschrift diffractor**

## 7.1 Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de correctieterm voor een diffractor als bedoeld in paragraaf 2.10 van deze bijlage. De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel voor  $C_{diff}$  is alleen toepasbaar voor een zogenaamde diffractor die niet op een afschermend object of grondlichaam is geplaatst op maaiveldniveau is ingegraven. Deze is niet toepasbaar bij een diffractor op een afschermend object of grondlichaam. De rekenregel voor  $C_{s,diff}$  is alleen bedoeld voor een diffractor die op een geluidscherm als schermtop is toegepast.

## 7.2 Rekenregel $C_{diff}$

Het diffractoreffect van een diffractor die op maaiveldniveau is ingegraven wordt berekend volgens de formule:

$$C_{diff} = C_{i,diff,hard} \cdot \max\{0, (1 - 0,6 \cdot B_{voor} - 0,6 \cdot B_{na})\} \cdot \max\{\min[1 + 10 \cdot (N_f + 0,1), 1], 0\} \quad (7.1)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$C_{i,diff,hard}$ : het diffractoreffect met een nabijgelegen volledig harde bodem voor octaafbandindex  $i$ ;  
 $B_{voor}$ : de gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de bron met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand diffractor);  
 $B_{na}$ : de gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de ontvanger met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand van de diffractor);  
 $N_f$ : het fresnelgetal.

Het fresnelgetal  $N_f$  wordt bepaald volgens de methode beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:

$$z_B = z'_B + \Delta h \quad (7.2a)$$

$$z_T = z'_T + \Delta h \quad (7.2b)$$

$$z_W = z'_W \quad (7.2c)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$z'_B$ : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil [m];  
 $z'_T$ : de hoogte van het midden van de diffractor, vermeerderd met 65 cm, ten opzichte van het referentiepeil met een maximum waarde gelijk aan  $z'_B - 10$  cm [m];  
 $z'_W$ : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m]; en

$$\Delta h = \max\{0, 2 \cdot \min[15, R - 5]/15\} \quad \text{voor } i \leq 5 \quad (7.3a)$$

$$\Delta h = \max\{0, 2 \cdot \min[30, R - 5]/30\} \quad \text{voor } i \geq 6 \quad (7.3b)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$R$ : de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt [m].

In het geval van afscherming achter de diffractor, vanuit de bron gezien, wordt het fresnelgetal bepaald door de positie van de top van het maatgevende scherm als waarneempunt te beschouwen. In het geval van afscherming voor de diffractor wordt het fresnelgetal bepaald door de positie van de top van dit scherm als bronpositie te beschouwen.

$C_{i,diff,hard}$  wordt berekend volgens de formules:

$$C_{i,diff,hard} = \max\{0, -0,7 \cdot \max[r_d - 1,7 - d_d/2, 0] \cdot \cos(\min[|\theta|, 60]) + A_{i,diff}\} \quad \text{voor } A_{i,diff} > 0 \quad (7.4a)$$

$$C_{i,diff,hard} = \min\{0, +0,3 \cdot \max[r_d - 1,7 - d_d/2, 0] \cdot \cos(\min[|\theta|, 60]) + A_{i,diff}\} \quad \text{voor } A_{i,diff} < 0 \quad (7.4b)$$

$$C_{i,diff,hard} = 0 \quad \text{voor } i = 1, 7 \text{ en } 8 \quad (7.4c)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$A_{i,diff}$ : de producteigenschap van de diffractor voor octaafbandindex  $i$  [dB];  
 $d_d$ : de totale breedte van de diffractor [m];  
 $rd$ : de afstand van het rijlijnsegment tot het midden van de diffractor [m];  
 $\theta$ : de hoek, beschouwd in het horizontale platte vlak, van de zichtlijn met de normaal van de diffractor [°].

### **7.3 Rekenregel $C_{s,diff}$**

Bij het toepassen van de diffractor op een scherm wordt de hoogte van de top van de afscherming ( $z_T$ ) bepaald door de hoogte van het scherm inclusief de extra hoogte van de diffractor. Het diffractoreffect wordt berekend met de volgende formule:

$$C_{s,diff} = \begin{cases} 0,20 A_{i,s,diff} D_{scherm}(N_f) & \text{als } A_{i,s,diff} < 0 \\ 0,05 A_{i,s,diff} D_{scherm}(N_f) & \text{als } A_{i,s,diff} \geq 0 \end{cases} \quad (7.5)$$

en

$$D_{scherm}(N_f) = 10 \lg [\max(1; 20 N_f + 3)] \quad (7.6)$$

Met:

$A_{i,s,diff}$ : de producteigenschap van de diffractor voor octaafbandindex  $i$  bepaald volgens de meetmethode uit 7.5

$N_f$ : het fresnelgetal

Het fresnelgetal  $N_f$  wordt bepaald volgens de methode beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:  $z_B$ : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil.

$z_T$ : de hoogte van het scherm inclusief diffractor, ter plaatste van het diffractiepunt, vermeerderd met 65 cm ten opzichte van het referentiepeil

$z_W$ : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil.

### **7.3.4 Meettechnische bepaling producteigenschappen van een ingegraven diffractor**

#### **7.3.4.1 Algemeen**

De producteigenschappen  $A_{i,diff}$  worden volgens de regels in dit hoofdstuk bepaald.

Deze methode is geschikt voor het bepalen van akoestische eigenschappen van een diffractor onder de volgende voorwaarden:

De diffractor is bedoeld om langs een weg geplaatst te worden op dezelfde hoogte als de weg.

Metingen van de geluiddruk worden uitgevoerd met een afgedekte en onafgedekte diffractor.

Een geluidbron, zoals een luidspreker, wordt dicht bij de grond gebruikt.

Een akoestisch harde bodem is aanwezig tussen de geluidbron en de microfoonpositie.

De akoestische eigenschappen worden bepaald in 1/3 octaafbanden van 100 tot en met 2.500 Hz.

De omrekening naar octaafbanden vindt plaats door toepassing van het standaard geluidsspectrum voor wegverkeer zoals opgenomen is in NEN-EN 1793-3:1997.

#### **7.3.4.2 Meetopstelling en omstandigheden**

Eisen meetopstelling:

Harde, vlakke bodem;

Ingegraven diffractor;

Geen reflecterende objecten in de omgeving;

Minimale lengte diffractor van 30 m;

Afdeklatten met voldoende massa om een akoestisch harde bodem te representeren (kunststof rijplaten).

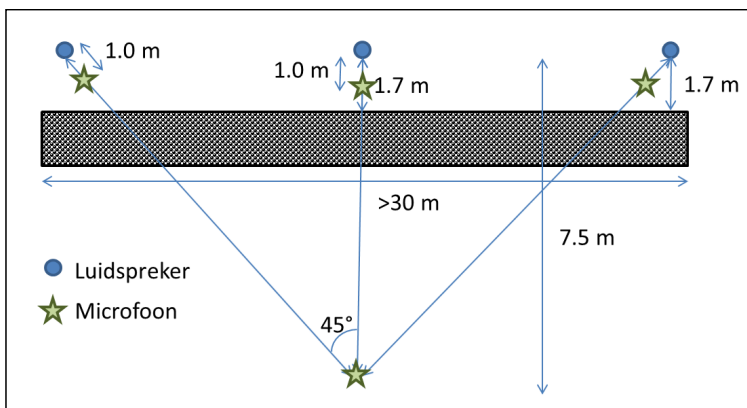
De metingen voldoen aan NEN-EN 1793-4:2015 op de volgende aspecten:

Meetapparatuur;  
 Testsignaal;  
 Achtergrondgeluid;  
 Wind;  
 Temperatuur.

Metingen worden uitgevoerd met een luidspreker met een hoogte tussen 10 en 20 cm boven de bodem (het wegdek), op een afstand van 1,70 m tot de voorste rand van de diffractor. De microfoon bevindt zich op 1,20 m hoogte en op 7,5 m afstand van de luidspreker. Daarnaast wordt er gemeten met twee aanvullende luidsprekerposities. Deze metingen vinden plaats onder een hoek van +45° en -45°. De afstand tussen microfoon en luidspreker is hier  $7.5 \cdot \sqrt{2} = 10,6$  m. Eventueel kan alleen onder een hoek van +45° of -45° gemeten worden waarbij het meetresultaat voor beide hoeken geldt. Dan reduceert de minimale lengte van de diffractor tot 22,5 m.

Een tweede (referentie) microfoon voor het bepalen van de bronsterkte wordt op 1 m van de luidspreker geplaatst.

De bron- en meetposities zijn weergegeven in figuur 7.1.



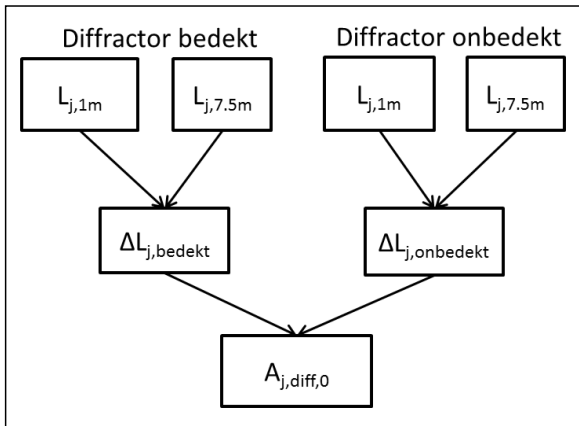
Figuur 7.1 Schematische voorstelling van de meetposities met hoeken  $\theta$  van -45°, 0° en 45°.

### 7.34.3 Meetprocedure

Voor iedere meetpositie wordt een geluidoverdrachtmeting uitgevoerd met zowel een afgedekte als onafgedekte diffractor. Voor het volledige frequentiebereik van 100 tot en met 2.500 Hz wordt, per 1/3 octaafband, het verschil in niveau op de referentiepositie (1 m van de luidspreker) en op de testmicrofoon gemeten bepaald.

Voorafgaand aan de metingen met afgedekte diffractor wordt, met dezelfde procedure, een meting op een vlakke volledig harde bodem uitgevoerd. De meetopstelling met afgedekte diffractor is geschikt voor gebruik als voor iedere 1/3 octaafband het verschil tussen de meting op harde bodem en die met de afgedekte diffractor kleiner is dan 2dB.

Deze meetprocedure is geïllustreerd in figuur 7.2



Figuur 7.2 Bepaling van het diffractoreffect per 1/3 octaafband  $A_{j,diff,0}$  bij één hoek (hier  $0^\circ$ ).

Per 1/3 octaafband  $j$  wordt  $A_{j,diff,0}$  berekend volgens de formule:

$$A_{j,diff,0} = \Delta L_{j,onbedekt} - \Delta L_{j,bedekt} \quad (7.57)$$

waarbij:

$$\Delta L_j = L_{j,7.5m} - L_{j,1m} \quad (7.68)$$

De meetprocedure wordt herhaald voor  $-45^\circ$  en  $+45^\circ$ .

Vervolgens wordt per 1/3 octaafband het effect van de drie hoeken energetisch gemiddeld door

$$A_{j,diff} = -10 \lg \left( \frac{10^{(A_{j,diff,-45}/10)}}{3} + \frac{10^{(A_{j,diff,0}/10)}}{3} + \frac{10^{(A_{j,diff,+45}/10)}}{3} \right) \quad (7.79)$$

Het effect per octaafband,  $A_{i,diff}$ , wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 3 1/3 octaafband waarden in het betrokken octaafband te wegen met het wegverkeerspectrum uit NEN=EN 1793-3:1997.

#### 7.34.4 Akoestisch rapport

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld. In dit rapport zijn ten minste de volgende gegevens opgenomen:

- Naam van het meetbureau;
- Datum en locatie testmetingen;
- Omschrijving resultaat controlemeting bij harde bodem en afgedekte diffractor;
- Omschrijving van de meetlocatie;
- Beschrijving van de gebruikte meetapparatuur;
- Foto's van de meetopstelling en geteste diffractor zowel bedekt als onbedekt;
- Omschrijving van de diffractor, waaronder type, afmetingen, waaronder de breedte, en fabrikant;
- Meteorologische omstandigheden;
- Resultaten van de metingen in 1/3 octaafbanden;
- Rapportage van  $A_{i,diff}$  in 1/3 octaafbanden en in 1/1 octaafbanden.

## **7.5 Meettechnische bepaling producteigenschappen van een diffractor op scherm**

### **7.5.1 Meetmethode**

De producteigenschappen  $A_{i,S,diff}$  worden bepaald door metingen uit te voeren volgens de norm NEN-EN 1793-4:2015. Dit betreft het uitvoeren van geluidoverdrachtmetingen aan een testopstelling met een 4 meter hoog geluidsscherm, met en zonder de diffractor.

Bij de meting met de diffractor op het scherm moet de geometrie van bron- en ontvangerposities worden opgehoogd met de extra hoogte van de diffractor. Deze extra hoogte moet expliciet worden opgenomen in de meetrapportage.

Het resultaat van de metingen is een zgn. diffractie index, die een maat is voor het extra effect van de schermtop, ten opzichte van het basisscherm zonder top.

Ten opzichte van NEN-EN 1793-4:2015 worden de volgende afwijkingen toegepast:

- Metingen worden alleen uitgevoerd met een reflecterend scherm
- De uiteindelijke middeling van het diffractoreffect voor de verschillende meetposities wordt lineair in plaats van energetisch uitgevoerd.

Voor het middelen van de posities geldt het volgende. Eerst wordt voor iedere 1/3 octaafband (j) per hoek (h=0 of h=45 graden voor ieder van de meetposities (k=1 t/m 5) en bronhoogte (b=1 t/m 2) voor het scherm met diffractor (t=1) en scherm zonder diffractor (t=2) de diffractie index bepaald conform onderstaande formule.

$$DI_{j,k,b,h,t} = -10 \lg \left( \frac{\int_{\Delta f_j} |F[h_{akbh}(t)w_{akbh}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j} |F[h_{ikbh}(t)w_{ikbh}(t)]|^2 df} \right) \quad (7.10)$$

Vervolgens wordt per meetpunt k het verschil bepaald tussen  $DI_{j,k}$  bepaald voor het scherm met diffractor en zonder diffractor volgens:

$$DI_{j,k,b,h} = DI_{j,k,b,h,t=1} - DI_{j,k,b,h,t=2} \quad (7.11)$$

Vervolgens vindt lineaire middeling plaats over alle meetposities k (5), hoeken h (2), en bronhoogtes b (2) volgens:

$$DI_j = \frac{1}{20} \sum_{b=1}^2 \sum_{h=1}^2 \sum_{k=1}^5 DI_{j,k,b,h} \quad (7.12)$$

Het effect per octaafband,  $A_{i,S,diff}$ , wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 1/3 octaafband waarden in het betrokken octaafband te wegen met het wegveerspectrum uit NEN=EN 1793-3:1997.

### **7.5.2 Akoestisch rapport**

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld conform de vereisten in de meetnorm EN 1793-4. Aanvullend wordt de extra hoogte van bron- en ontvangerposities die is aangehouden bij de meting met de diffractor op het scherm vermeld.

## **8. Toelichting**

### **8.1. Begrippen**



In de definitie van maatgevende verkeersintensiteit worden de termen 'het voor de geluidbelasting bepalende jaar' en 'een representatief tijdvak' gebruikt. Het akoestisch onderzoek richt zich, voor wegen zonder geluidproductieplafond, op het maatgevende (dat wil zeggen het voor de geluidbelasting bepalende) jaar en (in dat jaar) op een periode die in akoestische zin, voor het gehele jaar representatief is. Voor zulk een periode (het representatieve tijdvak) wordt het zogenaamde langtijdig equivalente geluidniveau bepaald. Als de ene dag ten aanzien van verkeersintensiteiten en verkeerssamenstelling niet significant verschilt van een andere dag, dan hoeft het representatieve tijdvak niet langer dan een dag te zijn. Daar waar periodieke verschijnselen optreden met betrekking tot het verkeersbeeld, moeten langere tijdvakken worden beschouwd. De in het tijdvak van het voor de geluidbelasting bepalende jaar optredende variabele intensiteiten worden rekenkundig gemiddeld tot een representatieve verkeersintensiteit: de maatgevende verkeersintensiteit.

Voor wegen die op de met een geluidproductie, is het akoestisch onderzoek niet gericht op het maatgevende jaar, maar op het geldende geluidproductieplafond. Alle benodigde gegevens voor het opnemen van de bron in het akoestisch onderzoek zijn te vinden in een openbaar geluidregister. Bij gebruik van de geluidbrongegevens kan het nodig zijn om nadere detaillering in te voeren. Zo kan in de geluidbrongegevens er één lijn per rijbaan zijn gehanteerd terwijl dit voor de berekening op woningniveau moet worden opgesplitst in meerdere rijlijnen.

Als de representatief te achten snelheid kan in principe de maximale wettelijke snelheid worden aangehouden. Als echter wordt aangetoond dat deze wettelijke snelheid niet overeenkomt met de gemiddelde snelheid op het geluidemissietraject, dan kan hiervan gemotiveerd worden afgeweken.

In het tweede lid zijn categorieën motorvoertuigen onderscheiden. Gebleken is dat motorrijwielen niet meer dan een zo gering deel uitmaken van de totale verkeersstroom, dat ze doorgaans ook geen significante invloed hebben op het equivalente geluidniveau. Ze zijn daarom niet opgenomen in de in ogenschouw te nemen categorieën motorvoertuigen. Overigens wordt geen uitspraak gedaan over de hinderlijkheid van motorrijwielen. Door bepaald rijgedrag en de staat van onderhoud kunnen motorrijwielen soms als bijzonder hinderlijk worden ervaren.

De gegeven categorie-indeling is gekozen om visuele verkeerstellingen mogelijk te maken. Automatische telapparatuur is vaak gebaseerd op een afwijkende categorie-indeling (bv met als onderscheidend criterium de lengte van de voertuigen). De categorie-indeling van de automatische tellingen kan meestal niet een op een worden 'terugvertaald' naar de categorie-indeling van deze bijlage. De verschillen in het equivalente geluidniveau die hierdoor zullen optreden, zijn meestal gering, zodat het gebruik van de geautomatiseerde telcijfers geen bezwaar hoeft te ontmoeten. Er moet wel een verantwoording worden gegeven waaruit blijkt dat het verschil bij de gebruikte telmethode op het betrokken wegtype gering is (minder dan een halve decibel). Deze verantwoording hoeft niet voor ieder individueel akoestisch onderzoek te worden afgelegd. Volstaan kan worden met een verantwoording per telmethode, zo nodig uitgesplitst naar de verschillende verkeerssamenstellingen die kunnen voorkomen op de wegen waarop de automatische telling wordt uitgevoerd.

## **8.2. Standaardrekenmethode**

### **8.2.1. Algemeen**

De standaardrekenmethode kent een zeker toepassingsgebied. Omdat het onmogelijk is om in deze regeling een methode te geven die in alle mogelijke gevallen toepasbaar is, wordt per onderdeel van de rekenmethode aangegeven onder welke omstandigheden nader onderzoek op dat onderdeel noodzakelijk is.

### **8.2.2. De hoofdformule**

De gegeven formules 2.1 en 2.2 zijn afgeleid uit de definitie van het equivalente geluidniveau  $L_{Aeq}$  die volgens NEN-ISO 1996-1:2016 luidt:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \quad (8.1)$$

waarin  $t_1$  en  $t_2$  respectievelijk de begin- en eindtijd zijn van een gespecificeerd tijdinterval in seconden,  $p_A(t)$  de momentane A-gewogen geluidsdruk (in Pa) en  $p_0$  de referentiegeluidsdruk van 20  $\mu$ Pa is.

De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten:

- 180° als  $L_{Aeq}$  dient voor het berekenen van het geluid op een geluidgevoelig gebouw; of
- 360° in andere situaties.

### 8.2.3. Reflecties

Bij oneffenheden van het reflecterende oppervlak moet bij gevels worden gedacht aan balkons, galerijen, trappenhuis en dergelijke. Als het bron- of waarneempunt zich op korte afstand hiervan bevindt, kan het verstrooiend effect van de oneffenheden leiden tot geluidniveaus die niet overeenkomen met de uitkomsten van deze rekenmethode. Een nader onderzoek, bijvoorbeeld praktijk- of schaalmodelmetingen, kan hierin uitkomst brengen. Als het waarneempunt zich op de gevel bevindt (dit is het geval wanneer de geluidbelasting van de gevel moet worden vastgesteld), is bovenstaande uiteraard niet van toepassing op het waarneempunt.

In sommige gevallen hebben gebruikte databestanden een hoge mate van detaillering. Hierdoor kan het zijn dat een object uit een groot aantal zeer kleine vlakjes bestaat, of dat meerdere aaneengesloten objecten een groter object vormen. In dit geval wordt er gekeken of het samenstel van objecten of vlakken groot genoeg is. Vervolgens wordt alleen gerekend met het vlak dat door de zichtlijn wordt doorsneden alsof dit vlak met al de bijbehorende eigenschappen de gehele sectorhoek doorsnijdt. In de praktijk kan voor de toets of een object groot genoeg is in een 2D vlak gekeken worden of meerdere objecten elkaar raken. Dan worden deze objecten als 1 object beschouwd en wordt gekeken of dit object de gehele sectorhoek doorsnijdt. Bij reflecties in hellende objecten wordt de spiegelbron in het schuine scherm gespiegeld. Hierbij krijgt deze spiegelbron een andere hoogte. Dit heeft effect op de verdere overdracht. Voor het bepalen van de bodemdemping zou in feite het bodemverloop mee moeten worden gespiegeld. Het handhaven van de bronhoogte voor de bodemdemping heeft echter hetzelfde effect. De mate van reflectie wordt ook bepaald door de hoogte van het reflecterend oppervlak. Om dit te bepalen wordt de overlap van de Fresnelzone met het scherm berekend.

### 8.2.4. Het geluidgeluidemissiegetal $L_e$

De geluidemissiegetallen voor lichte motorvoertuigen zijn niet aangepast ten opzichte van de geluidemissiegetallen in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012. De emissies zijn bepaald op basis van emissiemetingen in 2009 en 2010.

Er is een logaritmisch verband aangenomen tussen het bronvermogen en de snelheid, dat naar onderen extrapoleerbaar is tot 30 km/u en naar boven tot 110 km/u in geval van de middelzware en zware motorvoertuigen en tot 160 km/u in geval van lichte motorvoertuigen.

Op het geluidemissiegetal wordt een correctie voor het wegdektype toegepast. In het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 werd voor de wegdekcorrectiefactoren van standaard wegdektypen en producten van producenten verwezen naar de website [www.stillerverkeer.nl](http://www.stillerverkeer.nl). In deze regeling wordt niet naar deze website verwezen, maar zijn de wegdekcorrecties opgenomen in deze bijlage. Dit zijn alleen wegdekcorrecties voor standaardwegdekken die ook als wegdektype beschouwd kunnen worden. Dit houdt in dat er bij berekeningen gebruik moet worden gemaakt van deze correcties. Op deze manier wordt bij de berekening van het geluid van een weg van min of meer stabiele waarden uitgegaan. Dit past beter bij het stelsel van geluidproductieplafonds als

omgevingswaarden en de basisgeluidemissie. De correcties worden toegepast bij wegdektypen en niet bij wegdekproducten, omdat de gerapporteerde wegdekcorrecties bij wegdekproducten regelmatig kunnen wijzigen. Een dergelijke wijziging kan gevolgen hebben voor de monitoring van de geluidproductieplafonds als omgevingswaarden. Er zou een overschrijding of onderschrijding kunnen worden geconstateerd, alleen omdat de wegdekcorrecties zijn aangepast terwijl het wegdek zelf niet is gewijzigd. Een wegdekproduct, dat wil zeggen een producent-specifiek product, zal, gebaseerd op metingen, in een van de wegdektypen ingedeeld worden op basis van de procedure in hoofdstuk 4.

### 8.2.5. De optrektoeslag $\Delta L_{op}$

Dat in de omgeving van kruispunten en andere punten waar sprake is van afremmen en optrekken een andere geluidbelasting wordt gevonden dan bij vrij doorstromend verkeer, is voornamelijk een gevolg van een toenemende geluidemissie bij het accelereren van de individuele voertuigen. Op grond hiervan zou dus eigenlijk sectorgewijs een optrektoeslag bij het geluidemissiegetal  $L_E$  (§ 2.4) moeten worden opgeteld. Een goed rekenmodel ter bepaling van deze optrektoeslag vereist echter zoveel – vaak niet voorhanden zijnde – invoergegevens, dat hier is gekozen voor een sterk geschematiseerd model.

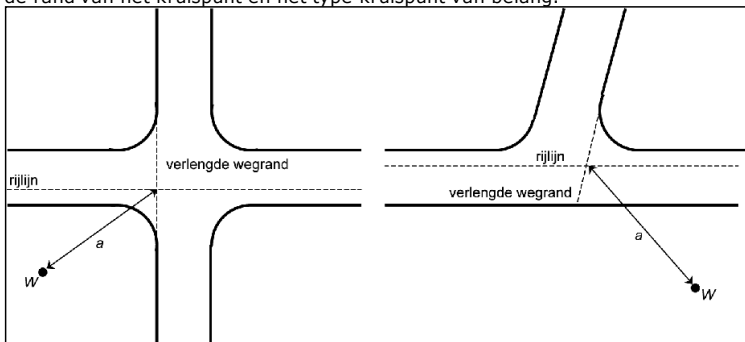
Door de in formule 2.2 gekozen rekenwijze te volgen moet in iedere sector en iedere octaafband een optrektoeslag in rekening worden gebracht. De correctie is afhankelijk van de voertuigcategorie.

De optrektoeslag  $\Delta L_{op}$  brengt het effect in rekening van afremmend en optrekkend verkeer nabij kruisingen van wegen en het effect van snelheidsbeperkende obstakels zoals minirotondes, verkeersdrempels en dergelijke. Het is niet bedoeld voor de modellering van verkeer in files of verkeersopstoppingen.

De met de gegeven formules te berekenen toeslagen geven de toeslag op het geluidniveau weer ten opzichte van een situatie waar het verkeer met een constante snelheid van 50 km/u rijdt. Voor wegen met een rijdsnelheid van 30 km/u geldt geen optrektoeslag. Bij die wegen is het optrekken zeer beperkt tot de lage snelheid. Ook zal er meestal geen sprake zijn van een significante afname van rijdsnelheid door obstakels.

### 8.2.6. De kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$

In figuur 6.2 wordt aan de hand van een voorbeeld toegelicht hoe de afstand  $a$  wordt bepaald in het geval van een kruispunt. Bij de berekening zijn alleen de afstand  $a$  van het waarneempunt tot de rand van het kruispunt en het type kruispunt van belang.



Figuur 6.2 Twee voorbeelden van de bepaling van de afstand  $a$ . In de punten  $W$  wordt het  $L_{Aeq}$  vanwege de geschetste rijlijnen berekend.

### 8.2.7. De bodemdemping $AL_b$

Het absorberende effect van geluidabsorberende wegdektypen op de overdracht wordt in de berekeningen meegenomen. Dit is relevant voor brede wegverhardingen, zoals meerstrooks auto(snel) wegen. Omdat de methode voor bepaling van de wegdekcorrectie (ook) rekening houdt met de absorberende eigenschappen van het wegdek, wordt het weggedeelte onder de rijlijn als akoestisch hard gemodelleerd.

Voor de bepaling van de absorptie in het brongebied wordt een vaste strook hard bodemgebied onder de rijlijn gedefinieerd, waardoor het eerste deel van de geluidoverdracht altijd over een reflecterende bodem plaatsvindt. De lengte van dit gedeelte is voor elke sector verschillend. De lengte  $X$  is proportioneel gemaakt ten opzichte van lengte  $Y$ , via de formulering  $X/\sin(\theta)$ .

De gekozen aanpak (met een vaste afstand van 5 m loodrecht op de rijlijn met akoestisch harde bodem) wordt alleen gebruikt als er onder een bronpunt een significant absorberend wegdektype aanwezig is (ZOAB, (Fijn) tweelaags ZOAB). Voor de overige situaties wijzigt de methode voor het bepalen van de gemiddelde absorptiefraction niet. Het vlak onder het bronpunt (dat gemodelleerd is op basis van de werkelijke grenzen van het wegdek) heeft een absorptiefraction van 0.

### 8.2.8. De schermwerking $AL_{sw}$

In paragraaf 2.10 is de mogelijkheid opgenomen om rekening te houden met het (positieve) effect van een zogenaamde schermtop op de schermwerking. Dit effect is met een aparte term in de formule voor de bepaling van de schermwerking beschreven. Omdat er strikt genomen overlap bestaat tussen deze correctieterm ( $C_T$ ) en de profielafhankelijke correctieterm ( $C_P$ ) wordt in tabel 2.9 bepaald dat de laatste term 0 is als gebruikt wordt gemaakt van de correctie voor een schermtop.

De rekenregel om de waarde van deze correctieterm te kunnen bepalen is opgenomen in hoofdstuk 5 van deze bijlage. Deze rekenregel is toepasbaar voor alle gangbare schermtypen, waarbij in het geval van reflecterende schermen wordt gewerkt met een spiegelbron.

Van tabel 2.9 afwijkende profielen zijn onder andere overhuivingen, gehele of gedeeltelijke overkappingen, wegen in ingravingen met een tophoek tussen de 165° en 180°.

Wanneer een weg aan beide zijden wordt voorzien van een (hoog) reflecterend geluidsscherm, ontstaat door reflectie en interferentie in de ingesloten ruimte een zeer complex geluidsveld, waardoor de met het afschermingsmodel berekende geluidniveaus vooral op waarneempunten gelegen in de buurt van de zichtlijnen van het scherm, niet altijd voldoende betrouwbaar kunnen zijn. Dit geldt ook voor specifieke schermconstructies, zoals luifels en overkappingen. Als de situatie daartoe aanleiding geeft, kan met meerdere reflecties gerekend worden. In dergelijke gevallen kan nader onderzoek met meer geavanceerde modellen nodig zijn.

### 8.2.9. De niveaureductie bij reflecties

Bij reflectie op een scherm wordt gekeken naar de overlap van de Fresnel zone op de scherm. Dit geeft een maat van het percentage geluid dat wordt gereflecteerd. Hiermee heeft het formaat van een scherm ook invloed op de mate van reflectie. Daarnaast hebben de schermeigenschappen gevolgen voor de mate van reflectie. Er wordt alleen gekeken in het 2D vlak bij de zichtlijn voor het bepalen van de overlap.

Bij reflectie op een geluidabsorberend scherm kan de frequentieafhankelijke absorptieterm  $\alpha$  (in paragraaf 2.11) worden afgeleid uit een door de fabrikant van de constructie te verstrekken absorptiespectrum. De bepaling van een dergelijk absorptiespectrum moet hebben plaatsgevonden

in een onafhankelijk, gespecialiseerd laboratorium en volgens een aangegeven verifieerbare methode.

#### **8.2.10. De meteocorrectieterm**

Ten opzichte van het Reken en meetvoorschrift geluid 2012 is de wijze waarop rekening wordt gehouden met de meteocorrectieterm gewijzigd. In het verleden werd geen rekening gehouden met de richting van het geluid. In navolging van de Europese methode Cnossos-EU is gekeken naar het effect van verschillende richtingen in een windroos bij de voortplanting van geluid. Hierop is de maximale waarde van de meteocorrectieterm aangepast. Deze is nu afhankelijk van de richting en van de etmaalperiode. Uit onderzoek is gebleken dat er, jaargemiddeld, geen significant verschil is tussen de avond- en nachtperiode. Ook blijkt de locatie in Nederland geen invloed te hebben op de mate van gunstige overdracht per richting. Hierdoor kan voor heel Nederland worden volstaan met de in paragraaf 2.9 genoemde formules.

#### **8.3. Standaardmeetmethode**

Bij het uitvoeren van metingen volgens de standaardmeetmethode moet er inzicht zijn in de rol en het doel van de metingen. Als het om toetsing aan normen gaat, binnen het kader van deze bijlage, dan kunnen metingen een rol hebben als rekenmodellen tekortschieten. Deze schieten tekort als ze gebruikt worden buiten het toepassingsgebied waar ze voor bedoeld zijn. In sommige gevallen is er een klein deel van de berekening die buiten het toepassingsgebied valt. In dat geval kan voor die deelbijdrage worden gedacht aan metingen.

Een exacte beschrijving van het toepassingsgebied van de rekenmethode is niet gegeven. Buiten het toepassingsgebied vallen bijvoorbeeld de gevallen waarvan is aangegeven dat nader onderzoek noodzakelijk is en situaties waarin de standaardrekenmethode niet voorziet.

Het kan ook voorkomen dat er gebruik wordt gemaakt van een specialistische rekenmethode, als een specifieke situatie buiten het toepassingsgebied valt van de meet- en rekenmethode. Een dergelijke methode is niet voor te schrijven, omdat deze afhankelijk is van de situatie.

Het meten van een  $L_{den}$  volgens de ISO-norm (NEN-ISO 1996-2:2017) is in het algemeen complex, omdat over een groot aantal variabelen moet worden nagedacht bij het plannen en uitvoeren van de metingen. De uitwerking van de metingen is erop gericht inzicht te geven in de representativiteit en betrouwbaarheid van de  $L_{den}$ -waarde. Vooral bij langdurige onbemande metingen is een systematische en zorgvuldige analyse van de meetonzekerheid van belang, omdat de resultaten door tal van factoren onbedoeld kunnen worden beïnvloed. Toch is langdurig meten vaak juist nodig om een resultaat te verkrijgen dat een representatief beeld geeft.

De eenvoudige meetmethode kan onder zekere voorwaarden worden gebruikt om met onbemande langdurige metingen een indicatie te verkrijgen van  $L_{den}$ . De meteorologische criteria onder punt D van de eenvoudige methode worden gebruikt om een representatief jaargemiddelde te bepalen zonder dat correcties nodig zijn voor afwijkingen in de overdracht en de emissie. In het algemeen geldt met deze criteria, die zijn gebaseerd op een minimale meetperiode van twee maanden, dat metingen in enkel de wintermaanden of enkel de zomermaanden niet voldoen. Als aan een van deze criteria niet wordt voldaan, moet langer worden gemeten. Bij het besluit om wel of niet langer door te meten kan gebruik worden gemaakt van KNMI-data die daags na elke meetdag beschikbaar komen (toetsing aan de meteorologische criteria). Opmerking: KNMI-uurgegevens zijn opgegeven in Universal Time. Deze moeten worden omgezet naar de tijdrekening van het geluidmeetstation.

De verwerking van meetresultaten kan deels worden geautomatiseerd met spreadsheets met draaitabellen, of met scripts. Om de verwerking in goede banen te leiden, vooral de bepaling van de meetonzekerheid, moet de in het voorschrift aangegeven volgorde worden gevolgd. Hoewel het

daarbij gaat om een vereenvoudigde aanpak ten opzichte van de ISO-norm, kan men bij grote aantallen meetgegevens gemakkelijk het spoor bijster raken. Als leidraad voor de verwerking worden in onderstaande paragraaf voorbeelden geven.

### 8.3.1 Leidraad verwerking metingen eenvoudige methode

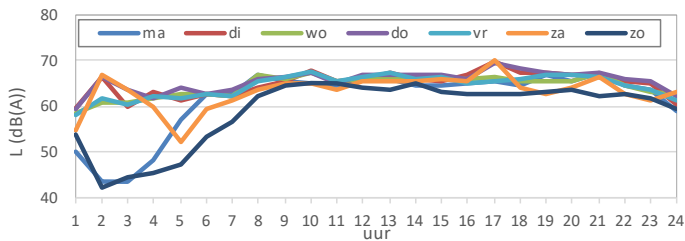
Voor de verwerking van de ruwe meetwaarden, dat wil zeggen de  $L_{eq}$  per seconde of  $L_E$  per event, kunnen de volgende stappen worden gehanteerd:

Verwijder  $L_{eq}$ -waarden en  $L_E$ -waarden met kortdurende verstoringen, dit wil zeggen stoorgeluid dat enkele seconden tot enkele minuten aanhoudt.

Bepaal uurgemiddelde waarden  $L'$  en  $L_{res}$ . Maak daartoe een lange tabel met uurwaarden  $L'$  en  $L_{res}$ , voor de gehele meetperiode. Dus één regel per uur, 24 regels voor elke meetdag.

Markeer de uren met achtereenvolgens *overmatig residueel geluid* (het gaat dan om residueel geluid dat min of meer continu aanwezig is, want kortdurend stoorgeluid is al verwijderd), met *regen*, met *harde wind*, of met *niet-representatieve geluidoverdracht*. Van elk van deze vier oorzaken van verstoringen wordt het percentage uren ten opzichte van het geheel gerapporteerd. Als een uur door meerdere oorzaken is verstoord, telt het uur mee bij de eerste daarvan uit dit rijtje. Bijvoorbeeld wanneer een uur wordt verstoord door zowel harde wind als regen, telt dit mee bij *regen*.

Vul de lange tabel aan met een kolom voor de waarde  $L$  die wordt berekend met formule 3.1. Om inzicht te geven in het verloop van het geluid over het etmaal, wordt een grafiek gemaakt van  $L$  per uur van het etmaal, waarbij energetisch wordt gemiddeld over de gehele meetperiode. Zie het onderstaande voorbeeld. Deze grafiek is een tussenresultaat: ze wordt in de rapportage opgenomen maar niet verder gebruikt in de stappen hierna. Opvallende zaken in het verloop per weekdag worden becommentarieerd in de rapportage.



Vul de lange tabel uit stap 4 aan met een kolom voor de meteostratificatie. Bepaal voor elk uur de meteoklasse M1 tot en met M4 op basis van de windsnelheid en -richting.

Maak hulptabellen per etmaalperiode met op elke regel een meetdag, zie onderstaande voorbeeldtabel. De getoonde waarden voor elke meetdag zijn  $L_{p=dag,m,k}$  en  $q_{p=dag,m,k}$ . De totalen  $L_{p=dag,m}$  worden berekend met formule 3.3.

Tabel 8.3.1a Hulptabel dagperiode

Meetdag $k$	Dag (7-19 uur)							
	$L_{M1}$	$q_{M1}$	$L_{M2}$	$q_{M2}$	$L_{M3}$	$q_{M3}$	$L_{M4}$	$q_{M4}$
8-jun			72,5	0,09	65,8	0,91		
9-jun	65,5	1,00						
10-jun	63,3	0,17	66,1	0,67	67,8	0,17		
11-jun	61,0	0,17	63,8	0,50	66,8	0,33		
12-jun	65,4	0,92	68,1	0,08				
13-jun	66,6	1,00						
14-jun	66,4	0,58	65,5	0,42				

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

15-jun	68,6	0,42	63,0	0,33	67,9	0,25		
16-jun	66,5	1,00						
17-jun	67,6	0,75	63,2	0,25				
18-jun	65,5	0,83	64,8	0,17				
19-jun	65,1	0,42	66,2	0,58				
20-jun	68,6	1,00						
$Q_{p=dag,m}$		8,25		3,09		1,66		
$L_{p=dag,m}$	66,6		65,8		66,6			
$U_{p=dag,m}$	1,22		2,29		0,85			

Maak een meetonzekerheidsberekening per etmaalperiode. Zie onderstaand voorbeeld. De ISO-norm noemt dit het 'meetonzekerheidsbudget'. In het voorbeeld is de meewindrichting 140° (van het zuidoosten naar het noordwesten).

Tabel 8.3.1b Meetonzekerheidsbudget dagperiode

	Herkomst	M1	M2	M3	M4	Resultaat
$f_{optreed}$ bij 140°	Uit tabel 3.3	0,6	0,2	0,1	0,1	
$L_{p=dag,m}$	Overnemen uit hulptabel dagperiode	66,6	65,8	66,6		
$U_{p=dag,m}$		1,22	2,29	0,85		
$L_{p=dag}$	Formule 3.6					66,0
$C_{p=dag,m}$	Formule 3.8	0,69	0,19	0,12		
$\sqrt{(U^2_{wind} + U^2_{nat} + U^2_{meteo} + U^2_{res} + U^2_{slm})}$						1,7
$U_{p=dag}$	Formule 3.7					2,0

Bepaal de  $L_{den}$  en de bijbehorende meetonzekerheid. Zie het voorbeeld hieronder.

Tabel 8.1.3c Meetonzekerheid

		$p=dag$	$p=avond$	$p=nacht$	Resultaat
$L_p$	Neem over uit tabellen meetonzekerheidsbudget	66,0	62,1	62,9	
$U_p$		2,0	2,6	2,3	
$L_{den}$	Formule 3.9				69,7
$U_{den}$	Formule 3.10				1,7

Geef het eindresultaat als volgt op:  $L_{den} = 69,7 \pm 3,4$  dB (95% BI).

Bij een vergelijking van een berekende  $L_{den}$  met de gemeten  $L_{den}$  wordt altijd dit betrouwbaarheidsinterval betrokken. Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de uitgangspunten van de rekenmethode betrokken die kunnen leiden tot verschillen tussen rekenen en meten. Dat laatste is nodig omdat van de berekende waarde geen betrouwbaarheidsinterval bekend is.

### 8.3.2 Metingen in afwijkende situaties

In situaties die afwijken van de voorwaarden voor de eenvoudige methode uit paragraaf 3.1, is het soms mogelijk om met enkele controles of aanpassingen toch de aanpak van de eenvoudige methode te volgen. Bij rapportage-items 8 en 12 moet daarop worden ingegaan. Het gaat dan bijvoorbeeld om metingen op korte afstand voor een reflecterende gevel. Annex B van de ISO-norm geeft aan op welke wijze zulke metingen worden gecorrigeerd en welke aanvullende meetonzekerheid daarvoor geldt. Een ander voorbeeld betreft situaties waarin de meetafstand  $D$  (veel) groter is dan  $20(h_s + h_r)$ . In dat geval kan de eenvoudige meteostratificatie van tabel 3.2 en tabel 3.3 niet worden gebruikt. Annex A van de ISO-norm geeft aan hoe de meteostratificatie dan moet gebeuren en annex F.1 laat zien welke onzekerheid daarmee gepaard gaat. In situaties die geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode vallen, wordt de ISO-norm onverkort gevolgd, zij het dat daarbij enkele specifieke uitgangspunten gelden voor de Nederlandse situatie. In paragraaf 3.3 zijn deze uitgangspunten vermeld.

#### 8.4. Methode bepaling wegdekcorrectie

De wegdekcorrectie is de in dB(A) of in dB(A) per octaafband uitgedrukte toename van de geluidemissie ten opzichte van het referentiewegdek (zoals dicht asfaltbeton en SMA 0/11). In dit geactualiseerde voorschrift is de methode voor de bepaling van de wegdekcorrectie gewijzigd ten opzichte van het Reken en meetvoorschrift geluid 2012. De achtergrond daarvoor is het inzicht dat het gebruik van een verouderingsterm ( $C_{tijd}$ ) van een standaard wegdektype voor een specifiek wegdekproduct tot een overschatting van de geluidreductie van stille wegdekken kan leiden. Door uit te gaan van eenzelfde eindreductie als een standaard wegdektype wordt dit hersteld. Het is altijd mogelijk om voor een specifiek wegdekproduct een eigen verouderingsterm vast te stellen. Met de aanpassing van de verouderingscorrectie ( $C_{tijd}$ ) kunnen de effecten van wegdektypen op het equivalente geluidniveau nauwkeurig bij de berekeningen worden meegenomen. De in dit voorschrift beschreven wegdekcorrectie kan worden gezien als de beste schatting van de gemiddelde geluideigenschappen van een wegdektype gedurende de gehele gebruiksperiode. Daarnaast is in de methode het effect van recente emissiemetingen op de referentie verwerkt, waardoor zowel de emissie als de wegdekcorrectie is gebaseerd op de resultaten van dezelfde meetcampagne.

In de methode is nu expliciet vastgelegd dat bij vaststellen van een nieuwe referentiewaarde van het referentiewegdek de  $C_{wegdek}$  opnieuw moet worden vastgesteld op basis van relatief recente metingen. De aanleiding is dat als de emissie van voertuigen verandert de werkelijke geluidreductie van wegdekken ook kan veranderen.

Hoofdstuk 4 beschrijft de methode om de wegdekcorrectie te bepalen. Hiermee kan worden aangetoond dat een bepaald wegdekproduct binnen een wegdektype valt. Het gaat hier niet alleen om de geluidreducerende werking, maar ook om de globale civieltechnische eigenschappen. Zo zal een elementenverharding niet in een asfaltverharding-categorie passen. Omdat de civieltechnische eigenschappen globaal overeen moeten komen met het wegdektype is het uitgangspunt dat de spectrale geluidreductie ook globaal overeenkomt. Daarom is het voldoende het wegdek te beoordelen op de eengetalswaarde van de wegdekcorrectie. In veel gevallen is alleen een wegdekcorrectie voor lichte motorvoertuigen bekend. In dat geval moet de geluidreductie ten minste even groot zijn als die van het wegdektype. Als er zowel voor lichte als zware motorvoertuigen een wegdekcorrectie bekend is, is de toetsing minder strikt. In dat geval is er 0,5 dB marge. Als een wegdekproduct wel civieltechnische overeenkomsten toont met een van de standaardwegdektypen, maar niet voldoet aan de geluideis, moet het wegdekproduct bij een ander wegdektype ingedeeld worden. Hierbij wordt gekeken naar een zo goed mogelijke civieltechnische overeenkomst. Daarbij kan worden gedacht aan gradering, oppervlaktetextuur en percentage holle ruimte.

Als door nieuwe ontwikkelingen blijkt dat er aanvullende wegdektypen nodig zijn, kan dit blijken uit de verschillende rapportages met gemeten wegdekcorrecties. Uitgangspunt is wel dat voor een nieuw wegdektype de eigenschappen zowel voor lichte als (middel)zware motorvoertuigen is



bepaald. Aan de hand van rapportages over de productspecifieke wegdekcorrecties kan het product worden ingedeeld in een wegdektype.

### 8.5. Rekenregel middenbermscherm

#### *Algemeen*

Met de methode uit hoofdstuk 2 van deze bijlage is altijd het effect van een scherm te bepalen. Als er meerdere diffracteranden zijn, zal het effect van de meest bepalend diffracterand in rekening worden gebracht. Het effect van een dubbele diffractie wordt op deze manier niet verdisconteerd. Met behulp van methoden uit HARMONOISE zijn de effecten van dubbele diffracteranden bepaald en vervolgens geverifieerd met BEM-PE rekenmodellen. De uitkomsten bleken goed overeen te komen.

Omdat het effect niet zondermeer toepasbaar is in de Meakawa-formules is gekozen om het effect van een middenbermscherm op de volgende wijze in rekening te brengen. Per rijlijn wordt het effect bepaald van het scherm in de zijberm of een ander afschermend object naast de weg. Voor de rijlijnen die tussen een geluidscherm in de middenberm en het afschermdende object naast de weg zijn gesitueerd, wordt ook de reflectie tegen het middenbermscherm in rekening gebracht. Voor de rijlijnen die, gezien vanuit het afschermdende object naast de weg, achter het middenbermscherm liggen wordt een octaafbandafhankelijke correctie toegepast  $C_{mbs}$  op de schermwerking van het object naast de weg.

$C_{mbs}$  wordt voor iedere bron, per sector en per octaafband bepaald. De toetsing of een afschermdende object in de middenberm voldoet aan de voorwaarden zoals in hoofdstuk 6 wordt beschreven, wordt ook per bron-waarneempunt-pad uitgevoerd.

#### *Onderscheiden gebieden*

Er wordt een drietal gebieden onderscheiden. De schermwerking van het middenbermscherm in gebied A wordt met de bestaande formules van hoofdstuk 2 berekend, met uitzondering van de correctie voor een schermtop en de profielafhankelijke correctie. Voor gebied B is de schermwerking afhankelijk van de hoek tussen de lijnen over beide schermen en de situatie van de lijn van bron naar waarnemer. Voor gebied C geldt een constante waarde die ook afhankelijk is van de van de hoek tussen de lijnen over beide schermen.

### 8.6 Rekenregel diffractor

Een diffractor is een nieuw type overdrachtsmaatregel dat op een andere manier werkt dan een geluidscherm. [Er zijn twee type diffractoren opgenomen in het rekenvoorschrift. Een type diffractor bedoeld om direct langs een weg ingegraven te worden in het maaiveld, waarbij de diffractor niet boven de weg uitsteekt, en een ander type diffractor wordt toegepast als schermtop boven op een geluidscherm.](#)

#### **8.6.1. Ingegraven diffractor langs een weg.**

Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt is binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode.

Op basis van de schermwerkingsformules uit hoofdstuk 2 wordt een schaduwzone berekend waarbinnen de diffractor effect heeft. Daarbij kan een [ingegraven](#) diffractor een aanvullend effect geven ten opzichte van alleen een scherm mits de top van het maatgevend scherm zich in de schaduwzone bevindt. Ten opzichte van [de eerste implementatie het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012](#) is de methode iets gewijzigd. Het gebied waar het diffractor effect heeft is iets groter

geworden. De schaduwzone is nu niet meer dan 2 m opgehoogd. De aanleiding is dat op relatief korte afstand (ca 20 m uit de bron) de schaduwzone erg laag was. Om meer overeenstemming te krijgen met metingen is het effect hier opgehoogd. Voor 1.000 Hz en lager is de schaduwzone ~~met~~ lineair met 2 m opgehoogd tussen de 5 en 20 m uit de bron. Voor 2.000 Hz en hoger gaat dat geleidelijk tussen de 5 en 35 m uit de bron.

Het totale effect van de diffractor is afhankelijk van de afstand van het bronpunt tot de diffractor en van de absorptiefraction van de bodem vlak voor en na de diffractor. Het diffractoreffect wordt voor iedere bron, per sector en per octaafband bepaald.

De rekenregel voorziet in een methode om de akoestische eigenschappen van de diffractor vast te stellen met geluidoverdrachtmetingen. Deze ingemeten eigenschappen worden gebruikt in de formules van de rekenregel. De meetmethode maakt gebruik van een kunstmatige bron waarbij een vergelijking wordt gemaakt tussen een afgedekte diffractor om een harde bodem te simuleren en een niet afgedekte diffractor. Om te controleren of de afdekking geschikt is en of er geen andere neveneffecten worden gemeten wordt eerst de meetopstelling van de afgedekte diffractor vergeleken met een volledig harde, vlakke bodem. Uiteindelijk wordt per 1/3 octaafband een diffractoreffect gemeten. Omdat het rekenvoorschrift uitgaat van emissie en overdracht in octaafbanden worden deze 1/3 octaafband waarden omgerekend naar hele octaafbanden. Hierbij wordt rekening gehouden met het standaard geluidsspectrum voor wegverkeer uit NEN-EN 1793-3.

#### **8.6.2. Diffractor op een geluidsscherm.**

Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt is binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode.

Uit de FEM-PE sommen bleek een relatie te liggen tussen het extra effect van de diffractor en het Fresnelgetal ( $Nr$ ). De relatie is onderzocht voor verschillende type diffractoren, die op verschillende frequenties waren afgesteld te toetsen. Deze relatie bleek nauwelijks af te hangen van de octaafband, wel was er een verschil als er een versterking optreedt vanwege de diffractor of een verzwakking.

Voor wegverkeer is in de FEM-PE berekeningen uitgegaan van een bronhoogte van 10 cm. Dit is in de rekenregel verwerkt door bij de bepaling van het Fresnelgetal (alleen voor het diffractoreffect en niet voor de schermwerking zelf) de hoogte van het diffractiepunt op te hogen met 65 cm. Met deze ophoging wordt een goede overeenstemming bereikt met metingen vlak achter een scherm en met de resultaten uit FEM-PE op grotere afstand.

Bij het toepassen van een diffractoreffect op een scherm wordt geen profielcorrectieterm of effect T-top in rekening gebracht. Het toepassingsbereik van de methode bij een diffractor op scherm beperkt zich tot schermen waarvan de profielcorrectie  $C_p$  gelijk is aan 0 in de situatie dat op dat object de diffractor zelf niet zou zijn toegepast.

Naast een rekenregel is tevens een meetmethode voor het bepalen van het diffractoreffect vastgelegd. Als basis voor deze meetmethode wordt NEN-EN 1793-4 gebruikt. Er is wel gebleken dat er ten opzichte van deze methode een kleine aanpassing noodzakelijk was. De norm gaat uit van een energetische middeling van het diffractoreffect van alle meetposities. Het blijkt dat de bovenste meetposities ertoe leiden dat er een relatief klein diffractor effect wordt gemeten waardoor de relatie met het Fresnelgetal niet goed te leggen is. Met een lineaire middeling over de meetpunten is er wel een goede relatie.

**8.7. Lijst van symbolen**

Symbool	Eenheid	Omschrijving	paragraaf
$\alpha$	–	Geluidabsorptiecoëfficiënt van het object in de octaafband	2.11
$\alpha$	dB(A)	Emissiekental	2.4
$\beta$	dB(A)	Emissiekental	2.4
$\zeta$	Graden	De hoek van de voortplantingsrichting van het geluid tov een windroos (0° is van Noord naar zuid, 90° is oost naar west, etcetera)	2.9
$\delta_{lucht}$	dB/m	De luchtdempingscoëfficiënt	2.7
$\delta_{refl}$	dB(A)	De niveaureductie ten gevolge van één reflectie	2.11
$\varepsilon$	m	Akoestische omweg	2.10
$\sigma_m$	dB(A)	Vershil bij referentiesnelheid $v_0$	4.5
$\sigma_{m,i}$	dB(A)	Vershil voor een octaafband bij de referentiesnelheid $v_0$	2.4; 4.5
$\Phi$	°	De openingshoek van de sector	2.6
$\Phi$	°	De gemiddelde hoek tussen de gemiddelde windrichting tijdens de meting en de kortste verbindingslijn tussen het waarneempunt en de weg	3.3
$\Theta$	°	De hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment	2.6
$\theta$	°	De hoek, beschouwd in het horizontale platte vlak, van de zichtlijn met de normaal van de diffractor	7.2
$\gamma$	–	Functies die worden gebruikt om de bodemdemping te berekenen	2.8
$a$	m	De afstand van het waarneempunt tot het midden van het obstakel	2.5
$A_{i,diff}$	dB	De producteigenschap van de <u>ingegraven</u> diffractor voor octaafbandindex $i$	7.2
$A_{i,s,diff}$	<u>dB</u>	<u>De producteigenschap van de diffractor op een geluidscherm voor octaafbandindex <math>i</math></u>	<u>7.3</u>

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$B_b$	–	De absorptiefraction van het brongebied	2.8
$B_m$	–	De absorptiefraction van het middengebied	2.8
$B_w$	–	De absorptiefraction van het waarneembied	2.8
$B_{na}$	–	De gemiddelde absorptiefraction tussen de diffractor en de ontvanger met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand van de diffractor)	7.2
$B_{voor}$	–	De gemiddelde absorptiefraction tussen de diffractor en de bron met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand diffractor)	7.2
$b_m$	dB(A)	Snelheidsindex per decade snelheidstoename	2.4; 5.1
$C_H$	dB(A)	De hellingscorrectie	2.4
$C_M$	dB(A)	De meteocorrectieterm	2.9
$C_d$	dB(A)	De meteocorrectieterm voor de dag- en avondperiode	2.9
$C_{en}$	dB(A)	De meteocorrectieterm voor de nachtperiode	2.9
$C_{i,diff,hard}$	dB	Het diffractoreffect met een nabijgelegen volledig harde bodem voor octaafbandindex $i$ .	7.2
$C_p$	dB(A)	De profielafhankelijke correctieterm	2.10
$c_{p,m}$		Gevoeligheidscoëfficiënten voor de meetonzekerheid $u_p$	3.1
$C_{s,diff}$	<u>dB</u>	<u>Correctieterm voor een diffractor op een geluidsscherm</u>	<u>2.10; 7.3</u>
$C_T$	dB(A)	Correctieterm vanwege een schermtop	2.10; 6.1; 6.2
$C_{temp,licht}$	dB(A)	Temperatuurcorrectie voor lichte motorvoertuigen	5.4
$C_{temp,zwaar}$	dB(A)	Temperatuurcorrectie voor (middel)zware motorvoertuigen	5.4
$C_{wegdek}$	dB(A)	De wegdekcorrectie	1.5; 2.4; 5.1; 5.3
95% $c.i.$	dB(A)	95%-confidentie-interval van een SPB-meting	5.4
$DI_{i,k,b,h,t}$	<u>dB</u>	<u>Diffractie index voor 1/3 octaafband <math>j</math>, meetpositie <math>k</math>, hoek</u>	<u>7.3</u>

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

		<u>h en hoogte bron b.</u>	
<i>DI<sub>j</sub></i>	dB	<u>DiffRACTIE index van een diffractor op een geluidsscherm voor 1/3 octaafband j</u>	<u>7.3</u>
<i>DL<sub>R</sub></i>	dB(A)	Niveaureductie door geluidisolatie	6.1
<i>DL<sub>a</sub></i>	dB(A)	Niveaureductie door geluidabsorptie	6.1
<i>dc</i>	m	Verticale afstand tussen de kromme C en de ontvanger	6.2
<i>da</i>	m	De totale breedte van de diffractor	7.2
<i>f<sub>optreed</sub></i>		Optreedfrequentie per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt	3.1
<i>H</i>	–	De effectiviteit van het scherm	2.10
<i>hb</i>	m	De hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied	2.8; 2.9; 2.10
<i>he</i>	m	De effectieve schermhoogte	2.10
<i>h<sub>T</sub></i>	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijke maaiveld	2.10
<i>hw</i>	m	De hoogte van het waarneempunten boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied	2.8; 2.9; 2.10
<i>i</i>	–	Octaafbandindex	2.4; 2.10; 2.12
<i>j</i>	–	Aanduiding van een sector	2.2; 2.12
<i>K</i>	–	Het snijpunt van het scherm met de zichtlijn	2.10
<i>L</i>	–	Het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt	2.10
<i>L'</i>	dB(A)	Uurgemiddelde ruwe meetwaarde	3.1
<i>L<sub>res</sub></i>	dB(A)	Uurgemiddelde waarde voor residueel geluid	3.1
<i>L</i>	dB(A)	Uurgemiddelde voor residueel geluid gecorrigeerde meetwaarde	3.1

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$L_p$	dB(A)	Jaargemiddeld geluidniveau per etmaalperiode gebaseerd op metingen	3.1
$lv$	–	Categorie lichte motorvoertuigen	2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 4.1
$L_{Aeq}$	dB(A)	Het equivalente geluidniveau	2.2; 2.3
$L_{A,max}$	dB(A)	Maximale A-gewogen geluidniveau	4.1 $L'_{Aeq}$
$\Delta L_B$	dB(A)	De bodemdemping	2.2; 2.8
$L_E$	dB(A)	Het geluidemissiegetal	2.2; 2.4
$L_{eq,i}$	dB(A)	Het A-gewogen equivalente geluidniveau in octaafband i	2.12
$L_{Aeq,i}$	dB(A)	Bijdrage aan het $L_{Aeq}$ in 1 octaaf, van 1 sector, van 1 bronpunt en van 1 voertuigcategorie	2.2
$\Delta L_F$	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.	2.11
$\Delta L_{GU}$	dB(A)	De geometrische uitbreidingsterm	2.2; 2.6
$\Delta L_{kruispunt,m}$	dB(A)	De toeslag wegens een kruispunt	2.5
$\Delta L_L$	dB(A)	De luchtdemping	2.2; 2.7
$\Delta L_{obstakeI,m}$	dB(A)	De toeslag wegens een situatie die de gemiddelde snelheid sterk beperkt	2.5
$\Delta L_{OP}$	dB(A)	De optrektoeslag	2.2; 2.5
$\Delta L_{sw}$	dB(A)	De schermwerking	2.2; 2.10
$\Delta L_R$	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van reflecties	2.2; 2.11
$\Delta L_{R,abs}$	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van absorptie bij de reflecties	2.11
$m$	–	Voertuigcategorie	2.2; 2.4
$mv$	–	Categorie middelzware motorvoertuigen	2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 4.1

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$N$	–	Het aantal bronpunten	2.2
$N_f$	–	Het fresnelgetal	2.10; 7.2
$N_{refl}$	–	Het aantal reflecties tussen bron- en waarneempunt	2.11
$n$	–	Bronpunt	2.2; 2.12
$n$	–	Aantal gemeten voertuigen	5.4
$p_h$	%	Het hellingspercentage van het wegvak	2.4
$Q$	$h^{-1}$	De gemiddelde intensiteit van de voertuigcategorie	2.4
$q$	–	Het type kruispunt	2.5
$R_0$	m	De afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn	2.6; 2.7; 2.10
$R$	m	De horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt	2.8; 2.9; 2.10; 7.2
$R_B$	m	De horizontaal gemeten afstand tussen de bron en het geluidsschermb	6.2
$R_L$	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW	2.10
$R_T$	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW	2.10
$R_w$	m	De horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm	2.10; 6.2
$R_{BL}$	m	De afstand tussen bron en geluidsschermb gemeten langs de kortste verbindinglijn	6.2
$R_{WL}$	m	De afstand tussen geluidsschermb en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindinglijn	6.2
$r_d$	m	De afstand van het rijlijnsegment tot het midden van de diffractor	7.2
$r_{TW}$	m	De horizontale afstand tussen de rand van de schermtop (aan de bronzijde) en de ontvanger	6.2
$S_b$	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied	2.8; 2.10

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$S_w$	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied	2.8; 2.10
$S_F$	m	Maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak	2.11
$S_r$	m	Maat voor het gedeelte van $S_F$ dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak	2.11
$T$	°	De tophoek van het scherm	2.10
$u_p$	dB(A)	De totale meetonzekerheid voor $L_p$	3.1
$u_{p,m}$	dB(A)	Standaardafwijking die de gecombineerde onzekerheid in emissie en meteorologische omstandigheden representeert	3.1
$U_{wind}$	dB(A)	De onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind	3.1
$U_{nat}$	dB(A)	De onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol	3.1
$U_{meteo}$	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse	3.1
$U_{res}$	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van $L_{90}$ of $L_{95}$ tijdens onbemande metingen	3.1
$U_{slm}$	dB(A)	De meetonzekerheid van de meetketen	3.1
$u_{den}$	dB(A)	De meetonzekerheid van door metingen vastgesteld $L_{den}$	3.1
$v_o$	km/u	De referentiesnelheid van de voertuigcategorie	2.4; 5.1
$V_{wind}$	m/s	Uurgemiddelde windsnelheid	3.1
$V_{mee}$		Uurgemiddelde meewindcomponent windsnelheid	3.1
$W$	–	Waarneempunt/waarnemer	2.10
$W_{max}$	m/s	Toegestane windsnelheden	3.1
$Y$	m	Gedeelte van het wegdek dat in het brongebied bij bepaling van absorptiefractie altijd als akoestisch hard wordt gerekend	2.8
$zv$	–	Categorie zware motorvoertuigen	2.1, 2.2, 2.4,



Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

			2.5, 4.1
<i>z<sub>0</sub></i>	m	De hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt	6.2
<i>z<sub>B</sub></i>	m	De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil	2.10
<i>z<sub>C</sub></i>	m	De hoogte van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt	6.2
<i>z<sub>K</sub></i>	m	De hoogte van punt K (snijpunt scherm en zichtlijn) ten opzichte van het referentiepeil	2.10
<i>z<sub>L</sub></i>	m	De hoogte van punt L (snijpunt scherm en gekromde geluidstraal) ten opzichte van het referentiepeil	2.10
<i>z<sub>T</sub></i>	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil	2.10; 6.2
<i>z<sub>W</sub></i>	m	De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil	2.10; 6.2
<i>z'<sub>B</sub></i>	m	De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil	7.2
<i>z'<sub>T</sub></i>	m	De hoogte van het midden van de diffractor, vermeerderd met 65 cm, ten opzichte van het referentiepeil met een maximum waarde gelijk aan <i>z'<sub>B</sub> - 10 cm</i>	7.2
<i>z'<sub>W</sub></i>	m	De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil	7.2

<sup>1</sup> Een wegvak met aaneensluitende dagproducties wordt beschouwd als één werk.

<sup>2</sup> Het is toegestaan om, naast de meting onder 0°, alleen onder 45° of -45° te meten en het meetresultaat voor zowel -45° als +45° te gebruiken.

**BIJLAGE IVF BIJ DE ARTIKELN 3.8, EERSTE LID, ONDER B, 3.12, ONDER A EN D, 3.14, EERSTE LID, ONDER C, EN VIJFDE LID, EN 3.19, ONDER A EN D, VAN DEZE REGELING (MEET- EN REKENMETHODE GELUID SPOORWEGEN)**

**1. Algemeen**

**1.1. Begrippen**

In deze bijlage wordt verstaan onder:

*rekeneenheid*: locomotief, treinstel, rijtuig of wagen, als deze deel uitmaakt van het spoorvoertuigtype;

*rekeneenheid*: locomotief, treinstel, rijtuig of wagen, als deze deel uitmaakt van het spoorvoertuigtype;

*verkeersintensiteit*: het aantal rekeneenheden van een spoorvoertuigtype dat jaarlijks per uur, gemiddeld over een etmaalperiode, op een bepaald geluidemissietraject passeert.

**1.2. Spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies**

**1.2.1. Bestaande spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies**



Alle spoorvoertuigtypen worden ingedeeld in een spoorvoertuigcategorie.

De spoorvoertuigtypen die op de Nederlandse spoorweginfrastructuur rijden, zijn ingedeeld in de in onderstaande tabel opgenomen [twaalf](#) spoorvoertuigcategorieën. De indeling is vooral gebaseerd op verschillen in type aandrijving en wielremsysteem.


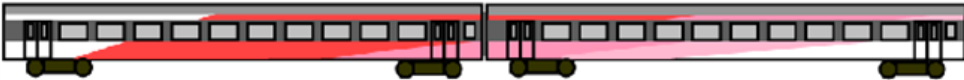

De in deze bijlage gehanteerde emissie is gekoppeld aan een rekeneenheid van een spoorvoertuigcategorie. De onderstaande tabel geeft het aantal rekeneenheden van een bepaalde samenstelling van een spoorvoertuig aan. In het algemeen valt een rekeneenheid samen met een locomotief of spoorwegrijtuig. Voor verschillende spoorvoertuigen is dat niet het geval. In het geval van hogesnelheidsmaterieel wordt een totale trein opgevat als één rekeneenheid.

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen



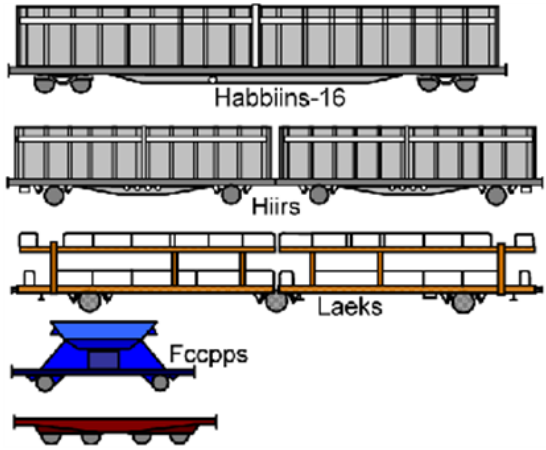
Tabel 1.1 Rekeneenheden van samenstellingen van spoorvoertuigen

Cat	Type	Tekening (onderling op schaal)	Getoond aantal rekeneenheden	Getoonde lengte
1		<p><b>Spoorvoertuigcategorie 1: blokgeremd reizigersmaterieel</b></p> <p>– elektrisch reizigersmaterieel met alleen gietijzeren blokremmen met de bijbehorende locomotieven: treinstellen van Materieel '64.</p>		
	Mat'6 4		2	52 m
2		<p><b>Spoorvoertuigcategorie 2: schijf+blokgeremd reizigersmaterieel</b></p> <p>– elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde gietijzeren blokremmen: het intercitymaterieel van de typen ICM III, ICR en DDM-1.</p>		
	ICM III	 <p>ICM-III met blokremmen. Heeft 3 rekeneenheden per treinstel.</p>	2	54 m


Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

ICR	 <p>De categorie-indeling hangt af van het remsysteem. Als de toegevoegde blokkenrem is afgeschakeld is het categorie 8, <del>als deze rem met alternatieve (LL-)blokken is uitgevoerd is het categorie 3</del> en als deze rem met gietijzeren blokken is uitgevoerd is het categorie 2.</p>	2	53 m
ICR(B NL)	 <p>De categorie-indeling hangt af van het remsysteem. Als de toegevoegde blokkenrem is afgeschakeld is het categorie 8, <del>als deze rem met alternatieve (LL-)blokken is uitgevoerd is het categorie 3</del> en als deze rem met gietijzeren blokken is uitgevoerd is het categorie 2.</p>	2	53 m
DDM-1	 <p>Heeft toegevoegde blokkenrem. Uiterlijk vrijwel gelijk aan de DDM-2/3 die in categorie 8 is ingedeeld. Altijd met locomotief.</p>	2	52 m
3	<p><b>Spoorvoertuigcategorie 3: schijf+blokgeremd elektrisch materieel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen en met motorgeluid: het stadsgewestelijk materieel (SGM-II/III);</li> <li>- elektrische locomotieven, zoals de series 1600, 1700 en 1800;</li> <li><del>- elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-)blokkenremmen; bijvoorbeeld het intercitymaterieel van het type ICR;</del></li> <li>- de Utrechtse sneltram (SUNIJ).</li> </ul>		

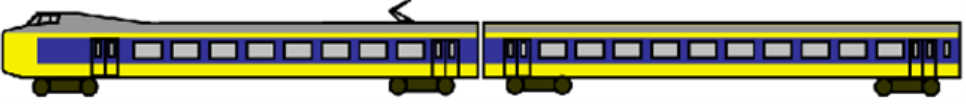



Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

	SGM		2	52 m
	SUNIJ	 Er zijn 2 geledingen per rekeneenheid.	1	29 m
4	<b>Spoorvoertuigcategorie 4: goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen</b> – alle typen goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen.			
	Goederen		1 1 1 1 1	Variabel Vlotgemiddelde is circa 15 m






Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

	<p>De categorie van goederenwagens hangt af van het remsysteem. Wagens met gietijzeren blokken vallen in categorie 4. Wagens met alternatieve (K- of LL-) blokkenrem of schijfremmen vallen in categorie 11.</p> <p>Sommige goederenwagens, zoals Hiirs en Laeks, hebben geledingen. Gelede goederenwagens lijken aparte wagens, maar rijden onder één wagennummer en tellen als 1 rekeneenheid.</p>		
<b>5</b>	<p><b>Spoorvoertuigcategorie 5: blokgeremd dieselmaterieel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– dieselelektrisch reizigersmaterieel met alleen blokremmen met de bijbehorende locomotieven: de treinstellen van het type DE-I/II/III;</li> <li>– dieselelektrische locomotieven, behalve de DE-6400.</li> </ul>		
<b>6</b>	<p><b>Spoorvoertuigcategorie 6: schijfgeremd dieselmaterieel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– dieselhydraulisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen en met motorgeluid: de Wadloper (DH), de Buffel (DM'90);</li> <li>– de dieselelektrische locomotief DE-6400.</li> </ul>		
	<p>DM'90 Buffel</p> 	2	52 m
<b>7</b>	<p><b>Spoorvoertuigcategorie 7: schijfgeremd metro- en sneltrammaterieel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– metro- en sneltrammaterieel van de GVB en de RET;</li> <li>– HSG3, RSG3- en SG3-materieel (Randstadrail).</li> </ul> <p>Scharnierende geledingen met 3 of 4 draaistellen zijn 1 eenheid.</p>		
	<p>HSG3 , RSG3 en SG3</p> 	1	43 m

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen



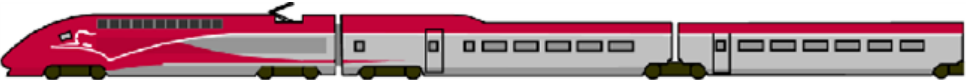

<p><b>8</b></p>	<p><b>Spoorvoertuigcategorie 8: schijfgeremd reizigersmaterieel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen: de typen ICM III, ICM IV, vIRM-IV/VI, DDM-2/3, ICK, Protos;</li> <li>- elektrisch reizigersmaterieel met afgeschakelde blokremmen <u>of met toegevoegde blokkenrem met L-remblokken</u> (aangepaste ICR);</li> <li>- dieselelektrisch lightrailmaterieel: De Lint, Talent, GTW-DMU.</li> </ul>			
<p>ICM III</p>	 <p>ICM-III met alleen schijfremmen. Heeft 3 rekeneenheden per treinstel.</p>	<p>2</p>	<p>54 m</p>	
<p>ICM-IV</p>	 <p>Heeft 4 rekeneenheden per treinstel.</p>	<p>2</p>	<p>54 m</p>	
<p>IRM</p>		<p>2</p>	<p>54 m</p>	
<p>DDM-2/3</p>		<p>2</p>	<p>52 m</p>	

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen




		Uiterlijk vrijwel gelijk aan de DDM-1 die in categorie 2 is ingedeeld. Rijdt meestal met motorbak mDDM in plaats van locomotief.		
	Protos		2	53 m
	Talent		2	42 m
	GTW2 /6-DMU		2	41 m
	GTW2 /8-DMU		3	56 m
	Lint		2	42 m
<b>9</b>	<b>Spoorvoertuigcategorie 9: schijf+blokgeremd hogesnelheidsmaterieel</b> – elektrisch hogesnelheidsmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde blokremmen op de motorwagens: de treinstellen van het type Thalys; – elektrisch hogesnelheidsmaterieel van het type ICE-3 en Eurostar.			








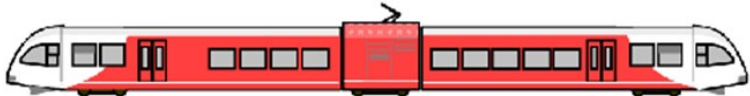
Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

V250	 <p>Een V250 (Albatros) bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.</p>	0,25	52 m
ICE	 <p>Een ICE bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.</p>	0,25	
Thalys	 <p>Een Thalys bestaat uit 10 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (200 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.</p>	0,30	51 m
Eurostar	 <p>Een Eurostar bestaat uit 16 geledingen en telt als 2 rekeneenheden (402 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.</p>	0,25	63 m
<b>10</b>	<p><b>Spoorvoertuigcategorie 10: lightrailmaterieel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lightrailmaterieel van het type A32 en de Regio Citadis;</li> <li>- andere typen schijf of magneetgeremd lightrailmaterieel met de volgende kenmerken: aslast kleiner dan 10 ton, geveerde wielen met een doorsnede kleiner dan 700 mm, afscherming van wielen en rails door lage vloer en vergelijkbare asdichtheid als A32 materieel;</li> <li>-lage vloertram met (deels) afgeschermd en afgeveerde wielen;</li> </ul>		



Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

	-trams.		
A32	 <p>Aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen</p>	2	30 m
Regio Citadis		3	38 m
<b>11</b>	<p><b>Spoorvoertuigcategorie 11: goederenmaterieel met alternatieve blokremmen (K- of LL-blokken)</b></p> <p>– alle typen goederenmaterieel met alternatieve (K- of LL-) blokremmen.</p> <p>Voor figuren: zie bij categorie 4.</p>		
<b>12</b>	<p><b>Spoorvoertuigcategorie 12: schijfgeremd stil reizigersmaterieel</b></p> <p>– elektrisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen: de typen SLT, FLIRT, GTW-<del>EMU</del> en SNG.</p>		
SLT-S100	 <p>Getoond is een half treinstel. Een heel treinstel bestaat uit 6 rekeneenheden.</p>	3	50 m

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

SLT-S70	 <p data-bbox="273 435 1032 459">Getoond is een half treinstel. Een heel treinstel bestaat uit 4 rekeneenheden.</p>	2	35 m
FLIRT-II		2	46m
FLIRT-III		3	63m
FLIRT IV		4	81 m
GTW2 /8	 <p data-bbox="273 997 705 1021">Aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen.</p>	3	56 m
GTW2 /6	 <p data-bbox="273 1185 705 1209">Aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen.</p>	2	41 m

Omgevingsregeling -werkversie - bijlagen

	SNG-3		3	60 m
	SNG-4		4	76 m

### 1.2.2. Nieuwe spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

Van de in paragraaf 1.2.1 met naam genoemde spoorvoertuigtypen zijn de emissiekenmerken in het verleden vastgesteld. Deze indeling is gebaseerd op type aandrijving en remsysteem.

De emissiekenmerken van een nieuw spoorvoertuigtype of een nieuwe spoorwegconstructie worden bepaald door middel van een meting.

Bij wijzigingen aan deze spoorvoertuigtypen of bij het beschikbaar komen van nieuwe spoorvoertuigtypen gelden de volgende regels:

1. Als er een modificatie van een bestaand spoorvoertuigtype (met ander typenummer en dergelijke) plaatsvindt waarbij het type aandrijving en het type remsysteem niet wijzigt: dit spoorvoertuigtype wordt in dezelfde spoorvoertuigcategorie ingedeeld als waarin het voor de modificatie was geplaatst.
2. Als er een modificatie van een bestaand spoorvoertuigtype (met ander typenummer en dergelijke) plaatsvindt waarbij het aandrijf- en/of remsysteem wel is gewijzigd: met procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 wordt getoetst of het spoorvoertuigtype kan worden ingedeeld in een bestaande categorie.
3. Als toepassing van procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 niet leidt tot een indeling in een bestaande categorie: met procedure B uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 worden nieuwe emissiekentallen voor het spoorvoertuigtype vastgesteld.

Bij het bepalen van de correctieterm van een nieuw type bovenbouwconstructie wordt procedure C uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 gebruikt.

Een andere meetmethode dan opgenomen in de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 is toegestaan als aannemelijk is gemaakt dat die andere meetmethode in die situatie ten minste gelijkwaardig is aan de in de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 beschreven methoden.

Voor trams is een aparte meetmethode vastgesteld voor het bepalen van emissiekentallen en correctiewaarden voor de spoorwegconstructie. Deze zijn opgenomen in paragraaf 4.3.

## 2. De geluidemissiegetallen per octaafband

### 2.1. Bronhoogten

De bepaling van de geluidemissiegetallen per octaafband vindt plaats op vijf verschillende bronhoogten, te weten:

- op de hoogte van de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal  $L_E^{bs}$ );
- op een hoogte van 0,5 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal  $L_E^{as}$ );
- op een hoogte van 2,0 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal  $L_E^{2m}$ );
- op een hoogte van 4,0 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal  $L_E^{4m}$ );
- op een hoogte van 5,0 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal  $L_E^{5m}$ ).

### 2.2. Bovenbouw

#### Bovenbouwconstructies

Het geluidemissietraject wordt als volgt getypeerd naar bovenbouwconstructie en baangesteldheid:

- baan op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index  $bb = 1$ );
- baan op houten of zigzag betonnen dwarsliggers in ballastbed (index  $bb = 2$ );
- baan met ballastbed met niet-doorgelaste spoorstaven, spoorstaafonderbreking of wissels (index  $bb = 3$ );
- baan met blokkenspoor (index  $bb = 4$ );
- baan met blokkenspoor en ballastbed (index  $bb = 5$ );
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging (index  $bb = 6$ );

#### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

- baan met regelbare spoorstaafbevestiging en ballastbed (index  $bb = 7$ );
- baan met ingegoten spoorstaaf (index  $bb = 8$ );
- baan met directe railbevestiging op een onderheide betonplaat voor metro- en sneltrammaterieel (index  $bb = 9$ );
- baan met raildempers op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index  $bb = 10$ );
- baan met HSL-Rhedaspoor (index  $bb = 11$ );
- baan met HSL-Rhedaspoor en raildempers (index  $bb = 12$ );
- baan bij overweg;
- trambaan in gras (index  $bb=13$ );
- trambaan in asfalt (index  $bb=14$ );
- tramplatenspoor (index  $bb=15$ );
- trambaan in klinkers (index  $bb=16$ ).

#### *Spoorconditie*

De conditie van het spoor wordt in rekening gebracht via de term spoorconditie. In deze term is het effect van spoorstaafonderbrekingen en de spoorstaafrouwheid opgenomen.

#### *Spoorstaafonderbrekingen en wissels*

Bij de bepaling van de geluidemissiegetallen wordt onderscheid gemaakt naar de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekingen op het geluidemissietraject:

- voegloze spoorstaaf (doorgelast) met of zonder voegloze wissels en kruisingen (index  $m = 1$ );
- niet doorgelaste spoorstaaf (=voegenspoorstaaf) ( $m = 2$ );
- wissels ( $m = 3$  of  $m = 4$ ).

Wissels worden direct gemodelleerd met de werkelijke lengte. Bij de modellering van een wissel kan het worden opgesplitst in meerdere delen. De bovenbouwcorrectie wordt bepaald aan de hand van het type wissel: 'voegloos'/'intern-voegloos'/'niet-voegloos':

- een voegloze wissel krijgt de bovenbouwcode die hoort bij het type dwarsligger;
- een intern-voegloze/niet-voegloze wissel krijgt bovenbouwcode  $bb = 3$ ;
- voor een intern-voegloze wissel wordt aangenomen dat deze gemiddeld één voeg heeft;
- voor een niet-voegloze wissel wordt aangenomen dat deze gemiddeld drie voegen heeft;
- het aantal voegen gedeeld door de totale lengte van het wissel levert de informatie om de stootgeluidcorrectie te bepalen (de factor  $f_m$  voor toepassing in formule 2.3c).

#### *Spoorstaafrouwheid*

Ten slotte is het mogelijk om rekening te houden met situaties waarbij structureel sprake is van een fors afwijkende spoorstaafrouwheid dan het landelijk gemiddelde dat de basis is voor de Standaardrekenmethode 2 in deze bijlage. Dit is met name bedoeld om de mogelijkheid te bieden de geluidreducerende effecten in de berekening te verwerken van het onderhouden van het spoor in een toestand met extra lage spoorstaafrouwheid (door bijvoorbeeld intensief onderhoud of akoestisch slijpen).

### **2.3. Gegevens**

Voor de berekening van de geluidemissiegetallen per octaafband zijn de volgende gegevens nodig:

$Q_{p,c}$ : het gemiddelde aantal rekeneenheden van spoorvoertuigen met snelheidsprofiel  $p$  van de betrokken spoorvoertuigcategorie  $c$  [ $h^{-1}$ ];

$Q_{p,r,c}$ : het gemiddelde aantal eenheden van spoorvoertuigen met snelheidsprofiel  $p$  van de betrokken spoorvoertuigcategorie  $c$  waarvan het remsysteem is ingeschakeld [ $h^{-1}$ ];

$v_{p,c}$ : de gemiddelde snelheid van de spoorvoertuigen met snelheidsprofiel  $p$  van de betrokken spoorvoertuigcategorie  $c$  [ $kmh^{-1}$ ];

$p$ : snelheidsprofiel: doorgaand (d) en stoppend (s);

$bb$ : het type bovenbouwconstructie/baangesteldheid [-];

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$m$ : aanduiding van de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekingen [-].

### 2.4. Berekeningswijze

De berekening verloopt als volgt:

$$L_{E,i}^{bs} = 10 \lg \left( \sum_{p=d,s} \sum_{c=1}^{12} 10^{\frac{E_{p,i,c}^{bs} + C_{bb,i,c}^{bs} + C_{spoorconditie,i,c,m}}{10}} \right) \quad (2.1a)$$

$$L_{E,i}^{as} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left( \sum_{c=1}^{12} 10^{\frac{E_{p,i,c}^{as} + C_{bb,i,c}^{as} + C_{spoorconditie,i,c,m}}{10}} + \sum_{c=1}^{12} 10^{\frac{E_{rem,p,i,c}}{10}} + \sum_{c=3,5,6} 10^{\frac{E_{motor,p,i,c}}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{E_{aero,p,i,c}^{as}}{10}} \right) \quad (2.1b)$$

$$L_{E,i}^{2m} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left( \sum_{c=9} 10^{\frac{E_{aero,p,i,c}}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{E_{koeling,p,i,c}}{10}} \right) \quad (2.1c)$$

$$L_{E,i}^{4m} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left( \sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{aero,p,i,c}-3)}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{koeling,p,i,c}-3)}{10}} \right) \quad (2.1d)$$

$$L_{E,i}^{5m} = 10 \lg \sum_{p=d,s} \left( \sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{aero,p,i,c}-3)}{10}} \right) \quad (2.1e)$$

Voor de categorieën 1, 2, 3, 6, 7 en 8 is:

$$E_{p,i,c}^{bs} = E_{p,i,c} - 1$$

$$E_{p,i,c}^{as} = E_{p,i,c} - 7$$

Voor de categorieën 4, 5 en 11 is:

$$E_{p,i,c}^{bs} = E_{p,i,c} - 3$$

$$E_{p,i,c}^{as} = E_{p,i,c} - 3$$

Voor categorie 9 is:

$$W = -3,2 - 1,5 \arctan \frac{v - 200}{50}$$

$$E_{p,i,9}^{bs} = E_{p,i,9} + W$$

$$E_{p,i,9}^{as} = E_{p,i,9} + 10 \lg(1 - 10^{W/10})$$

Voor de categorieën 10 en 12 is:

$$E_{p,i,c}^{bs} = E_{p,i,c} - bs$$

$$E_{p,i,c}^{as} = E_{p,i,c} - as$$

Met:

$$E_{p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2a)$$

$$E_{rem,p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,r,c} + 10 \lg Q_{p,r,c} + C_{rem,i,c} \quad (2.2b)$$

en voor  $c = 3, 5, 6$ :

$$E_{motor,p,i,c} = a_{motor,i,c} + b_{motor,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2c)$$

en voor  $c = 9$ :

$$E_{koeling,p,i,c} = a_{koeling,i,c} + b_{koeling,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2d)$$

$$E_{aero,p,i,c} = a_{aero,i,c} + b_{aero,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c} \quad (2.2e)$$

De waarden van de emissiekentallen  $a_c$  en  $b_c$  zijn gegeven in de tabellen 2.1 en 2.2.

Tabel 2.1 Emissiekentallen  $a_c$  en  $b_c$  als functie van spoorvoertuigcategorie  $c$  en octaafbandindex (i)

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Categorie	Kental	Octaafbandindex <i>i</i> met middenfrequentie in [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k Hz
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>a</i>	20	55	86	86	46	33	40	29
	<i>b</i>	19	8	0	3	26	32	25	24
2	<i>a</i>	51	76	91	84	46	15	24	36
	<i>b</i>	5	0	0	7	26	41	33	20
3	<i>a</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	54	50	66	86	68	68	45	39
		36	15	66	68	51	51	27	21
	<i>b</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	0	10	10	0	10	10	20	20
		10	30	10	10	20	20	30	30
3 motor	<i>a</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	72	88	85	51	62	54	25	15
		72	35	50	68	9	71	7	-3
	<i>b</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	-10	-10	0	20	10	20	30	30
		-10	20	20	10	40	10	40	40
4	<i>a</i>	30	74	91	72	49	36	52	52
	<i>b</i>	15	0	0	12	25	31	20	13
5	<i>a</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	41	90	89	76	59	58	51	40
		41	72	89	94	76	58	51	40
	<i>b</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	10	-10	0	10	20	20	20	20
		10	0	0	0	10	20	20	20
5 motor	<i>a</i>	88	95	107	113	109	104	98	91
	<i>b</i>	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
6	<i>a</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	54	50	66	86	68	68	45	39
		36	15	66	68	51	51	27	21
	<i>b</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	0	10	10	0	10	10	20	20
		10	30	10	10	20	20	30	30
6 motor	<i>a</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	72	88	85	51	62	54	25	15
		72	35	50	68	9	71	7	-3
	<i>b</i> , <i>v</i> <60 <i>v</i> ≥60	-10	-10	0	20	10	20	30	30
		-10	20	20	10	40	10	40	40
7	<i>a</i>	56	62	53	57	37	36	41	38
	<i>b</i>	2	7	18	18	31	30	25	23
8	<i>a</i>	31	62	87	81	55	35	39	35
	<i>b</i>	15	5	0	6	19	28	23	19
9	<i>a</i> , <i>v</i> <120 <i>v</i> ≥120	56	78	100	106	75	73	88	58
		38	69	92	87	62	43	48	46
	<i>b</i> ,	5	1	-4	-4	13	13	3	16



Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

	$v < 120$ $v \geq 120$	15	5	0	6	19	28	23	19
9 koeling	a	54	69	79	84	84	83	82	78
	b	0	0	0	0	0	0	0	0
9 aero	a	-45	-35	-27	-25	-26	-25	-25	-30
	b	50	50	50	50	50	50	50	50
10-bs	a	7	50	62	69	42	43	30	14
	b	20	10	9	8	24	23	25	28
10-as	a	25	78	51	39	29	26	25	18
	b	13	-8	9	20	25	29	31	28
11	a	57	30	59	71	45	66	22	18
	b	0	24	16	10	24	14	34	32
12-bs	a	<u>23,5Pm</u>	<u>60,8Pm</u>	<u>70,7Pm</u>	<u>55,5Pm</u>	<u>46,0Pm</u>	<u>51,2Pm</u>	<u>60,6Pm</u>	<u>53,8Pm</u>
	b	<u>17,8Pm</u>	<u>7,5Pm</u>	<u>6,8Pm</u>	<u>16,4Pm</u>	<u>19,7Pm</u>	<u>17,8Pm</u>	<u>10,9Pm</u>	<u>11,2Pm</u>
12-as	a	<u>18,9Pm</u>	<u>55,9Pm</u>	<u>67,3Pm</u>	<u>50,6Pm</u>	<u>43,2Pm</u>	<u>47,4Pm</u>	<u>57,3Pm</u>	<u>50,0Pm</u>
	b	<u>18,1Pm</u>	<u>7,5Pm</u>	<u>6,7Pm</u>	<u>17,7Pm</u>	<u>19,7Pm</u>	<u>17,8Pm</u>	<u>10,4Pm</u>	<u>11,0Pm</u>

$C_{rem,i,c}$  wordt bepaald volgens tabel 2.2.

Tabel 2.2 De remgeluid-correctieterm  $C_{rem,i,c}$  als functie van de spoorvoertuigcategorie (c) en octaafbandindex (i)

Octaafband index $i$	$C_{rem,i,c}$				
	$c = 1, 4, 5$	$c = 2$	$c = 7$	$c = 3, 6, 8, 9, 11, 12$	$c = 10$
1	-20	-20	-8	-20	2
2	-20	-20	-7	-20	-1
3	-20	-20	-20	-20	0
4	-2	0	-20	-20	2
5	2	1	-20	-20	5
6	3	2	-20	-20	4
7	8	5	-20	-20	4
8	9	5	-5	-20	3

De bovenbouwcorrectietermen  $C_{bb,i,c}^{bs}$  en  $C_{bb,i,c}^{as}$  brengen het effect van verschillende baanconstructies in rekening op twee bronhoogten. Daarbij is een spoorstaafwuid zoals gemiddeld in Nederland optreedt het uitgangspunt. De bovenbouwcorrectietermen zijn als volgt gedefinieerd:

$$C_{bb,i,c}^{bs} = C_{bb,i} \quad (2.3a)$$

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$$C_{bb,ic}^{as} = \begin{cases} C_{bbi} & \text{voor } c \neq 9 \\ 0 & \text{voor } c = 9 \end{cases}$$

De waarde voor de bovenbouwcorrectieterm voor verschillende bovenbouwconstructies is gegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Correctieterm  $C_{bb,i}$  als functie van bovenbouwconstructie/baangesteldheid (bb) en octaafbandindex (i)

$C_{bb,i}$	Octaafbandindex (i)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>bb=1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>bb=2</b>	1	1	1	5	2	1	1	1
<b>bb=3</b>	1	3	3	7	4	2	3	4
<b>bb=4</b>	6	8	7	10	8	5	4	0
<b>bb=5</b>	6	8	8	9	2	1	1	1
<b>bb=6</b>	3	4	-1	3	7	4	3	3
<b>bb=7</b>	6	1	0	0	0	0	0	0
<b>bb=8</b>	5	4	3	6	2	1	0	0
<b>bb=9</b>	7	2	1	4	7	9	5	1
<b>bb=10</b>	0	0	-1	-2	-4	-3	-2	-1
<b>bb=11</b>	0	0	0	7	7	3	2	0
<b>bb=12</b>	0	0	-2	4	5	-5	-3	-4
<b>bb=13</b>	8,6	5,4	2,6	3,3	3,5	0,7	-3,5	-2,7
<b>bb=14</b>	3,8	-0,3	2,9	-0,7	5,1	2,0	-1,0	-2,6
<b>Bb=15</b>	7,9	3,1	1,0	0,3	4,6	1,0	-1,4	-1,1
<b>Bb=16</b>	4,0	3,4	0,0	-1,3	0,5	-1,7	2,0	-4,1

De invloed van de conditie van het spoor op de geluidemissie wordt in rekening gebracht met de term  $C_{spoorconditie,i,c,m}$ . Hiermee wordt het effect beschreven van eventuele voegen in het spoor of van een spoorstaafzuwheid die sterk afwijkt van het Nederlands gemiddelde. Voor de bepaling van deze term wordt formule (2.3b) of (2.3c) gebruikt, afhankelijk van de mate van spooronderbreking. Voor tramspoorconstructies waarvan de spoorconditie niet is vastgesteld wordt gebruik gemaakt van de formule (2.3d) of (2.3e).

$$C_{spoorconditie,i,c,1} = C_{ruwheid,i,c} \text{ voor } m = 1 \quad (2.3b)$$

of

$$C_{spoorconditie,i,c,m} = 10 \lg(1 + f_m A_i) \text{ voor } m = 2, 3 \text{ of } 4 \quad (2.3c)$$

$$C_{spoorconditie,i,c,1} = 5 \text{ voor trambaan in normale spoorconditie (bb = 13, 14, 15 of 16)} \quad (2.3d)$$

of

$$C_{spoorconditie,i,c,1} = 3 \text{ voor geslepen trambaan (bb = 13, 14, 15 of 16)} \quad (2.3e)$$

Voor voegend spoor en voegende wissels zijn de waarden voor  $f_m$  en  $A_i$  in de tabellen 2.4 en 2.5 opgenomen. De lengte van het wissel (in de tabel genoemd 'lengte wissel') wordt bepaald door de totale lengte van het wissel (van de voorlas tot de achterlas) en niet de lengte van het gemodelleerde wisselgedeelte.

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Tabel 2.4 Waarden voor de factor  $f_m$  (als  $m$  ongelijk is aan 1)

Omschrijving	$m$	$f_m$
Voegenspoor	2	1/30
Intern-voegloos wissel	3	1/lengte wissel
Niet-voegloos wissel	4	3/lengte wissel

Tabel 2.5 Kental voor stootgeluidemissie  $A_i$  als functie van octaafbandindex ( $i$ )

octaafbandindex $i$	$A_i$
1	3
2	40
3	20
4	3
5, 6, 7, 8	0

De extra geluidemissie van ruwe spoorstaven of de geluidreductie door gladdere spoorstaven wordt verwerkt door het verschil in de energetische som van wiel- en spoorstaafruwheid in de bovenbouwcorrectieterm te verwerken. Deze methodiek geldt alleen voor voegloze spoorstaven ( $m=1$ ). Voor niet-voegloze spoorstaven wordt geen spoorstaafruwheidscorrectie toegepast.

Het effect van de afwijkende ruwheid wordt in rekening gebracht met de coëfficiënt  $C_{\text{ruwheid},i,c}$ . Deze term is afhankelijk van de snelheid ( $v$ ) en de spoorvoertuigcategorie ( $c$ ). Als ervoor wordt gekozen niet te corrigeren voor een eventueel lokaal afwijkende spoorstaafruwheid, geldt  $C_{\text{ruwheid},i,c} = 0$ .

$$C_{\text{ruwheid},i,c} = (L_{i,\text{rtr,feitelijk}} \oplus L_{i,\text{rveh},c}) - (L_{i,\text{rtr,ref}} \oplus L_{i,\text{rveh},c}) \quad (2.3d)$$

met:

$L_{i,\text{rtr,ref}}(v)$ : de referentieruwheid (afgeleid uit de gemiddelde spoorstaafruwheid in Nederland);  
 $L_{i,\text{rtr,feitelijk}}(v)$ : de lokale ruwheid van de spoorstaven waar de berekeningen worden uitgevoerd;  
 $L_{i,\text{rveh},c}(v)$ : de wielruwheid van de diverse spoorvoertuigcategorieën, volgens tabel 2.7.  
 Het symbool  $\oplus$  staat voor energetische sommatie ( $x \oplus y = 10 \lg (10^{x/10} + 10^{y/10})$ ).

Voor de spoorvoertuigcategorieën uit deze bijlage geldt het volgende verband tussen remsysteem en spoorvoertuigcategorie:

- de categorieën 1, 4, 5: gietijzeren blokkenrem;
- categorie 2: schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem;
- de categorieën 3 (exclusief het elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-) blokkremmen), 6, 7, 8, 9, 10 en 12: schijfrem;
- categorie 3 (alleen het elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde alternatieve (LL-) blokkremmen): schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem;
- categorie 11: alleen alternatieve blokkenrem.

Voor nieuwe spoorvoertuigen die worden ingemeten volgens procedure B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 volgt de gemiddelde wielruwheid uit de metingen.

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Tabel 2.6a Spoorstaafruwheid als functie van de golflengte

Golflengte (mm)	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40	31,5	25
Referentieruwheid	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1
Geoptimaliseerd voor snelheden < 200 km/u	<sup>1</sup>	1	1	1	1	5,5	4,0	2,5	1,0	-0,5	-2,0	-3,5	-5,0	-6,5	-8,0
Geoptimaliseerd voor snelheden > 200 km/u	13,0	12,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0

<sup>1</sup> Gegevens zijn niet beschikbaar, geadviseerd wordt om voor deze golflengten uit te gaan van de referentieruwheid

Tabel 2.6b Spoorstaafruwheid als functie van de golflengte

Golflengte (mm)	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,15	2,5	2	1,6	1,25	1
Referentieruwheid	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15
Geoptimaliseerd voor snelheden < 200 km/u	-9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1
Geoptimaliseerd voor snelheden > 200 km/u	-4,5	-5,0	-5,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	-10,0	-11,0	-12,0	-13,0	1	1

<sup>1</sup> Gegevens zijn niet beschikbaar, geadviseerd wordt om voor deze golflengten uit te gaan van de referentieruwheid

Tabel 2.7a Wielruwheid afhankelijk van het type remsysteem als functie van de golflengte

Golflengte [mm]	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40	31,5	25
Schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem	16	15	14	13	12	11	11	12	13	14	16	15	12	11	10
Schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-3	-2	-1	-2	-1	-2	-2	-3
Alleen gietijzeren blokkenrem	10	9	8	7	6	5	6	7	9	11	13	12	10	8	6
Alleen schijfrem	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	3	1	-1	-2	-3
Alleen alternatieve blokkenrem	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

<sup>1</sup> Gegevens niet bekend; voor zover nodig vaststellen met behulp van methode B van de

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006.

Tabel 2.7b Wielruwheid afhankelijk van het type remsysteem als functie van de golflengte

Golflengte [mm]	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,15	2,5	2	1,6	1,25	1
Schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem	6	3	-2	-5	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
Schijfrem + toegevoegde alternatieve blokkenrem	-3	-3	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
Alleen gietijzeren blokkenrem	5	0	-1	-1	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
Alleen schrijfrem	-3	-4	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
Alleen alternatieve blokkenrem	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

<sup>1</sup> Gegevens niet bekend; voor zover nodig vaststellen met behulp van methode B uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006.

De spoorstaafruwheid  $L_{tr}$  van de meetlocatie wordt gemeten in 1/3-octaven volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2013. De spoorstaafruwheid wordt op representatieve locaties gemeten en in het model verwerkt. Deze meetlocaties zijn verdeeld over het gehele spoorweggedeelte dat in het model wordt opgenomen. De meetgegevens zijn onderdeel van de rapportage van het akoestisch onderzoek.

De wiel- en spoorstaafruwheden moeten in octaafbanden zijn uitgedrukt. Om van ruwheidsgolflengte de correctie in geluidoctaafbanden te krijgen, wordt de volgende methode gehanteerd:

1. Bepaal de ruwheidscorrectie per golflengtegebied  $\lambda$  (van 1 tot 630 mm)

$$C_{ruwheid,\lambda,c} = (L_{\lambda,rtr,feitelijk} \oplus L_{\lambda,rveh,c}) - (L_{\lambda,rtr,ref} \oplus L_{\lambda,rveh,c})$$

$$= 10 \lg \left( 10^{\frac{L_{\lambda,rtr,feitelijk}}{10}} + 10^{\frac{L_{\lambda,rveh,c}}{10}} \right) - 10 \lg \left( 10^{\frac{L_{\lambda,rtr,ref}}{10}} + 10^{\frac{L_{\lambda,rveh,c}}{10}} \right) \quad (2.4a)$$

Als de ruwheid niet afwijkt van de referentieruwheid dan is de ruwheidscorrectie voor een bepaalde golflengte:  $C_{ruwheid,\lambda,c} = 0$ .

2. Bepaal de ruwheidscorrectie per werkelijke geluidsfrequentie  $f$ :  $C_{ruwheid,(f,v),c} \equiv C_{ruwheid,\lambda,c}$ . Met  $f = 1.000/3,6 \cdot (v/f)$ . Met frequentie  $f$  in Hz, voertuigsnelheid  $v$  in km/u en golflengte  $\lambda$  in mm. Dus:

$$C_{ruwheid,(f=2500\text{Hz},v=90\text{km/u}),c} = C_{ruwheid,\lambda=10\text{mm},c} \quad (2.4b)$$

3. De werkelijke geluidsfrequentie  $f$  komt in het algemeen niet overeen met de preferente tertsbandmiddenfrequenties (deze zijn voor deze toepassing  $f_{terts} = 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150, 4.000, 5.000, 6.300, 8.000$  en  $10.000$  Hz). Daarom worden de waarden van  $C_{ruwheid,(f=2500\text{Hz},v=90\text{km/h}),c} = C_{ruwheid,\lambda=10\text{mm},c}$  bepaald uit lineaire interpolatie van de waarden van  $C_{ruwheid,(f,v),c}$ . Zoek hiervoor de twee werkelijke geluidsfrequenties  $f$ - en  $f_+$  die het dichtst

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

liggen bij de tertsmiddenbandfrequentie  $f_{terts}$  zodat geldt:  $f_- < f_{terts} < f_+$ . Dan geldt:

$$C_{ruwheid,(f_{terts},v),c} = C_{ruwheid,(f_-,v),c} + (C_{ruwheid,(f_+,v),c} - C_{ruwheid,(f_-,v),c}) \cdot \left( \frac{\lg(f_{terts}) - \lg(f_-)}{\lg(f_+) - \lg(f_-)} \right) \quad (2.4c)$$

Hiermee is de ruwheidscorrectie per tertsband bepaald.

- De ruwheidscorrectie per tertsband wordt ten slotte energetisch gemiddeld om een ruwheidscorrectie per octaafbandindex  $i$  te berekenen. Daarvoor worden eerst de drie tertsbandsmiddenfrequenties gezocht die binnen de octaafband vallen. Dit is samengevat in onderstaande tabel:

Tabel 2.8 Standaard middenfrequenties voor octaaf- en tertsbanden

$i$	Octaafband $f_{oct}$	Tertsbanden $f_{terts1}, f_{terts2}, f_{terts3}$
1	63	50, 63, 80
2	125	100, 125, 160
3	250	200, 250, 315
4	500	400, 500, 630
5	1.000	800, 1.000, 1.250
6	2.000	1.600, 2.000, 2.500
7	4.000	3.150, 4.000, 5.000
8	8.000	6.300, 8.000, 10.000

Vervolgens kan de ruwheidscorrectie per octaafband worden bepaald met de volgende formule:

$$\begin{aligned} C_{ruwheid,i,c} &= C_{ruwheid,(f_{oct},v),c} \\ &= C_{ruwheid,(f_{terts1},v),c} \oplus C_{ruwheid,(f_{terts2},v),c} \oplus C_{ruwheid,(f_{terts3},v),c} - 10 \lg(3) \\ &= 10 \lg \frac{1}{3} \left( 10^{\frac{C_{ruwheid,(f_{terts1},v),c}}{10}} + 10^{\frac{C_{ruwheid,(f_{terts2},v),c}}{10}} + 10^{\frac{C_{ruwheid,(f_{terts3},v),c}}{10}} \right) \end{aligned} \quad (2.4d)$$

In veel situaties waarin wordt overwogen plaatselijk een extra lage spoorstaafrouwheid aan te brengen en te onderhouden is het ten tijde van het akoestisch onderzoek nog niet mogelijk de spoorstaafrouwheid door meting vast te stellen, omdat deze pas wordt aangebracht nadat geluidprocedures zijn doorlopen. In dat geval wordt aangetoond dat de lage spoorstaafrouwheid waarmee wordt gerekend, in de praktijk is te realiseren en te onderhouden.

Maatgevend daarbij is dat per spoorvoertuigcategorie de op basis van de verwachte lage spoorstaafrouwheid berekende geluidsreductie, gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten en over het betrokken spoorweggedeelte bezien, ook in werkelijkheid optreedt. Daarnaast worden lokale afwijkingen voorkomen als die gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten leiden tot een 1 dB lagere geluidsreductie dan was berekend. De middelingen over de tijd en over het spoorweggedeelte zijn lineaire middelingen.

Als emissiegegevens volgens procedure B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 beschikbaar zijn met effectieve ruwheden en overdrachten van het te berekenen spoorweggedeelte en spoorvoertuig, dan worden de termen  $C_{bb,i}$  en  $C_{spoorconditie,i,c,m}$  niet gebruikt.

## 2.5. Emissie van betonnen en stalen kunstwerken

### 2.5.1. Betonnen kunstwerken

Bij betonnen kunstwerken en de daarop toegepaste bovenbouwconstructie is de emissie ten gevolge van het rolgeluid en van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf verwerkt in de bovenbouwcorrectie (tabel 2.3). Bij toepassing van schermen op het kunstwerk wordt hierdoor het effect van de schermen bij lage frequenties overschat. Deze modellering is daarom alleen toelaatbaar voor schermen met een maximum hoogte van 2 m boven de bovenkant van het spoor.

Voor hogere schermen is nader akoestisch onderzoek noodzakelijk.

De toe te passen bovenbouwcorrecties voor verschillende typen betonnen kunstwerken is gegeven in tabel 2.9.

Tabel 2.9 Toe te passen bovenbouwcorrecties bij verschillende typen betonnen kunstwerken<sup>1</sup>

Type kunstwerk	Type bovenbouw op het kunstwerk	Code <i>bb</i>
TT- en kokerliggerbrug	Regelbare bevestiging	6
Plaat- en trogbrug	Dwarsliggers in ballastbed (betonnen of houten)	1 of 2
	Regelbare bevestiging	6
	Regelbare bevestiging volgestort met ballast	7
Plaatbrug	Blokkenspoor	4
	Blokkenspoor volgestort met ballast	5
	Ingegoten spoorstaaf	8

<sup>1</sup> De cijfers in de tabel verwijzen naar de codes van tabel 2.3.

### 2.5.2. Stalen kunstwerken

Bij stalen kunstwerken wordt de toename van de emissie ten gevolge van de invloed van het kunstwerk in rekening gebracht met een geluidemissietoeslag. De toename van de emissie kan worden toegeschreven aan geluidemissie van het kunstwerk zelf en een toename van het rolgeluid op het kunstwerk. De emissie ten gevolge van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf wordt verwerkt door het toevoegen van een bronlijn op 0 m BS en de extra emissie ten gevolge van de toename van het rolgeluid wordt verrekend als toename van de emissie op de al gemodelleerde bronnen op 0 en 0,5 m BS.

In de geluidemissietoeslag is het effect van een mogelijk afwijkende bovenbouwconstructie en eventuele extra afschermdelen van het kunstwerk al verwerkt. Daarom wordt bij stalen kunstwerken in de modellering uitgegaan van bovenbouwconstructie *bb*=1 en worden de afschermdelen van het kunstwerk niet gemodelleerd.

De geluidemissietoeslag voor een stalen kunstwerk wordt meettechnisch bepaald volgens de methode beschreven in paragraaf 4.2.

Voor het toepassen van schermen als geluidmaatregel op het kunstwerk is nader onderzoek nodig.

## 2.6. Snelheden

Het geluidemissiegetal wordt bepaald voor snelheden vanaf 40 km/u tot een maximumsnelheid per spoorvoertuigcategorie zoals gegeven in tabel 2.10. Treinen die langzamer rijden dan 40 km/u worden in de berekeningen gemodelleerd als treinen met een snelheid van 40 km/u. Uitzondering is categorie 10 (light rail en trams), hiervoor geldt dat het geluidemissiegetal bepaald wordt vanaf

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

30 km/u. Voor nieuw ingemeten materieel volgens de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 geldt als maximale snelheid het maximum dat bij de metingen is meegenomen. Voor treinen wordt geen hogere snelheid ingevoerd dan de voor dat treintype geldende maximum snelheidsdaadwerkelijk (kunnen) rijden.

Tabel 2.10 Maximale snelheden per spoorvoertuigcategorie

Categorie	Maximale snelheid (km/u)
1	140
2	160
3	160
4	100
5	140
6	120
7	100
8	160
9	300
10	100
11	100
12	160

Voor spoorvoertuigen die niet zijn vermeld in een van de categorieën, geldt het maximum dat bij het betreffende spoorvoertuig hoort volgens de specificaties van de fabrikant.

### 2.7 Overstand

Het geluid van stilstaande treinen wordt berekend als de aaneensloten duur van de geluidemissie van de stilstaande trein ten minste een uur bedraagt. Het geluid wordt berekend volgens de methode voor industrielaawaai (bijlage IVh). De spectrale bijdrage van overstandgeluid op een rekenpunt wordt bepaald door de bijdragen van alle stilstaande treinen logaritmisches op te tellen.

## 3. Standaardrekenmethode

### 3.1. Begrippen

*bronlijn*: lijn gelegen boven het hart van het spoor op een bepaalde hoogte boven de bovenkant van het spoor (BS), die de plaats van de geluidsafstraling van een (gedeelte van een) geluidemissietraject representeert; afhankelijk van het type materieel worden twee tot vijf bronlijnen onderscheiden;

*bronlijnsegment*: rechte verbindingslijn tussen de snijpunten van een bronlijn met de grensvlakken van een sector;

*bronzpunt*: snijpunt van een sectorvlak met een bronlijnsegment;

*openingshoek van een sector*: hoek tussen de begrenzingvlakken van een sector in het horizontale vlak;

*sector*: ruimte begrensd door twee verticale half-vlakken waarvan de grenslijnen samenvallen met de verticaal door het waarneempunt;

*sectorvlak*: bissectricevlak van de twee grensvlakken van een sector;

*totale openingshoek*: som van de openingshoeken van alle sectoren die voor het bepalen van het equivalente geluidsniveau in dB van belang zijn;

*waarneempunt*: punt waarvoor het equivalente geluidsniveau in dB, het  $L_{Aeq}$ , moet worden bepaald; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidbelasting van een gevel dan ligt dit punt in het betrokken gevelvlak;

*zichthoek*: hoek waaronder een object (gevel, scherm, baanvak en dergelijke) in horizontale projectie wordt gezien vanuit het waarneempunt.



### 3.2. De hoofdformule

Het equivalent geluidniveau in dB, het  $L_{Aeq}$ , wordt berekend volgens de formule:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 \left( 10^{(10 \lg \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{\Delta L_{eq,i,j,n}/10})/10} + 10^{L_{overstand,i}/10} \right) \quad (3.1a)$$

Waarbij:

$\Delta L_{eq,i,j,n}$  de bijdrage is aan het  $L_{Aeq}$  in één octaafbandindex (index  $i$ ), van één sector (index  $j$ ) en van één bronpunt (index  $n$ ); en

$L_{overstand,i}$  de, volgens bijlage IVh berekende, bijdrage van de overstand is voor octaafband index  $i$ .

$\Delta L_{eq,i,j,n}$  wordt samengesteld uit de volgende termen:

$$L_{eq,i,j,n} = L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6 \quad (3.1b)$$

waarin:

$L_E$ : de geluidemissiegetallen per bronhoogte en per octaafband, bepaald volgens hoofdstuk 3;

$\Delta L_{GU}$ : de geometrische uitbreidingsterm (paragraaf 3.4);

$\Delta L_{OD}$ : de overdrachtsverzwakking (paragraaf 3.5);

$\Delta L_{SW}$ : de schermwerking, voor zover van toepassing (paragraaf 3.6);

$\Delta L_R$ : de niveaureductie ten gevolge van reflecties, als dit van toepassing is (paragraaf 3.9).

Er wordt gesommeerd over de octaafbanden met de nominale middenfrequenties 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 en 8.000 Hz.

De sectorindeling is zo dat de geometrie en een geluidemissietraject in een sector goed worden beschreven met de geometrie in het sectorvlak. Hierbij wordt uitgegaan van een vaste openingshoek. Deze openingshoek is 2°. De hoeken van de sectorvlakken worden bepaald door de even hoeken in een windroos (0°, 2°, 4°, etcetera). Bij bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt afgeweken van deze sectorindeling (zie paragraaf 3.4).

Het aantal bronpunten,  $N$ , binnen een sector wordt bepaald door het aantal keer dat het betrokken sectorvlak een bronlijn (segment) snijdt.

### 3.3. Modelleren van de situatie

#### 3.3.1. Bronlijnen

Bij het modelleren van geometrische gegevens is het uitgangspunt voor verticale maten de bovenkant van het spoor (BS) en voor horizontale maten het hart van het spoor. De lijnen die op het hart van het spoor lopen met verschillende hoogten boven de bovenkant van het spoor (BS) zijn in de modellering de bronlijnen. Voor de meeste spoorvoertuigcategorieën zijn er twee bronlijnen op 0 cm en op 0,5 m boven de bovenkant van het spoor (BS). Voor spoorvoertuigcategorie 9 zijn er vijf bronlijnen op 0 m, 0,5 m, 2,0 m, 4,0 m en 5,0 m boven de bovenkant van het spoor (BS).

#### 3.3.2. Bodemgesteldheid

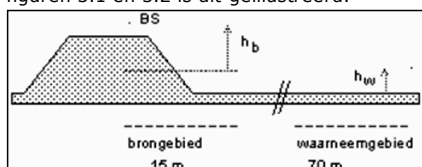
De bodemgesteldheid wordt verdeeld in twee groepen, te weten akoestisch hard en niet hard. Onder akoestisch hard ( $B=0$ ) wordt verstaan: klinkers, asfalt, beton, andere bodemverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Als akoestisch niet hard ( $B=1$ ) gelden: ballastbed, grasland, landbouwgrond met of zonder gewas, zandvlakten, bodem zonder vegetatie en dergelijke.

#### 3.3.3. Hoogteverschillen in bodem

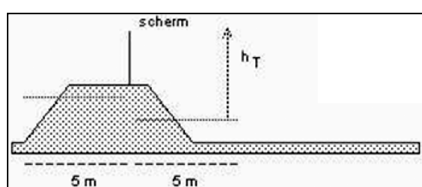
De hoogte van bronnen, objecten en waarneempunten is gedefinieerd ten opzichte van de gemiddelde hoogte van het plaatselijk maaiveld. Deze gemiddelde hoogte wordt bepaald uit de doorsnede in het beschouwde sectorvlak als een (oppervlakte) gemiddelde over een aangegeven horizontale afstand. Zo geldt voor de bron de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied en

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

voor een scherm de gemiddelde maaiveldhoogte binnen 5 m vanaf het equivalente scherm. In de figuren 3.1 en 3.2 is dit geïllustreerd.

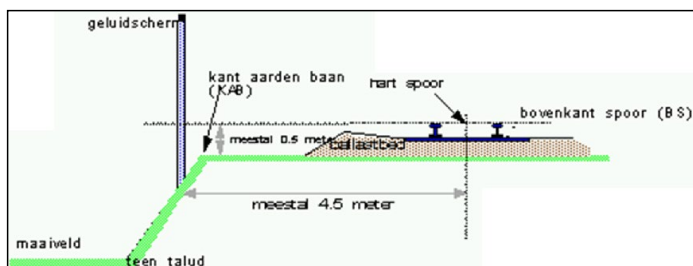


Figuur 3.1 Hoogten ten opzichte van gemiddeld plaatselijk maaiveld. Door de verhoogde baan ligt het gemiddelde maaiveld in het brongebied iets boven het maaiveld naast het talud.



Figuur 3.2 Scherm op een verhoogde baan; het gemiddelde maaiveld links is wat lager dan de bovenzijde en rechts wat hoger dan naast het talud. De situatie rechts is bepalend voor  $h_r$ .

### 3.3.4. Standaard talud



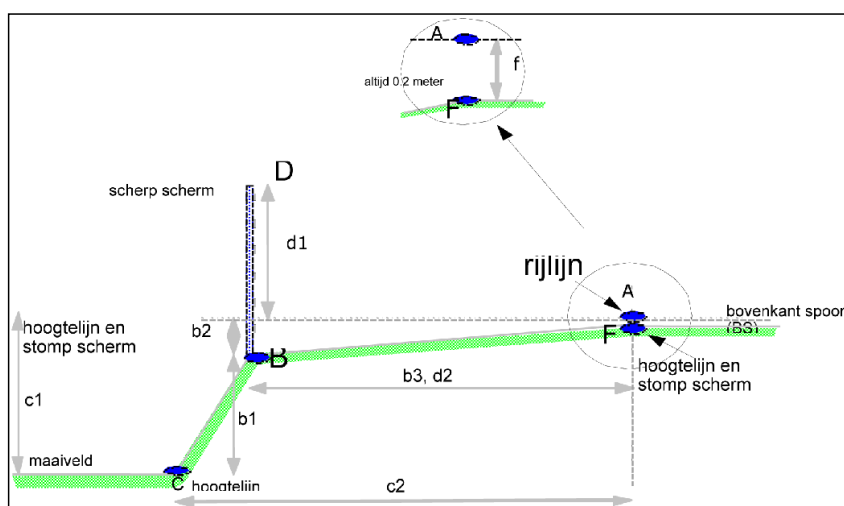
Figuur 3.3 Dwarsdoorsnede van een standaard talud.

Figuur 3.3 geeft een dwarsdoorsnede van een deel van een spoortalud in werkelijkheid weer. In figuur 3.4 is de modellering ervan weergegeven. Bij het modelleren gelden de volgende regels:

- centraal in de modellering staat de bronlijn; voor elk spoor wordt een bronlijn midden tussen de spoorstaven in gemodelleerd (de afstand tussen de twee spoorstaven bedraagt 1,42 m);
- elke bronlijn (A) wordt op de hoogte van de werkelijke bovenkant van het spoor (BS) gemodelleerd;
- op 0,2 m recht onder elke bronlijn wordt een hoogtelijn en een daaraan gekoppeld een stomp scherm  $C_p=2$  dB (F) gemodelleerd (het absorberende ballastbed ligt op 0,2 m onder BS);
- de kant aarden baan (KAB) wordt als hoogtelijn met daaraan gekoppeld een stomp geluidsscherm (B) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS ( $b_1$ ) en van maaiveld ( $b_2$ ) en op 4,5 m ( $b_3$ ) naast de naastliggende bronlijn gemodelleerd; alleen als de werkelijke afstand tussen het hart van het spoor en de KAB meer dan 1 m verschilt van de hiervoor genoemde 4,5 m wordt voor  $b_3$  de deze werkelijke afstand gemodelleerd (meestal zal de afwijking echter minder dan 1 m bedragen en meestal zal de KAB op 0,5 m onder BS liggen);
- een eventueel aanwezig geluidsscherm op de rand van het talud wordt gemodelleerd als (scherp) scherm (D) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS ( $d_1$ ) en op werkelijke afstand

#### Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

- van het hart van het spoor ( $d_2$ ); (geluidsschermen zijn meestal op 4,5 of 4,75 m uit het hart van het spoor geplaatst);
- de teen van het talud wordt als hoogtelijn (C) op de hoogte van het werkelijke maaiveld ten opzichte van BS ( $c_1$ ) en op de werkelijke afstand van het hart van het spoor ( $c_2$ ) gemodelleerd;
  - kies voor de helling van het talud een verhouding 1:1,5. De kant aarden baan is de lijn waar het vlakke deel van het talud overgaat in een helling; deze ligt per definitie op 4,5 m van de naastliggende bronlijn;
  - de kant aarden baan is een stomp, absorberend scherm ( $C_p = 2$  dB);
  - bij een ballastbed is het bodemvlak voor het gehele horizontale deel van het talud absorberend ( $B=1$ ), tenzij de daadwerkelijk harde delen van dit gebied breder zijn dan 1 m.



Figuur 3.4 Modellerings van de dwarsdoorsnede van een standaard talud.

Als de werkelijke horizontale afstanden van het talud (andere taludbreedte, andere helling) meer dan 0,5 m afwijken van dit standaard talud, hanteer dan op overeenstemmende wijze de werkelijke afstanden.

#### 3.3.5. Overwegen

Modelleer het deel van de spoorweg waarin zich een overweg bevindt met de betrokken bovenbouwconstructie en een hard bodemgebied.

#### 3.3.6. Tunnelbakken

Modelleer de hoogte van de wanden van open tunnelbakken, de lokale maaiveldhoogte en de afstanden in overeenstemming met de werkelijkheid en de bodem van de tunnelbak 0,2 m onder de bovenkant van het spoor (BS). Modelleer de wanden als absorberende schermen met een scherpe tophoek ( $C_p = 0$  dB). De bovenbouwcorrectie volgt uit de toegepaste bovenbouwconstructie.

Bij een open tunnelbak met geluidsabsorberende wanden (zie paragraaf 3.3.10) bevinden de bronlijnen zich op de voorgeschreven hoogten ten opzichte van BS.

Bij een open tunnelbak zonder geluidsabsorberend beklede wanden worden de bronlijnen die lager liggen dan de bovenrand van de tunnelbak op de hoogte van die rand gemodelleerd of zoveel lager als de hoogte van het dak van het spoorvoertuig. Dit betekent in de praktijk een maximale

verhoging met 4,0 m.

Over het traject van de tunnel zelf worden geen bronlijnen gemodelleerd.

### 3.3.7. Geluidsschermen en afschermdende objecten

Om als afschermdend object te worden aangemerkt moet het object:

- voldoende geluidsisolatie hebben, dat wil zeggen dat de isolatie 10 dB hoger is dan de afschermdende werking (een massa van 40 kg/m<sup>2</sup> is in ieder geval voldoende) en er bevinden zich geen grote kieren en openingen in het object;
- een zichthoek hebben die ten minste gelijk is aan de openingshoek van de beschouwde sector.

Geluidsschermen nabij het spoor zijn aan de spoorzijde bij voorkeur geluidsabsorberend uitgevoerd. In paragraaf 3.3.10 is beschreven wanneer een scherm als geluidsabsorberend kan worden aangemerkt.

Voor berekening van de effecten van geluidsschermen wordt bij de modellering met de octaafbandrekenmethode altijd uitgegaan van een 100% absorberend scherm. Reflecterende of deels reflecterende geluidsschermen nabij het spoor worden ook als geluidsabsorberende schermen gemodelleerd met een nader bepaalde effectieve hoogte. De te modelleren effectieve hoogte van het scherm boven de bovenkant van het spoor (BS) wordt als volgt bepaald:

$$h_{s,eff} = h_s \quad (3.2)$$

of:

$$h_{s,eff} = h_s (1 + a) / 2 \quad (3.3)$$

Hierin is:

$h_{s,eff}$ : effectieve schermhoogte ten opzichte van BS t.b.v. de modellering;

$h_s$ : werkelijke hoogte van het geluidsscherm ten opzichte van BS;

$a$  : fractie van het scherm dat geluidsabsorberend is uitgevoerd.

Formule 3.2 is toepasbaar voor:

- geheel absorberende schermen;
- (deels) reflecterende rechte schermen die hellend naar de baan toe zijn geplaatst onder een hoek van ten minste 15° bij het spoor op ballastbed. Als het spoor niet op een ballastbed is uitgevoerd, wordt in het overdrachtsgebied tussen de bron en het scherm een zelfde hoeveelheid geluidsabsorptie bewerkstelligd als bij een spoor op een ballastbed optreedt. Voorwaarde hierbij is dat aan de overzijde van het spoor geen reflecterend scherm is geplaatst.

Formule 3.3 is toepasbaar voor:

- alle overige situaties met geheel of gedeeltelijk geluidsreflecterende schermen. Deze benadering is conservatief.

De feitelijke schermwerking is waarschijnlijk geringer dan zou worden berekend voor schermen die hoger zijn dan 4,0 m ten opzichte van BS. Voor deze schermen wordt een nader onderzoek verricht.

Voor de berekening van de effecten van geluidsschermen op kortere afstand dan 2,5 m uit het hart van het spoor, wordt bij de modellering altijd uitgegaan van een afstand van 2,5 m.

Een scherm wordt altijd gemodelleerd alsof het recht is en verticaal staat, ook als het in werkelijkheid bijvoorbeeld gekromd is uitgevoerd, of scheef wordt geplaatst. De bovenkant van het geluidsscherm in het model wordt gelegd op de positie van de diffracterand van het werkelijke scherm. Vervolgens wordt de bovenbeschreven methode toegepast voor het bepalen van de

effectieve schermhoogte.

### 3.3.8. Perrons

De perronhoogte bij het hoofdspoor is 0,8 m boven bovenkant van het spoor (BS). Modelleer perrons met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de randen van het perron, waarbij de rand nabij het spoor zich op 2,0 m afstand uit het hart van het spoor bevindt. Voor het scherm nabij het spoor wordt de bodem onder het spoor (-0,2 m BS) als plaatselijke maaiveldhoogte gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm  $C_p$  voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van een geluidsabsorberende bekleding (zie tabellen 3.4 en 3.3.10). Perrons die aan beide zijden open zijn (dat wil zeggen: geen zijwanden aan spoorzijde en buitenzijde) worden niet als scherm gemodelleerd. Perrons die alleen aan de spoorzijde open zijn, kunnen als geluidsabsorberend worden aangemerkt. Perrons voor treinen met een lage instap (bijvoorbeeld lage-vloertrams) worden met de werkelijke hoogte gemodelleerd.

### 3.3.9. Kunstwerken

Modelleer de hoogten en afstanden bij kunstwerken in overeenstemming met de werkelijkheid.

Kies het type bovenbouwconstructie in overeenstemming met paragraaf 2.5.

Bij ontbreken van absorptie op het kunstwerk wordt het gehele brugdek als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij spoor op ballast bed of een volgestort spoor met ten minste 15 cm ballast wordt het gehele brugdek als absorberend bodemgebied gemodelleerd, tenzij harde delen van het brugdek breder zijn dan 1 m. Dan worden die delen als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij stalen bruggen wordt het brugdeel als absorberend bodemgebied gemodelleerd.

Modelleer bij plaatbruggen, TT-liggerbruggen en kokerliggerbruggen de rand van de brug als absorberend stomp scherm (zie tabel 3.4 en paragraaf 3.3.10).

Modelleer bij trogliggerbruggen en bij een M-baanconstructie de rand met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de beide zijden van de rand. Voor het scherm nabij het spoor wordt de bodem onder het spoor (-0,2 m BS) als plaatselijke maaiveldhoogte gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm  $C_p$  voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van geluidsabsorberende bekleding (zie tabel 3.4 en paragraaf 3.3.10).

Bij betonnen kunstwerken kunnen schermen op het kunstwerk tot een hoogte van 2,0 m boven de bovenkant van het spoor (BS) in overeenstemming met de uitvoering van die schermen worden gemodelleerd.

Bij hogere schermen kan de directe geluidsafstraling van het kunstwerk een dusdanige bijdrage gaan leveren dat berekeningen niet zonder meer mogelijk zijn en een nader akoestisch onderzoek nodig is.

Bij stalen bruggen met schermen kan het effect van de schermen niet worden berekend, maar wordt de brugtoeslag bepaald voor de brug met scherm.

### 3.3.10. Geluidsabsorberende uitvoering

Bekleding of uitvoering van objecten als schermen, perrons en tunnelwanden is als geluidsabsorberend te beschouwen als de spoor specifieke absorptie groter is dan of gelijk is aan 5 dB. Zie voor de bepaling van deze absorptie paragraaf 3.7.

### 3.3.11. Reflecties

Als zich binnen een sector objecten met een verticaal, hard oppervlak bevinden, die voldoen aan de hieronder gestelde voorwaarden, dan wordt het  $L_{Aeq}$  ook bepaald door het geluid dat via reflecties het waarneempunt bereikt. De bijdrage van deze reflecties aan het  $L_{Aeq}$  wordt in rekening gebracht door het sectordeel dat zich, gezien vanuit het waarneempunt, achter dat reflecterend oppervlak bevindt, te vervangen door zijn spiegelbeeld ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Als het

#### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

reflecterend oppervlak niet verticaal is, dan wordt:

- voor de bodemdemping (paragraaf 2.8) de spiegeling in het horizontale vlak uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus gelijk; en
- voor het bepalen van de schermwerking van objecten voor een overdrachtspad met een reflectie (paragraaf 2.10), wordt de spiegeling in drie dimensies uitgevoerd; de hoogten van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus niet noodzakelijkerwijs gelijk. De hoogte van de spiegelbron wordt bepaald door een volledige 3D-analyse van de reflectie.

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt:

- doorsnijdt het vlak, of een aaneengesloten samenstel van vlakken, de gehele sectorhoek;
- heeft het vlak een absorptiecoëfficiënt  $< 0,8$ ; en
- staat het vlak op zodanige afstand van het spoor dat afscherming en reflectie van de passerende spoorvoertuigen kunnen worden verwaarloosd.

Als het reflecterend oppervlak uit een samenstel van vlakken bestaat wordt het vlak dat wordt doorsneden gebruikt voor de spiegeling van het bronpunt. Als het sectorvlak een object of samenstel van objecten precies op de grens tussen twee vlakken/objecten doorsnijdt, wordt het bronpunt gespiegeld in het vlak dat het meest haaks staat op het sectorvlak.

Nader onderzoek naar de invloed van reflecties op het  $L_{Aeq}$  is vereist als:

- het reflecterend oppervlak oneffenheden bevat waarvan de afmetingen van dezelfde orde van grootte zijn als de afstand van het vlak tot het waarneempunt of de afstand van het vlak tot het bronpunt.

Bij de berekeningen wordt standaard uitgegaan van één reflectie. Bij berekeningen met meervoudige reflecties wordt de spiegeling herhaald toegepast.

#### 3.4. De geometrische uitbreidingsterm $\Delta L_{GU}$

Voor de berekening van de geometrische uitbreidingsterm zijn de volgende gegevens nodig:

- $r$ : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn (m);
- $\Theta$ : de hoek die het sectorvlak maakt met het bronlijnssegment (in graden);
- $\Phi$ : de openingshoek van de sector (in graden).

Voor bronnen met een afmeting groter dan een sectorhoek worden de hoeken  $\Theta$  en  $\Phi$  bepaald op basis van het vlak gevormd door het waarneempunt en de snijpunten van de sectorgrensvlakken met de bron. Als het eindpunt van een bron binnen een sector valt, wordt het eindpunt van de bron genomen als snijpunt om de hoek  $\Phi$  te bepalen. Als een bronlijnssegment doorloopt tot de volgende sectorhoek, maar daar niet dat volgende sectorvlak doorsnijdt, wordt het eindpunt van dat segment genomen om de hoeken  $\Phi$  te bepalen. Bronnen (met een afmeting groter dan een sectorhoek) hebben geen bijdrage in een sectorhoek als er geen snijpunt is tussen sectorvlak en bron.

Voor bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt de bijdrage van die bron berekend door uit te gaan van het midden van die bron voor de bepaling van het sectorvlak. Het begin- en eindpunt van de bron wordt gebruikt voor de bepaling van de hoek  $\Phi$ .

De berekening van  $\Delta L_{GU}$  verloopt als volgt:  
voor een dipooluitbreiding:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left( \frac{\Phi}{r \sin \Theta} \cdot \sin \Theta^2 \right) \quad (3.4a)$$

voor een monopooluitbreiding:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left( \frac{\Phi}{r \sin \theta} \right) \quad (3.4b)$$

De dipooluitbreiding wordt gebruikt voor de uitbreiding van het rolgeluid, terwijl in specifieke gevallen, zoals bij de uitbreiding van het kunstwerkaandeel van een brug, de monopooluitbreiding wordt gebruikt. Zie paragraaf 4.2.

Als de hoek  $\theta$  een waarde aanneemt die gelijk is aan 0, is nader onderzoek vereist ter bepaling van  $\Delta L_{GU}$ .

### 3.5. De overdrachtsverzwakking $\Delta L_{OD}$

De overdrachtsverzwakking  $\Delta L_{OD}$  is samengesteld uit de volgende termen:

$$\Delta L_{OD} = D_L + D_B + C_M \quad (3.5)$$

waarin  $D_L$  de verzwakking door absorptie in de lucht voorstelt,  $D_B$  de verzwakking ten gevolge van de bodeminvloed en  $C_M$  de metecorrectieterm van de te beschouwen periode ( $C_M = C_d$  voor de dagperiode,  $C_M = C_{en}$  voor de avond- en nachtperiode):

#### 3.5.1. De luchtdemping $D_L$

Voor de berekening van  $D_L$  is het volgende gegeven nodig:

$r$ : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn (m).

De berekening verloopt als volgt:

$$D_L = r \delta_{lucht} \quad (3.6)$$

waarbij  $\delta_{lucht}$  de luchtdempingscoëfficiënt is. De waarde van  $\delta_{lucht}$  wordt gegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1 De luchtdempingscoëfficiënt  $\delta_{lucht}$  als functie van de octaafbandindex ( $i$ )

Octaafbandindex	Octaafband middenfrequentie (Hz)	$\delta_{lucht}$ (dB/m)
1	63	0
2	125	0
3	250	0,001
4	500	0,002
5	1.000	0,004
6	2.000	0,010
7	4.000	0,023
8	8.000	0,058

#### 3.5.2 De bodemdemping $D_B$

Bij de bepaling van de bodemdemping  $D_B$  wordt de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt (symbool  $r_o$ ) verdeeld in drie afzonderlijke delen: een brongebied, een waarneembied en een middengebied.

Het brongebied heeft een lengte van 15 m, de lengte van het waarneembied bedraagt 70 m. Het resterende gedeelte van de afstand  $r_o$  tussen bron- en waarneempunt is het middengebied.

Als de afstand  $r_o$  kleiner is dan 85 m, is de lengte van het middengebied nihil.

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Als de afstand  $r_o$  kleiner is dan 70 m, is de lengte van het waarneembeid gelijk aan de afstand  $r_o$ .

Als de afstand  $r_o$  kleiner is dan 15 m, is de lengte van het brongebied en de lengte van het waarneembeid elk gelijk aan de afstand  $r_o$ .

Voor elk van de drie gebieden wordt de (bodem)absorptiefractie vastgesteld.

De absorptiefractie is het quotiënt van de lengte van het betreffende gebied dat niet akoestisch hard is en de totale lengte van het betreffende gebied. Als de lengte van het middengebied nihil is, wordt de absorptiefractie op één gesteld.

Voor de berekening van de bodemdemping zijn de volgende gegevens nodig:

$r_o$ : de horizontaal gemeten afstand tussen bron en waarneempunt [m];  
 $h_b$ : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];  
 $h_w$ : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembeid [m];  
 $B_b$ : de absorptiefractie van het brongebied;  
 $B_m$ : de absorptiefractie van het middengebied;  
 $B_w$ : de absorptiefractie van het waarneembeid;  
 $S_w$ : effectiviteit van de bodemdemping in het waarneembeid;  
 $S_b$ : effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied.

Als  $h_b$  kleiner is dan nul, wordt voor  $h_b$  de waarde nul aangehouden; hetzelfde geldt voor  $h_w$ . Als in de betrokken sector geen afscherming in rekening wordt gebracht, geldt dat  $S_w$  en  $S_b$  beide de waarde één aannemen. In geval van afscherming worden  $S_w$  en  $S_b$  berekend volgens de formules 3.11a en 3.11b in paragraaf 3.6.

De berekening verloopt volgens de formules 3.7a tot en met 3.7h als gegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 De formules 3.7a tot en met 3.7h voor de bepaling van bodemdemping  $D_b$  als functie van de octaafbandindex ( $i$ )<sup>1</sup>

Octaafbandindex	Octaafbandmiddenfrequentie [Hz]	Bodemdemping $D_b$ [dB]
1	63	$-3\gamma_o(h_b+h_w,r_o) - 6$
2	125	$[S_b\gamma_2(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + [S_w\gamma_2(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
3	250	$[S_b\gamma_3(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + [S_w\gamma_3(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
4	500	$[S_b\gamma_4(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + [S_w\gamma_4(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
5	1.000	$[S_b\gamma_5(h_b,r_o)+1]B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + [S_w\gamma_5(h_w,r_o)+1]B_w - 2$
6	2.000	$B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + B_w - 2$
7	4.000	$B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + B_w - 2$
8	8.000	$B_b - 3(1-B_m)\gamma_o(h_b+h_w,r_o) + B_w - 2$

<sup>1</sup>De cursief gedrukte symbolen vormen de waarden die voor de variabelen  $x$  en  $y$  moeten worden vervangen in de functie  $(x,y)$ .

De functies  $\gamma$  zijn als volgt gedefinieerd:



### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$$\gamma_0(x, y) = 1 - 30 \frac{x}{y} \quad \text{voor } y \geq 30x \quad (3.8a)$$

$$\gamma_0(x, y) = 0 \quad \text{voor } y < 30x$$

$$\gamma_2(x, y) = 3,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,12(x-5)^2} + 5,7[1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6}y^2}]e^{-0,09x^2} \quad (3.8b)$$

$$\gamma_3(x, y) = 8,6[1 - e^{-y/50}]e^{-0,09x^2} \quad (3.8c)$$

$$\gamma_4(x, y) = 14,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,46x^2} \quad (3.8d)$$

$$\gamma_5(x, y) = 5,0[1 - e^{-y/50}]e^{-0,90x^2} \quad (3.8e)$$

Voor de variabelen  $x$  en  $y$  worden de waarden van de grootheden vervangen die tussen haakjes achter de gelijklopende functies uit de formules 3.7a tot en met 3.7h zijn geplaatst (in cursief).

#### 3.5.3 De meteo-correctieterm $C_M$

Voor de berekening van de meteo-correctieterm  $C_M$  zijn de volgende gegevens nodig:

$r_o$ : de horizontaal gemeten afstand tussen (spiegel)bron en (spiegel)waarneempunt [m];

$\zeta$ : de hoek van de voortplantingsrichting ( $0^\circ$  is van noord naar zuid,  $90^\circ$  is oost naar west, etcetera)

$h_b$ : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m]; en

$h_w$ : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembied [m].

Als  $h_b$  en/of  $h_w$  kleiner is dan nul, wordt voor  $h_b$  respectievelijk  $h_w$  de waarde nul aangehouden.

Op basis van bovenstaande gegevens wordt de meteo-correctie bepaald voor de dagperiode ( $C_d$ ) of voor de avond- en nachtperiode ( $C_{en}$ ) volgens de formules:

$$C_d = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,34 - 0,1 \cdot \sin(\zeta + 35) + 0,045 \cdot \sin^2(\zeta + 35)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r}\right); 0 \right\} \quad (3.9a)$$

$$C_{en} = \max \left\{ (-10 \cdot \lg(0,40 - 0,1 \cdot \sin(\zeta + 60) + 0,035 \cdot \sin^2(\zeta + 60)) - 0,67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r}\right); 0 \right\} \quad (3.9b)$$

#### 3.6. De schermwerking $\Delta L_{sw}$ met de termen $S_w$ en $S_b$ uit de bodemdempingsformules 3.7a tot en met 3.7h

Als zich binnen een sector objecten bevinden waarvan de zichhoek ten minste samenvalt met de openingshoek van de betrokken sector en waarvan daarnaast in redelijkheid is te verwachten dat die de geluidsoverdracht zullen belemmeren, wordt de schermwerking  $\Delta L_{sw}$  samen met een verminderde bodemdemping (vervat in de termen  $S_w$  en  $S_b$  uit formule 3.7) in rekening gebracht.

De berekeningsformule van de afscherming van een willekeurig gevormd object bevat twee termen.

De eerste term beschrijft de afscherming van een equivalent ideaal scherm (een dun, verticaal vlak). De hoogte van het equivalente scherm is gelijk aan de grootste hoogte van het obstakel. De bovenrand van het equivalente scherm valt samen met de bovenrand van het object. Als op grond hiervan meerdere locaties van het equivalente scherm mogelijk zijn, wordt hieruit die locatie gekozen die maximale schermwerking tot gevolg heeft.

De tweede term is alleen van belang als het profiel, dat wil zeggen de doorsnede in het sectorvlak, van het afschermdende object afwijkt van dat van het ideale scherm. De afscherming van het object

### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

is gelijk aan de afscherming van het equivalente scherm verminderd met een profielafhankelijke correctieterm  $C_p$ .

Als er meerdere afschermdende objecten in een sector aanwezig zijn, wordt alleen het object in rekening gebracht dat, bij afwezigheid van de andere objecten, de grootste afscherming zou geven.

Voor de berekening van de afschermdende effecten zijn de volgende gegevens nodig:

$z_b$ : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil (= horizontaal vlak, waarin  $z = 0$ ) [m];

$z_w$ : de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m];

$z_T$ : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];

$h_b$ : de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte van het brongebied [m];

$h_w$ : de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembied [m];

$h_T$ : de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte binnen een strook van 5 m vanaf het scherm. Als de maaiveldhoogte aan beide zijden van de afscherming verschillend is: de grootste waarde van  $h_T$  [m];

$r$ : de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn [m];

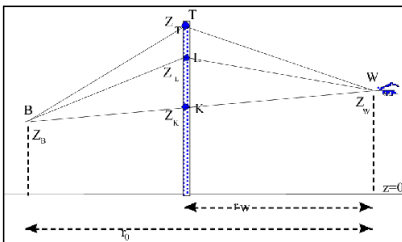
$r_w$ : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm [m];

$r_0$ : de horizontaal gemeten afstand tussen waarneem- en bronpunt [m];

-: het profiel van het afschermdende object.

Berekend wordt:

- de verminderde bodemdemping zoals verdisconteerd in de factoren  $S_w$  en  $S_b$  uit formules 3.7a tot en met 3.7h van paragraaf 3.5.2;
- de schermwerking  $\Delta L_{SW}$ .



Figuur 3.5 Een sectorvlak met een ideaal scherm, waarop de punten K, T en L zijn aangegeven.

Voor de berekening wordt op het scherm een drietal punten gedefinieerd (zie figuur 3.5):

K: het snijpunt van het scherm met de zichtlijn (= rechte tussen bron- en waarneempunt);

L: het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt;

T: de top van het scherm.

De gebroken lijn BLW is een schematisering van de gekromde geluidsstraal onder meewindcondities.

Deze drie punten bevinden zich op de respectievelijke hoogten  $z_K$ ,  $z_L$  en  $z_T$  boven het referentiepeil.

Voor de afstand tussen de punten K en L geldt:

$$z_L - z_K = \frac{r_w(r_0 - r_w)}{26r_0} \quad (3.10)$$

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Verder geldt:

$r_L$  is de som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW;  
 $r_T$  is de som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW.

De factoren  $S_w$  en  $S_b$  uit formules 3.7a tot en met 3.7f worden als volgt berekend:

$$S_w = 1 - \frac{r_0 - r_w}{r_0} \frac{3h_e}{3h_e + h_w + 1} \quad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_w = 1 \quad (3.11a)$$

$$S_b = 1 - \frac{r_w}{r_0} \frac{3h_e}{3h_e + h_b + 1} \quad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_b = 1 \quad (3.11b)$$

waarin  $h_e$  de effectieve schermhoogte is, gedefinieerd als:

$$h_e = z_T - z_L \quad (3.12)$$

De schermwerking  $\Delta L_{sw}$  wordt als volgt berekend:

$$\Delta L_{sw} = HF(N_f) + C_{s,diff} - C_p \quad (3.13)$$

waarin  $H$  de effectiviteit van het scherm is en  $F(N_f)$  een functie met argument  $N_f$  (het fresnelgetal). De term  $C_{s,diff}$  is de correctieterm voor een scherm met een diffractor als schermtop en  $C_p$  is de profielafhankelijke correctieterm. Als de schermwerking  $\Delta L_{sw}$  op grond van formule 3.13 negatief wordt, wordt de waarde  $\Delta L_{sw} = 0$  aangehouden.

De waarde van de correctieterm voor een diffractor op scherm  $C_{s,diff}$  volgt uit de methode beschreven in hoofdstuk 5.

$H$  wordt als volgt bepaald:

$$H = 0,25h_T 2^{i-1} \quad (3.14)$$

$i$  is hierin de octaafbandindex. De maximale waarde van  $H$  is 1.

De definitie van de functie  $F$  is gegeven in de formules 3.15a tot en met 3.15f uit tabel 3.3. De waarden van  $C_p$  volgen uit tabel 3.4.

Tabel 3.3 De definitie van de functie  $F$  met als variabele  $N_f$  voor vijf intervallen van  $N_f$  (formules 3.15a tot en met 3.15f)

Geldig in het interval van $N_f$		Definitie $F(N_f)$
van	tot	
$-\infty$	-0,314	0
-0,314	-0,0016	$-3,682 - 9,288 \lg  N_f  - 4,482 \lg^2  N_f  - 1,170 \lg^3  N_f  - 0,128 \lg^4  N_f $
-0,0016	+0,0016	5
+0,0016	+1,0	$12,909 + 7,495 \lg N_f + 2,612 \lg^2 N_f + 0,073 \lg^3 N_f - 0,184 \lg^4 N_f - 0,032 \lg^5 N_f$
+1,0	+16,1845	$12,909 + 10 \lg N_f$
+16,1845	$+\infty$	25

Tabel 3.4 De profielafhankelijke correctieterm  $C_p$ . T is de tophoek van de dwarsdoorsnede van het object

$C_p$	Object (T = tophoek in graden)
0 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dunne wanden waarvan de hoek met de verticaal <math>\leq 20^\circ</math></li> <li>- grondlichaam met <math>0^\circ \leq T \leq 70^\circ</math></li> <li>- alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte minder is dan tweemaal de hoogte van die wand of als de wand hoger is dan 3,5 m</li> <li>- alle gebouwen</li> <li>- <u>bij toepassing van een diffractor op een scherm, waarvan het effect met de correctieterm <math>C_{s,diff}</math> in rekening wordt gebracht</u></li> </ul>
2 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rand van aarden baan in ophoging</li> <li>- grondlichaam met <math>70^\circ \leq T \leq 165^\circ</math></li> <li>- alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte meer bedraagt dan tweemaal de hoogte van die wand en de wand niet hoger is dan 3,5m</li> <li>- geluidsabsorberende<sup>1</sup> rand aan spoorzijde van perron</li> <li>- rand aan niet-spoorzijde van perron</li> <li>- rand van baan op een viaduct of brug, anders dan troglijggerbrug of M-baan</li> <li>- geluidsabsorberende<sup>1</sup> rand aan spoorzijde van troglijggerbrug</li> <li>- rand aan niet-spoorzijde van troglijggerbrug</li> <li>- geluidsabsorberende<sup>1</sup> rand aan spoorzijde van M-baan</li> <li>- rand aan niet-spoorwegzijde van M-baan</li> </ul>
5 dB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rand (niet geluidsabsorberend<sup>1</sup>) aan spoorzijde van perron</li> <li>- rand (niet geluidsabsorberend<sup>1</sup>) aan spoorzijde van troglijggerbrug</li> <li>- rand (niet geluidsabsorberend<sup>1</sup>) aan spoorzijde van M-baan</li> </ul>

<sup>1</sup>Zie paragraaf 3.3.10.

$N_f$  wordt als volgt bepaald:

$$N_f = 0,37\varepsilon 2^{i-1} \quad (3.16)$$

met  $\varepsilon$  de 'akoestische omweg', die wordt gedefinieerd als:

$$\varepsilon = r_T - r_L \quad \text{voor } z_T \geq z_K \quad (3.17a)$$

$$\varepsilon = 2r - r_T - r_L \quad \text{voor } z_T < z_K \quad (3.17b)$$

In de gevallen waarin het profiel van het afschermend object niet overeenkomt met een van de in tabel 3.4 genoemde profielen, wordt een nader onderzoek naar de schermwerking van dat object verricht.

Als de spoor specifieke geluidisolatie van de afscherming minder dan 10 dB groter is dan de berekende schermwerking  $\Delta L_{sw}$  is nader onderzoek vereist naar de totale geluidsreducerende werking van de afscherming.

### 3.7. Bepaling spoor specifieke absorptie

De absorptiecoëfficiënten worden bepaald overeenkomstig NEN-EN-ISO 354. De bepaalde absorptiecoëfficiënten in tertsbanden worden **gewogen** gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van de spoorverkeersspectra als weging wordt gebruikt, zie tabel 3.5.

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Tabel 3.5 A-gewogen en op 0 dB genormeerd spectrum voor spoorverkeergeluid voor de berekening van een ééngetalswaarde in dB voor de spoor specifieke absorptie en spoor specifieke geluidisolatie van geluidsschermen.

Terts	Spoorverkeer	
	Spectrum (dB)	Spectrum (dB)
100	-16,2	-24,0
125		-21,0
160		-19,2
200	-10,0	-17,0
250		-15,0
315		-13,2
400	-6,1	-11,7
500		-10,8
630		-10,4
800	-4,9	-10,0
1.000		-9,7
1.250		-9,4
1.600	-5,0	-9,4
2.000		-9,4
2.500		-10,6
3.150	-15,0	-17,1
4.000		-21,0
5.000		-24,0

De spoor specifieke absorptie  $DL_{a,rail}$  wordt bepaald volgens:

$$DL_{a,rail} = -10 \lg \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} \alpha_{si} 10^{0,1L_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right| \quad (3.18a)$$

waarbij de ratio van de sommen niet meer dan 0,99 is.

$DL_{a,rail}$  wordt afgerond op gehele dB's en heeft een maximale waarde van 20 dB. Het eisen van een spoor specifieke absorptie met een waarde hoger dan 10 dB zal in het algemeen niet zinvol zijn.

### 3.8. Bepaling spoor specifieke geluidisolatie

De geluidisolatie wordt bepaald in overeenstemming met NEN-EN ISO 140-3. De bepaalde geluidisolatie  $R$  in tertsbanden worden gewogen gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van spoorverkeersgeluid als weging wordt gebruikt. Zie tabel 3.5. Bij de meting wordt het gehele scherm met steunconstructies betrokken.

De spoor specifieke geluidisolatie  $DL_{R,rail}$  wordt bepaald volgens:

$$DL_{R,rail} = -10 \lg \left| \frac{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i} 10^{-0,1R_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right| \quad (3.18a)$$

$DL_{R,rail}$  wordt afgerond op gehele dB's.

Bij schermen met een hoogte van 2 m boven BS bedraagt de spoorverkeersspecifieke geluidisolatie ten minste 25 dB, bij 4 m hoge schermen is dat 30 dB.

### 3.9. De niveaureductie ten gevolge van reflecties $\Delta L_R$

De niveaureductie die optreedt bij reflecties wordt berekend volgens de formule:

$$\Delta L_R = \Delta L_{R,abs} + \Delta L_F.$$

Hierin is:

- $\Delta L_{R,abs}$  de niveaureductie als gevolg van absorptie bij de reflecties;
- $\Delta L_F$  de niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.

#### Berekening van $\Delta L_{R,abs}$

Voor de berekening van de niveaureductie door de absorptie die optreedt bij reflecties zijn de volgende gegevens nodig:

$N_{ref}$ : het aantal reflecties (zie ook paragraaf 56.3) tussen bron en waarneempunt [-]  
-: type reflecterend object.

De berekening verloopt als volgt:

$$\Delta L_{R,abs} = N_{ref} \delta_{ref} \quad (3.19)$$

waarin  $\delta_{ref}$  de niveaureductie door één reflectie is. Voor gebouwen geldt voor alle octaafbanden  $\delta_{ref} = -10 \lg 0,8$ . Voor alle andere objecten is  $\delta_{ref} = 1$  voor alle octaafbanden, tenzij het object aantoonbaar geluidsabsorberend is uitgevoerd. In dat geval geldt per octaafband  $\delta_{ref} = -10 \lg (1 - \alpha)$ , waarin  $\alpha$  de geluidsabsorptiecoëfficiënt van het object is in de betrokken octaafband.  $N_{ref}$  kan ten hoogste de waarde 1 aannemen.

#### Berekening van $\Delta L_F$

De berekening van  $\Delta L_F$  wordt beschreven voor een enkele reflectie. Bij meer dan een reflectie moeten de niveaureducties voor de afzonderlijke reflecties bij elkaar worden opgeteld, waarbij steeds wordt uitgegaan van het geluidpad van de spiegelbron uit de voorgaande reflectie naar de waarnemer.

De niveaureductie  $\Delta L_F$  wordt berekend met de volgende formule:

$$\Delta L_F = -20 \lg (S_r / S_F).$$

Hierin is:

- $S_F$  een maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak;
- $S_r$  een maat voor het gedeelte van  $S_F$  dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak.

De berekening van  $S_F$  en  $S_r$  bestaat uit vijf stappen, die zijn geïllustreerd in figuur 3.6.

Figuur 3.6. Illustratie van vijf stappen (1-5) voor de berekening van  $S_F$  en  $S_r$ , voor reflectie aan een hellend oppervlak. Stap 1. De posities van de bron (b), waarnemer (w) en het reflecterende oppervlak (in het verticale sectorvlak) vormen het uitgangspunt van de berekening.

Stap 2. De bron wordt vervangen door de spiegelbron (b), door geometrische spiegeling in het reflecterende vlak.

Stap 3. Punten A en B op de Fresnelellipsoïde worden bepaald, op een loodrechte lijn ter plaatse van de voet van het scherm. Voor punten p op de Fresnelellipsoïde geldt  $|bp| + |pw| - |bw| = \lambda/8$ , waarin  $\lambda = 340/f$  de golflengte is bij de middenfrequentie  $f$  van een octaafband. De waarde van  $S_F$  is

gelijk aan  $|AB|$ .

Stap 4. Punten A en B worden omhoog verschoven over afstand  $\Delta z = r_b r_w / [26(r_b + r_w)]$  door de invloed van straalkromming. Hierin zijn  $r_b$  en  $r_w$  de horizontale afstanden tussen b respectievelijk w en de voet van het scherm.

Stap 5. De afmeting  $S_r$  wordt berekend als de hoogte van het gedeelte van het verticale lijnstuk tussen A en B dat ligt tussen top en voet van het reflecterende oppervlak.

De waarden van  $S_F$  en  $S_r$  worden aldus berekend voor alle acht octaafbanden, van 63 Hz ( $i=1$ ) tot en met 8 kHz ( $i=8$ ). Op het resulterende spectrum  $\Delta L_F(f_i)$  wordt een correctie toegepast. Beginnend bij 63 Hz ( $i=1$ ) wordt bij toenemende frequentie een bovengrens van 3 dB per octaafband opgelegd op het verschil  $\Delta L_F(f_{i+1}) - \Delta L_F(f_i)$ . Dus voor successievelijk  $i = 1, \dots, 8$  wordt  $\Delta L_F(f_{i+1})$  vervangen door de kleinste van de volgende waarden:

$$\begin{aligned} & \Delta L_F(f_{i+1}); \\ & \Delta L_F(f_i) + 3. \end{aligned}$$

Als geldt  $\Delta L_F(f_i) = \infty$ , dan worden alle waarden  $\Delta L_F(f_i)$  gelijkgesteld aan  $\infty$ . De reflectie kan dan worden verwaarloosd.

### 3.10. Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidniveau

Het A gewogen equivalente geluidsniveau in octaafbandindex  $i$ , symbool  $L_{eq,i}$ , wordt gegeven door:

$$L_{eq,i} = 10 \lg \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{\frac{\Delta L_{eq,ij,n}}{10}} \quad (3.20)$$

waarin de betekenis van de grootheden en de uitwerking ervan analoog zijn aan die van formule 3.1a.

## 4. Meetmethoden

### 4.1 Standaardmeetmethode

Voor het bepalen van de geluidbelasting met behulp van metingen wordt de aanpak voor  $L_{den}$ -metingen gevolgd van de norm NEN-ISO 1996-2:2017, hierna te noemen 'de norm'. Voor de metingen kunnen drie soorten situaties worden onderscheiden:

1. Een situatie die *binnen* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. Dat wil zeggen dat de situatie berekend kan worden met de formules uit de standaardrekenmethode. In dat geval kan een gemeten  $L_{den}$  worden gebruikt om de geluidbelasting te valideren die met de standaardrekenmethode voor de betrokken locatie wordt vastgesteld. Een gemeten  $L_{den}$  kan daarmee inzicht bieden in de kwaliteit en betrouwbaarheid van de rekenmethode, mits de metingen ook zelf van voldoende kwaliteit zijn en mits de totale meetonzekerheid correct is bepaald en op navolgbare wijze gerapporteerd. Een gemeten  $L_{den}$  kan in deze situatie geen zelfstandige juridische status hebben als 'geluidbelasting' die wordt getoetst aan geluidnormen.
2. Een situatie die *gedeeltelijk binnen en gedeeltelijk buiten* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dat geval kan het nuttig zijn om metingen uit te voeren ter verbetering van de rekenmethode of om de meetresultaten te gebruiken om rekenresultaten mee te corrigeren. De gehanteerde methode moet worden onderbouwd en moet geschikt zijn voor de specifieke situatie.
3. Een situatie die volledig buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dat geval kan het noodzakelijk zijn om de geluidbelasting vast te stellen op basis van metingen.

Naast metingen kunnen, met inachtneming van de onder 1, 2 en 3 genoemde criteria, ook alternatieve reken- of meetmethoden worden gebruikt, als een situatie geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt.

Onder zekere voorwaarden kan van de voorgeschreven werkwijze uit de norm worden afgeweken en kan een eenvoudige methode worden gebruikt. Deze eenvoudige methode is alleen toegestaan voor metingen als bedoeld bij punt 1.

Voor situaties (gedeeltelijk) buiten het toepassingsgebied (punt 2 en 3) is een vereenvoudiging niet

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

aan de orde, omdat dit bijzondere situaties zijn waarvoor per geval naar de meest geschikte mogelijkheden wordt gekeken om een representatieve geluidbelasting te bepalen. Daarbij worden de uitgangspunten van paragraaf 4.1.3 gehanteerd.

### 4.1.1 Voorwaarden eenvoudige meetmethode

Voor de meetafstand en meethoogte wordt uitgegaan van een afstand die de invloed van de meteo-condities en bodemreflecties op de meetonzekerheid zo klein mogelijk maakt. De locatie moet zo worden gekozen dat er geen beïnvloeding is van andere of kruisende (spoor)wegen of gevelreflecties.

Om volgens de eenvoudige meetmethode een  $L_{den}$  te bepalen, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

Voor de meetafstand  $D$  tot de spoorweg geldt:  $D \leq 20 (h_s + h_r)$ , waarbij  $h_s$  de bronhoogte is (*source*) en  $h_r$  de meethoogte (*receiver*). De bronhoogte is de hoogte van het spoor boven maaiveld, vermeerderd met 0,25 m. Voor de meethoogte geldt:  $h_r \geq 4$  m.

Het gaat om één afzonderlijke spoorweg, met een of meer sporen.

Er zijn geen reflecterende objecten binnen een afstand  $2D$  tot de microfoon.

De meetgegevens (verstoorde uren niet meegeteld) hebben betrekking op:

- ten minste 720 daguren, 240 avonduren en 480 nachturen;
- vallend binnen één dienstregelingsjaar;
- met een gelijke verdeling over de weekdays (elke weekday heeft tussen 12% en 17% van het totaal aantal uren);
- waarbij de optreedfrequentie voor de vier meteklassen ten minste de helft bedraagt van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie (zie tabel 4.3);
- waarbij de temperatuur  $T$  gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 5 en 15°C ligt;
- en
- de relatieve luchtvochtigheid  $RH$  gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 70 en 90% ligt.

Voor de meetapparatuur geldt: IEC-klasse 2 is toegelaten, mits het bron spectrum naar verwachting breedbandig is (geen tonaal geluid, geen excessief laag- of hoogfrequent geluid, bij twijfel wordt IEC klasse 1 gebruikt; windbol is vereist; meting van ten minste 1  $L_{eq}$ -waarde per seconde (A-gewogen equivalente geluidniveau), of 1  $L_E$ -waarde per event (A-gewogen geluidexpositieniveau). IJking vindt plaats vooraf, achteraf en tussendoor ten minste eens per drie maanden. Verschillen tussen de ijkingen zijn niet groter dan 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. Als grotere verschillen optreden, worden die in de meetonzekerheid verdisconteerd.

Als aan de criteria onder D niet wordt voldaan, moet de meetperiode worden verlengd.

De metingen worden uitgevoerd volgens de werkwijze van paragraaf 4.1.2.

### 4.1.2 Werkwijze eenvoudige meetmethode

#### Residueel geluid

De microfoon wordt met zijn gevoeligste richting omhoog georiënteerd. De meetpositie, de omgeving, de meetperiode en apparatuur moeten voldoen aan de voorwaarden uit paragraaf 4.1.1. Meetwaarden ( $L_{eq}$  per seconde of  $L_E$  per event) waarbij kortstondig, dat wil zeggen enkele seconden of minuten, verstoring plaatsvindt door residueel geluid, worden buiten de bepaling van de uurgemiddelden gehouden. Herkenning van versturende geluiden kan gebeuren op basis van spectrale of temporele kenmerken (fluitende vogels, vliegtuigen, sirenetest luchtalarm, tikkende vlaggenmasten, vuurwerk, en dergelijke).



## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

De overige meetwaarden worden verwerkt tot uurwaarden, dat wil zeggen uurgemiddelde A-gewogen ruwe waarden  $L'$  en uurgemiddelde waarden voor residueel geluid  $U$ . Voor het niveau van het residuele geluid kan de  $L_{90}$  of  $L_{95}$  worden gebruikt.

### Markeren en stratificeren

Uurwaarden worden als verstoord beschouwd en buiten beschouwing gelaten als een of meer van onderstaande situaties zich voordoen:

- overmatig residueel geluid, dat wil zeggen uurwaarden met  $L' - L_{res} < 5$  dB;
- regen ( $>1,0$  mm neerslag per uur);
- verstoring door windgeruis (direct of indirect zoals door het ritselen van bladeren);
- niet-representatieve geluidoverdracht (sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen).

Als richtlijn voor verstoring door windgeruis op de microfoon met een 90 mm windbol gelden de volgende toegestane windsnelheden  $W_{max}$ .

Tabel 4.1 Toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Passageniveau ( $L_{A,max}$ ) groter dan	[dB(A)]	40	50	60	70
$W_{max}$	[m/s]	4	6	8	11

Uren tijdens welke een hogere uurgemiddelde windsnelheid dan  $W_{max}$  aanwezig is, worden als verstoord beschouwd. Om  $W_{max}$  uit de tabel af te kunnen lezen moet het (gemiddelde) passageniveau ( $L_{A,max}$ ) voor de microfoonpositie op de meetlocatie bekend zijn. Als dat passageniveau niet uit de meetgegevens zelf kan worden afgeleid, kan het geschat worden, bijvoorbeeld met behulp van vergelijkbare metingen van elders of met berekeningen op basis van een geschikt rekenmodel

De volgende meteogegevens zijn van belang: windrichting, windsnelheid, neerslag, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Deze worden bij voorkeur van een eigen meetstation op de meetlocatie betrokken. Als geen eigen neerslagwaarden beschikbaar zijn, worden registraties van de KNMI-neerslagradars gebruikt. Als ook die niet beschikbaar zijn, worden urengegevens van de twee of drie meest nabije KNMI-weerstations of gelijkwaardig gebruikt, waarbij voor elk uur het maximale neerslagniveau (mm) van die weerstations wordt gebruikt, als *worst-case* benadering voor de geluidmeetlocatie.

De uurwaarden voor  $L'$  en  $L_{res}$  die worden meegenomen in de analyse worden op de volgende wijze gecorrigeerd voor het aandeel residueel geluid:

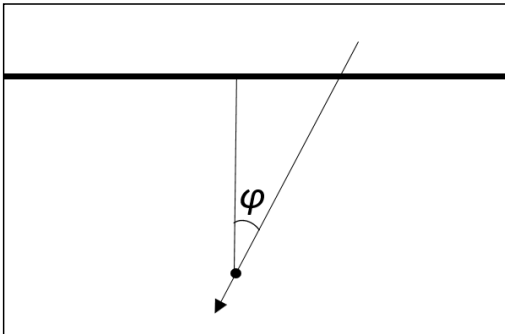
$$L = L' + 10 \lg\left(1 - 10^{\frac{L_{res}-L'}{10}}\right) \quad (4.1)$$

### Meteostratificatie

Op basis van de meewindcomponent  $V_{mee}$  van de windsnelheid  $V_{wind}$ , gemeten op 10 m hoogte, moet per uur worden bepaald van welke meteoklasse M1 tot en met M4 sprake is. Als  $\varphi$  de hoek is tussen de windrichting en de dominante voortplantingsrichting vanuit de geluidbron (dat is meestal de kortste verbindinglijn tussen de spoorweg en de meetpositie), wordt deze component gegeven door:

$$V_{mee} = V_{wind} \cos(\varphi) \quad (4.2)$$

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen



Figuur 4.1 Bepalen van de hoek  $\varphi$ .

De meteoklassen hangen af van de meteorologische dag en nacht, en van de meewindcomponent zoals in tabel 4.2 aangegeven.

Tabel 4.2 Meteoklassen eenvoudige methode

Meteoklasse	Omschrijving	Overdag	's Nachts
M1	ongunstig	$V_{mee} < 1$ m/s	$V_{mee} < -1$ m/s
M2	homogeen	$1 \text{ m/s} \leq V_{mee} < 3$ m/s	n.v.t.
M3	gunstig	$3 \text{ m/s} \leq V_{mee} \leq 6$ m/s	n.v.t.
M4	zeer gunstig	$V_{mee} > 6$ m/s	$V_{mee} \geq -1$ m/s

De mate waarin deze meteoklassen tijdens de meetperiode optreden, zal in het algemeen afwijken van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie van deze meteoklassen. Om een representatieve  $L_{den}$ -waarde te bepalen, is het nodig om de metingen te corrigeren voor het verschil tussen de optreedfrequentie in de meetperiode en de langtijdgemiddelde optreedfrequentie. Daartoe wordt van elke meetdag  $k$  het energetisch gemiddelde geluidniveau  $L_{p,m,k}$  per etmaalperiode en per meteoklasse bepaald over de uurwaarden. Daarin geeft de index  $p$  de drie etmaalperioden aan (dag 07.00-19.00 uur, avond 19.00-23.00 uur, nacht 23.00-07.00 uur) en de index  $m$  de vier meteoklassen (M1, M2, M3 en M4).

Daarnaast wordt de fractie  $q_{p,m,k}$  berekend. Deze is gedefinieerd als het aantal geldige meeturen per meteoklasse  $m$ , gedeeld door het aantal geldige uren van die etmaalperiode. Per etmaalperiode ( $p$ ) van elke meetdag ( $k$ ) geldt  $\sum_m q_{p,m,k} = 1$ .

Het equivalente geluidniveau per etmaalperiode en per meteoklasse, aangeduid met  $L_{p,m}$ , wordt over de gehele meetperiode bepaald met weging naar  $q_{p,m,k}$ :

$$L_{p,m} = 10 \lg \left( \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} \right) \text{ dB} \quad (4.3)$$

waarin  $Q_{p,m}$  als volgt is gedefinieerd:

$$Q_{p,m} = \sum_k q_{p,m,k}$$

Deze met  $q_{p,m,k}$  gewogen energetische middeling van geluidwaarden is nodig om de bijdragen van onafhankelijke metingen correct te verwerken. Alleen metingen afkomstig uit verschillende etmalen gelden meteorologisch als onafhankelijk van elkaar. Het totale aantal bijdragende etmalen kan worden berekend door  $Q_{p,m}$  te sommeren over de meteoklassen:  $\sum_m Q_{p,m}$ .

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Voor de standaardafwijking  $u_{p,m}$  die de onzekerheid in de emissie representeert voor  $L_{p,m}$ , geldt dat alle  $L_{p,m,k}$  onafhankelijke metingen betreffen. De standaardafwijking  $u_{p,m}$  kan daarom als volgt worden berekend:

$$u_{p,m} = 10 \lg \left( 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} + S_{p,m} \right) - L_{p,m} \text{ dB}, \quad (4.4)$$

waarin  $S_{p,m}$  wordt bepaald door

$$S_{p,m}^2 = \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} \left( 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} - 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right)^2. \quad (4.5)$$

**Verwerking meetresultaat per periode**

Voor het extrapoleren van de meetresultaten naar een jaargemiddelde waarde is het noodzakelijk de langtijdgemiddelde optreedfrequenties  $f_{\text{optreed},p,m}$  van de verschillende meteoklassen in elke etmaalperiode te kennen. De optreedfrequentie wordt in tabel 4.3 opgezocht bij de betrokken etmaalperiode  $p$  en bij de sectorhoek die van toepassing is op de meetsituatie. Voor meetlocaties op grotere afstand van De Bilt kan een eigen langtijdgemiddelde worden bepaald op basis van uurgegevens van een nabijgelegen KNMI-meetstation over een recente periode van ten minste 20 jaar.

Tabel 4.3 Optreedfrequentie  $f_{\text{optreed}}$  per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt (1989-2018)<sup>1</sup>

sectorhoek (°)	$p=\text{dag}$				$p=\text{avond}; p=\text{nacht}$			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
“van” - “t/m”								
350 - 10	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
10 - 30	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
30 - 50	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
50 - 70	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
70 - 90	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
90 - 110	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
110 - 130	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
130 - 150	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
150 - 170	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
170 - 190	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
190 - 210	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
210 - 230	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
230 - 250	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
250 - 270	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
270 - 290	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
290 - 310	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
310 - 330	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
330 - 350	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6

<sup>1</sup> 0° representeert een meewindrichting van noord naar zuid, 90° van oost naar west, etcetera.

Het jaargemiddelde geluidniveau per etmaalperiode,  $L_p$ , wordt als volgt bepaald:

$$L_p = 10 \lg \left( \sum_m f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right) \text{ dB}. \quad (4.6)$$

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

De totale meetonzekerheid voor  $L_p$  bedraagt:

$$u_p = \sqrt{\sum_m c_{p,m}^2 u_{p,m}^2 + u_{\text{wind}}^2 + u_{\text{nat}}^2 + u_{\text{meteo}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{sim}}^2}, \quad (4.7)$$

waarin de gevoeligheidscoëfficiënten  $c_{p,m}$  zijn gedefinieerd als

$$c_{p,m} = \frac{f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}}}{10^{\frac{L_p}{10}}}, \quad (4.8)$$

en waarin de overige bronnen van meetonzekerheid als volgt zijn bepaald:

$u_{\text{wind}}$  is de onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind. Ook het geluid in die geschrapte periodes draagt bij aan het totale geluid in de gemeten situatie. Hiervoor geldt:  $u_{\text{wind}} = (6/W_{\text{max}})^2$  [dB].

$u_{\text{nat}}$  is de onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol. Een natte windbol kan tot enkele uren na de regenbui een effect hebben van enkele dB's. Voor een langdurige meetperiode, zoals bij de eenvoudige methode, is het percentage natte uren niet variabel en is het effect te schatten op  $u_{\text{nat}} = 0,3$  dB. Op basis van artikel 8.3 van de ISO-norm kan de meetonzekerheid nauwkeuriger worden bepaald, als het geluideffect voor het type microfoon en windbol afhankelijk van de neerslagwaarde en opdroogtijd in detail bekend is.

$u_{\text{meteo}}$  is de onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse. Deze wordt geschat op 0,3 dB. Met annex F.1 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.

$u_{\text{res}}$  is de onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van  $L_{90}$  of  $L_{95}$  tijdens onbemande metingen. Deze wordt geschat op 0,5 dB. Met annex F.2 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.

$u_{\text{sim}}$  is de meetonzekerheid van de meetketen. Deze bedraagt 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. De bij de ijkingen gevonden afwijkingen kunnen aanleiding geven om hogere onzekerheden in rekening te brengen.

### Bepaling $L_{\text{den}}$

De resultaten van dag, avond en nacht worden samengenomen om de  $L_{\text{den}}$  met de bijbehorende meetonzekerheid te bepalen. De  $L_{\text{den}}$  wordt berekend met:

$$L_{\text{den}} = 10 \lg \left( \frac{12}{24} 10^{L_{\text{dag}}/10} + \frac{4}{24} 10^{(L_{\text{avond}}+5)/10} + \frac{8}{24} 10^{(L_{\text{nacht}}+10)/10} \right) \text{ dB} \quad (4.9)$$

De meetonzekerheid bedraagt:

$$u_{\text{den}} = \sqrt{\left[ \left( \frac{12}{24} 10^{\frac{L_{\text{dag}}}{10}} \right)^2 u_{\text{dag}}^2 + \left( \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{\text{avond}}+5}{10}} \right)^2 u_{\text{avond}}^2 + \left( \frac{8}{24} 10^{\frac{L_{\text{nacht}}+10}{10}} \right)^2 u_{\text{nacht}}^2 \right] / 10^{\frac{L_{\text{den}}}{10}}} \quad (4.10)$$

Het eindresultaat wordt genoteerd met 95% betrouwbaarheidsinterval. De grootte van dat interval is tweemaal de standaard meetonzekerheid. De notatie is " $L_{\text{den}} = [L_{\text{den}}] \pm 2 \cdot [u_{\text{den}}]$  dB (95% BI)", waarin de rechte haken de getalswaarden aangeven.

### Vergelijking met standaardrekenmethode

Als de gemeten  $L_{\text{den}}$  wordt vergeleken met een  $L_{\text{den}}$ -waarde die voor de onderzochte situatie is bepaald met de standaardrekenmethode, zijn er aanvullende factoren waar rekening mee gehouden moet worden:

Komt de gemodelleerde omgeving in het rekenmodel overeen met die bij de metingen?

Komt het bovenbouwtype in het model overeen met die bij de metingen?

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Komen de verkeersgegevens (intensiteiten en snelheden per voertuigcategorie) overeen, voor zover bekend?

Betreft de berekende  $L_{den}$ -waarde de actuele situatie, een plafondsituatie of een basisgeluidemissie?

Bij een vergelijking van berekende en gemeten  $L_{den}$ -waarde moet in elk geval rekening worden gehouden met het potentiële verschil tussen de momentane en gemiddelde railruwheid. Akoestisch is dit een effect met een zaagtandverloop in de tijd, waarbij de cyclus ten minste enkele jaren bedraagt.

### Rapportage eenvoudige methode

Het doel van de metingen.

Naam en adres van de instantie en naam van de personen die de meting hebben uitgevoerd.

Datum en plaats van de metingen.

Gegevens van het spoor: aantal sporen, bovenbouwconstructie, de aanwezige geluidmaatregelen, de verkeerintensiteiten en snelheden volgens opgave van de bronbeheerder, en (voor zover beschikbaar) de met de standaardrekenmethode berekende  $L_{den}$  voor de meetpositie en een bronverwijzing (naam, datum en kenmerk van het akoestisch onderzoek waarin die berekeningen zijn opgenomen).

Omschrijving en foto's van de meetlocatie: omgeving, bodem met eventuele begroeiing, meetpositie.

Een lijst van de gebruikte meetapparatuur en type microfoons en analyseapparatuur/software met serienummers en de laatste kalibratiedatum, voor zover van toepassing.

Het verloop van de temperatuur en luchtvochtigheid tijdens de gehele meetperiode, apart voor alle dagperiodes en voor alle nachtperiodes; het verloop van de uurwaarde  $L$  (uit formule (4.1)) over het etmaal, apart per weekdag, als energetisch gemiddelde over de gehele meetperiode.

Een kwantitatieve onderbouwing waaruit blijkt dat aan de voorwaarden voor de eenvoudige methode is voldaan. Een lijst van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven methode die mogelijk van invloed zijn op het resultaat.

Het percentage van de ongeldige uren op het totaal aantal (geldige en ongeldige) uren, uitgesplitst naar oorzaak van verstoring (overmatig residueel geluid, regen, wind, niet-representatieve geluidoverdracht); de gehanteerde maximale waarde van de windsnelheid  $W_{max}$  met een toelichting van die keuze.

Meetonzekerheidsberekening voor dag, avond en nacht.

De  $L_{den}$  en het 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Bij vergelijking van gemeten en berekende  $L_{den}$ : een beschrijving van overeenkomsten en verschillen in uitgangspunten en waar mogelijk een kwantitatieve inschatting daarvan; een kwantitatieve inschatting van het effect van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven meetsituatie en meetperiode ten opzichte van de werkelijke meetsituatie en meetperiode.

Als voor de meetsituatie een eigen langtijdgemiddelde optreedfrequentie is bepaald: een beschrijving van de gebruikte gegevens en de wijze van verwerking tot een langtijdgemiddelde.

### 4.1.3 Uitgangspunten bepaling geluidbelasting

Voor metingen met het doel een geluidbelasting of correctiewaarde vast te stellen (in situaties geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode) gelden de eisen en werkwijzen van de ISO-norm met inachtneming van de volgende bijzondere uitgangspunten:

Instrumentatie: volgens artikel 5 van de norm, met als aanvulling dat in tertsbanden van 25 Hz tot 10 kHz wordt gemeten.

Als het onvermijdelijk is om te meten op locaties met geluid van meerdere wegen of spoorwegen, worden de bijdragen per weg of spoorweg eerst uitgesplitst, voordat de overige bewerkingen, controles en correcties worden uitgevoerd. Voor het uitsplitsen kan

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

afhankelijk van de lokale situatie gebruik worden gemaakt van bijvoorbeeld detectielussen, lichtsluizen of hulpmicrofoons dichtbij elke bron.

De geluidbelasting kan op drie manieren wordt bepaald, volgens artikel 10.6.1, 10.6.2 of 10.6.3 van de norm.

Er wordt gestreefd naar een totale meetonzekerheid van niet meer dan  $\pm 1$  dB. De meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval is per definitie tweemaal zo groot, dus bij voorkeur niet meer dan  $\pm 2$  dB.

Het resultaat van de meting is een  $L_{den}$  die met bijbehorende meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt opgegeven, met de volgende notatiewijze:  $L_{den} = 61,2 \pm 1,8$  dB (95% BI). De uiteindelijke geluidbelasting (voor juridische context) wordt op hele dB's afgerond en zonder marge opgegeven, in dit voorbeeld 61 dB.

Residueel geluid ('achtergrondgeluid') wordt verwerkt volgens annex I van de norm.

Meteostratificatie (M1, M2, M3 en M4) is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de langtijdgemiddelde situatie. In sommige gevallen moet een geschikt overdrachtsmodel worden gebruikt voor deze correctie. Bij de meteostratificatie kan het nodig zijn de aanpak van annex A van de norm te volgen. In dat geval zijn de optreedfrequenties van tabel 4.3 niet van toepassing, omdat deze op basis van eenvoudige uitgangspunten zijn vastgesteld. Meteogegevens voor wind, temperatuur en luchtvochtigheid worden bij voorkeur op de meetlocatie geregistreerd, maar kunnen worden betrokken van nabije KNMI-stations. Voor neerslag moeten eigen registraties op de meetlocatie worden gebruikt.

Correctie voor de luchtdemping volgens annex D.1 van de norm, naar 10°C en 80% RH voor Nederland.

Emissiestratificatie is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de maatgevende emissie of referentiesituatie. Deze correctie is volgens annex D.3 van de norm.

Als daar aanleiding voor is, moeten de meetwaarden ook worden gecorrigeerd voor het verschil tussen de railruwheid tijdens de meetperiode en de gemiddelde Nederlandse railruwheid.

Meetwaarden tijdens en na neerslag: volgens artikel 8.3 van de norm. Voor meetwaarden tijdens de opdroogperiode van de windbol wordt rekening gehouden met extra meetonzekerheid. Meetwaarden tijdens uren met te harde wind worden geschrapt.

Meetwaarden tijdens uren met een sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen worden geschrapt door niet-representatieve geluidoverdracht.

Rapportage zoals bij de eenvoudige methode, met aanvullend: tabellen met gemiddelde meetwaarden per meetdag (gesplitst per etmaalperiode en meteoklasse) en een analyse van de meetonzekerheid volgens annex F van de norm.

## 4.2. Methode voor meting en modellering van stalen kunstwerken

### 4.2.1. Inleiding

Het rijden over een stalen kunstwerk zal in het algemeen leiden tot een toename van de geluidemissie. Deze toename wordt veroorzaakt door enerzijds een toename van het rolgeluid van het spoorvoertuig en anderzijds de geluidafstraling van het stalen kunstwerk zelf. Bij stalen kunstwerken wordt in de rekenmethode deze toename van de emissie gekarakteriseerd door een geluidemissietoeslag. Zie paragraaf 2.5.2. De geluidafstraling van het kunstwerk wordt per bronlijn apart in rekening gebracht door middel van het modelleren van twee bronlijnen. Behalve de bronlijn voor het rolgeluid wordt een tweede bronlijn gepositioneerd in het hart van elke bronlijn op het kunstwerk. De afstraalkarakteristiek van het kunstwerk vertoont verschillen met de afstraalkarakteristiek van het rolgeluid. Daarom heeft de bronlijn voor het kunstwerk een andere geometrische uitbreidingsterm dan de bronlijn voor het rolgeluid.

Voor het uitvoeren van akoestisch onderzoek is het wenselijk de geluidemissietoeslag te beschrijven, onafhankelijk van de geometrische modellering van het kunstwerk en de naastliggende aarden baan.

In deze paragraaf wordt de bepaling en de modellering van deze geluidemissietoeslag in de

standaardrekenmethode uitgewerkt.

#### 4.2.2. Geluidemissietoeslag

De geluidemissietoeslag  $\Delta L_{E,brug}$  is gedefinieerd als het verschil tussen de emissie van de door het kunstwerk beïnvloede bronnen en dezelfde bronnen zonder de invloed van het kunstwerk. Deze geluidemissietoeslag wordt bepaald per voertuigcategorie, per octaafband. Omwille van de leesbaarheid zijn in de hierna gebruikte formules de indices voor voertuigcategorie  $c$  en octaafband  $i$  weggelaten.

$$L_{E,totaal,brug} = L_{E,totaal} + \Delta L_{E,brug} \quad (4.11)$$

De totale emissie op het kunstwerk is de energetische optelling van de rolgeluidemissie (inclusief de extra rolgeluidemissie ( $\Delta L_{E,brug-rol}$ )) op de bronlijnen op 0 en 0,5 m van de bovenkant van het spoor (BS) en de emissie van het kunstwerk zelf op de bronlijn op 0m BS ( $L_{E,brug-kunstwerk}$ ).

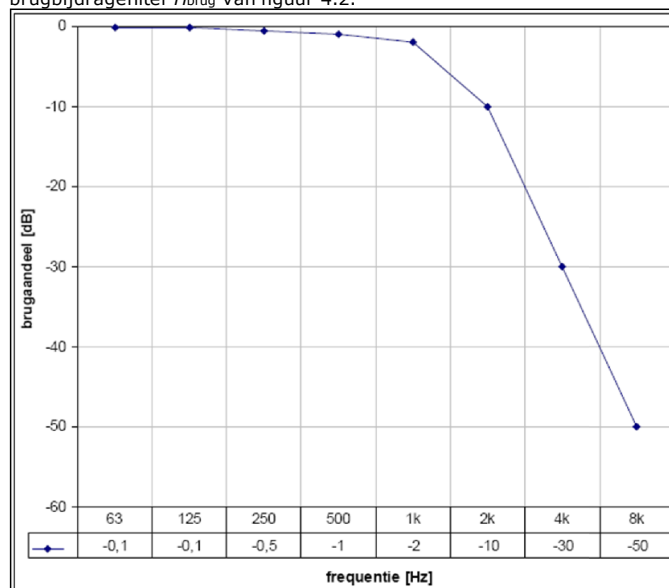
Deze totale emissie van het kunstwerk wordt in het model gerepresenteerd door twee bronlijnen, namelijk een bronlijn voor het kunstwerk met emissie  $L_{E,brug-kunstwerk}$  en een bronlijn voor het rolgeluid met emissie  $L_{E,brug-rol}$ .

De emissie zonder de invloed van het kunstwerk is de energetische optelling van de rolgeluidbronnen alsof er geen geluidemissietoeslag is (dus zonder de  $\Delta L_{E,brug-rol}$ ) en zonder kunstwerkgeluid en waarbij op de brug een bovenbouwcode  $bb=1$  wordt gebruikt:

$$L_{E,totaal} = L_E^{bs} \oplus L_E^{as} = 10 \lg \left( 10^{L_E^{bs}/10} + 10^{L_E^{as}/10} \right) \quad (4.12)$$

#### 4.2.3. Splitsing in rolgeluidtoename en kunstwerkgeluid

De extra emissie door de geluidemissietoeslag wordt gesplitst in twee delen: toename van het rolgeluid ( $\Delta L_{E,brug-rol}$ ) en kunstwerkgeluid ( $L_{E,brug-kunstwerk}$ ). De toename van het geluid wordt bij lage frequenties (tot 1 kHz) voornamelijk veroorzaakt door kunstwerkgeluid, bij hoge frequenties door rolgeluid. De splitsing van de geluidtoename wordt eenduidig vastgelegd met het empirische brugbijdragefilter  $H_{brug}$  van figuur 4.2.



## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Figuur 4.2 Spectrale karakteristiek van het filter om het brugaandeel uit het verschilspectrum te filteren.

Het gedeelte van de geluidemissie van de brug dat wordt toegekend aan het kunstwerk wordt hiermee:

$$L_{E,brug-kunstwerk} = L_{E,totaal,brug} + H_{brug} \quad (4.13)$$

waarbij de correctiefactoren  $H_{brug}$  worden gebruikt, zoals die zijn weergegeven in figuur 4.2. De rest van de geluidemissie van de brug bestaat uit het rolgeluid. Deze bestaat uit de emissie van brug zonder de invloed van de brug plus een toeslag op het rolgeluid  $H_{rol}$ :

$$L_{E,brug-rol} = L_{E,totaal,brug} + H_{rol} \quad (4.14)$$

met

$$H_{rol} = 10 \lg(1 - 10^{H_{brug}/10}) \quad (4.15)$$

Daarmee wordt de toeslag op het rolgeluid:

$$\Delta L_{E,brug-rol} = L_{E,brug-rol} - L_{E,totaal} \quad (4.16)$$

Deze toeslag wordt opgeteld bij de rolgeluidbronnen op BS- en AS-hoogte, waarbij de bovenbouw wordt gemodelleerd met code  $bb=1$ .

### 4.2.4. Meettechnische bepaling van de geluidemissietoeslag

Deze methode kan worden toegepast om de geluidemissietoeslag te bepalen uit vergelijkende immissiemetingen nabij de brug en nabij het spoor op normaal talud (aardebaan, bij voorkeur met bovenbouwconstructie  $bb=1$ ). Het geluiddrukkniveau van spoorvoertuigpassages wordt nabij de brug en nabij de aardebaan in één meetdoorsnede op gelijke afstand vanaf het hart van het spoor (HS) gemeten.

Voor het bepalen van de horizontale afstand tussen baan en microfoons worden de volgende punten in overweging genomen:

- Wegens nabijheidsveldeffecten bedraagt de meetafstand ten minste  $1,5D$  vanaf het hart van de brug, waarbij  $D$  een karakteristieke voor de geluidafstraling relevante afmeting in de dwarsdoorsnede van de brug is, bijvoorbeeld de plaatafmeting van het brugdek of de breedte van de brug.
- Wegens de totale openingshoek bedraagt de meetafstand ten hoogste de helft van de afstand van de meetdoorsnede tot elk van de uiteinden van de brug, gemeten langs de brug.
- De meetafstand bedraagt ten minste 7,5 m uit het hart van het dichtstbijgelegen spoor. Bij bruggen korter dan 30 m wordt dus gemeten in het midden van de brug, waarbij rekening wordt gehouden met de beperkte lengte van de brug.

Om een te grote invloed van bodemeffecten op de aardebaan te voorkomen, wordt een meethoogte van 1,5 m boven de bovenzijde van het spoor (BS) aanbevolen bij een meetafstand van 7,5 m tot het HS. Bij een meetafstand van 25 m wordt een hoogte van 3,5 m aanbevolen.

Bij tussenliggende meetafstanden wordt tussen deze hoogtes geïnterpoleerd. Dit betekent dat de meethoogte zo wordt aangepast dat de 'verticale zichthoek' naar BS in de orde van  $10^\circ$  ligt. Nabij de aardebaan wordt op één hoogte gemeten: meethoogte  $h$ . Nabij de brug wordt gemeten op twee hoogtes:  $+h$  BS en  $-h$  BS, waarbij de laagste meethoogte ten minste 1 m boven het op die locatie aanwezige bodemoppervlak ligt. De resultaten van deze metingen worden gemiddeld. Wanneer de resultaten van deze twee meetpunten bij de brug sterk uiteenlopen (richtlijn: meer



## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

dan 5 dB per octaafband), kan worden gerekend met de hoogste meetwaarden of wordt er nader akoestisch onderzoek uitgevoerd.

Bij de meting moet de representatieve operationele situatie worden onderzocht, dat wil zeggen de verdeling van gemeten spoorvoertuigen over de verschillende spoorvoertuigcategorieën en de gereden snelheid komt overeen met de maatgevende situatie ter plaatse. Bij meersporige bruggen met 'gelijkwaardige sporen' kan worden volstaan met een toeslagmeting voor het aanliggende spoor. Bij 'niet-gelijkwaardige sporen' moet de toeslag voor alle sporen afzonderlijk bepaald worden.

Voor alle meetposities wordt per spoorvoertuigpassage per spoorvoertuigcategorie het equivalente geluidniveau bepaald door te middelen over de tijd waarin de trein zich voor de meetpositie bevindt ( $L_{pAeq, Tp}$  uit NEN-EN-ISO 3095:2013). De immisietoeslag per categorie  $\Delta L_{I,brug,c,i}$  volgt dan uit het lineair gemiddelde verschil tussen de beide geluidmeetposities over  $n$  (ten minste 5) passages:

$$\Delta L_{I,brug,c,i} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (L_{Aeq,br,c,i,k} - L_{Aeq,ab,c,i,k}) \quad (4.17)$$

met:

$c$ : index spoorvoertuigcategorie;

$i$ : index octaafband;

$k$ : volgnummer meting;

$L_{Aeq,br,c,i,k}$ : meetresultaat bij de brug;

$L_{Aeq,ab,c,i,k}$ : meetresultaat bij de aardebaan.

Het gemeten immisieverval tussen brug en aardebaan wordt beïnvloed door twee factoren: het verschil in geluidemissie tussen een voertuig op de brug en hetzelfde voertuig op de baan en het verschil in overdrachtsverzwakking. Daarnaast kan, als de bovenbouwconstructie afwijkt van  $bb=1$ , een correctie nodig zijn naar bovenbouwconstructie  $bb=1$ .

Dit betekent dat de gemeten immisietoeslag wordt gecorrigeerd met  $H_{correctie,\Delta overdracht}$  voor het verschil in overdrachtsverzwakking om een waarde te vinden voor de geluidemissietoeslag.

In het algemeen geldt:

$$\Delta L_{E,brug,c,i} = \Delta L_{I,brug,c,i} - H_{correctie,\Delta overdracht} \quad (4.18)$$

De waarde voor de correctie in overdrachtsverzwakking is alleen voor eenvoudige gevallen gemakkelijk te bepalen. Echter, als een akoestisch model wordt gemaakt van de meetsituatie, dan kan  $H_{correctie,\Delta overdracht}$  iteratief worden bepaald. Dan wordt de volgende procedure gebruikt:

- Veronderstel dat de geluidemissietoeslag precies gelijk is aan als de gemeten geluidemissietoeslag:  $\Delta L_{E,brug,c,i} \equiv \Delta L_{I,brug,gemeten,c,i}$
- Vervolgens wordt de procedure uit 4.2.2 doorlopen om kunstwerkgeluid en extra rolgeluid toe te kennen aan de bronnen op de brug. Op de brug wordt als bovenbouw  $bb=1$  gemodelleerd.
- Op de meetposities op de brug en de aardebaan worden de geluidemissiespectra berekend. Het verschil tussen die twee geluidspectra wordt aangeduid als  $\Delta L_{I,brug,1^{e}schatting,c,i}$
- De correctie voor het verschil in overdrachtsverzwakking wordt bepaald volgens de formule:

$$H_{correctie,\Delta overdracht} = \Delta L_{I,brug,1^{e}schatting,c,i} - \Delta L_{I,brug,gemeten,c,i} \quad (4.19)$$

### Verdisconteren rijnsnelheid

Naast geluiddrukkniveaus wordt in beide meetdoornedes de rijnsnelheid van het spoorvoertuig bepaald. Wanneer de snelheid tussen beide meetdoornedes meer dan 5% verschilt, wordt de

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

aardebaanmeting gecorrigeerd met de emissieformules (zie 2.4). Wanneer dit verschil meer dan 25% bedraagt, is de meting niet bruikbaar voor de bepaling van de brugtoeslag.

Het brugtoeslagspectrum is afhankelijk van snelheid en spoorvoertuigcategorie. De brugtoeslag kan worden toegepast op dezelfde spoorvoertuigcategorie bij snelheden die niet meer dan 25% afwijken van de snelheid waarvoor de toeslag is bepaald.

Wanneer de brugtoeslag voor een bepaalde spoorvoertuigcategorie niet redelijkerwijs kan worden gemeten, wordt voor deze spoorvoertuigcategorie de brugtoeslag overgenomen van die spoorvoertuigcategorie die leidt tot de hoogste overall toeslag.

### *Verdisconteren railruwheid*

In de directe omgeving van de meetdoorsnede aardebaan wordt de spoorstaafruwheid gemeten volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2013. Als de spoorstaafruwheid in de doorsnede van de aardebaan significant hoger is dan het landelijk gemiddelde spoorstaafruwheidsspectrum (zie tabel 2.7), moet een andere meetdoorsnede worden gekozen met een lagere spoorstaafruwheid, of de meetwaarden moeten worden gecorrigeerd voor de hoge spoorstaafruwheid (zie paragraaf 2.4). Als de spoorstaafruwheid op de brug significant hoger is dan de referentie, wordt verondersteld dat dit representatief is voor de brug (tenzij er aanwijzingen zijn voor het tegendeel). In het algemeen zal de brugtoeslag dus niet worden gecorrigeerd voor de hoge spoorstaafruwheid. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorstaafruwheid.

### **4.2.5. Modelleringsmethode in de standaardrekenmethode**

Het bruggeluid wordt in de standaardrekenmethode verwerkt als een toeslag op het geluidemissiegetal voor rolgeluid in combinatie met een extra bronlijn op het kunstwerk voor het bruggeluid.

De toename van het rolgeluid  $\Delta L_{E,brug-rol}$  wordt als extra geluidemissiegetal opgelegd aan de bronlijnen op 0 en 0,5 m van de bovenkant van het spoor (BS). Daarbij wordt de toename van de rolgeluidemissie in gelijke proporties verdeeld over deze twee bronlijnen. Dit noemen we de rolgeluidbronnen. De geluidemissie als gevolg van de geluidafstraling van het kunstwerk  $\Delta L_{E,brug-kunstwerk}$  wordt gemodelleerd met een bronlijn ter lengte van het kunstwerk in het hart van het spoor (HS) op 0 m BS. Dit noemen we de kunstwerkbron.

Voor de kunstwerkbron gelden enkele speciale modelleervoorschriften:

1. De geometrische uitbreiding van de kunstwerkbron wordt beschreven met een monopooluitbreiding volgens formule 3.4b.
2. Al aanwezige afscherming op de brug of op het talud direct aansluitend aan het kunstwerk heeft geen invloed op deze bron. De afstraling van de brug wordt namelijk niet beïnvloed door op of vlakbij de brug staande schermen.

## **4.3 Meetmethode emissies en spoorconstructies trams**

### **4.3.1 Indeling in een bestaande categorie, procedure A**

Procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 is toepasbaar om een nieuw tramtype in een bestaande treincategorie in te delen. Daarbij gelden de volgende aanpassingen voor trams.

Er worden aan ten minste 4 voertuigexemplaren metingen uitgevoerd, waarbij per snelheidsbereik ten minste 5 passages worden gemeten.

Voor de meetlocatie gelden de volgende eisen:

Ballastspoor met monoblok dwarsliggers en UIC 54 rail of vergelijkbare vignole rail.

#### Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

De railbevestiging en railpad mogen afwijken van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, zolang de verticale afstandsdemping hoger is dan 5 dB/m tussen 200 Hz en 3.000 Hz.

Er ligt ballast tussen de meetpositie en het bereden spoor, bijvoorbeeld door het voertuig op het tegenoverliggende spoor te meten.

Er wordt gemeten op 7,5 m afstand uit het hart van het testspoor, op meethoogtes 1,2 m en 3,5 m boven het loopvlak van de rails. Voor de inpassing in categorie 10 wordt het aantal rekeneenheden gekozen overeenkomstig de asdichtheid (aantal assen/m). Daarbij wordt een correctie gehanteerd van 10 lg (asdichtheid) ten opzichte van de afgebeelde A32 of Citadis tram. Het aantal rekeneenheden kan dan soms afwijken van het aantal geleidingen. De asdichtheid moet binnen het bereik 0,18-0,23 liggen.

#### 4.3.2 Bepaling emissiekentallen trammaterieel, procedure B

Procedure B uit de Technische regeling emissiemethoden (TR) R wordt toegepast ter bepaling van de emissiekentallen van een nieuwe categorie voor trammaterieel, met de volgende aanpassingen:

Voor de voertuigexemplaren, aantal passages en spoorspecificaties gelden dezelfde extra bepalingen als voor Procedure A hierboven.

Tractiegeluid, voor zover relevant, wordt bepaald uit passages waarbij stabiele tractie of licht accelererend wordt gereden. Rolgeluid wordt bepaald uit passages waarbij geen of minimale tractie wordt geleverd.

Als voor dezelfde exemplaren trams bij dezelfde snelheden met tractie aan en uit niet meer dan 3 dB wordt geconstateerd in niet meer dan 2 tertsbanden in gemeten geluiddruckspectra kan met de rolgeluidbron worden volstaan. Dit wordt beoordeeld aan de hand van trams met wielen in normale conditie, zonder hoge ruwheid van het loopvlak.

Voor trams wordt uitgegaan van één bronhoogte op 0 m, zolang de tram voorzien is van afscherming van wielen en onderzijde met een opening van niet meer dan 30 cm hoog. Als de wielen voor meer dan de helft van hun oppervlak zichtbaar zijn, of als tractiebronnen op andere bronhoogtes (bijvoorbeeld op het dak) aanwezig zijn, dan moeten de brontermen in overeenstemming met procedure B worden bepaald.

De overdrachtsfunctie  $L_{Hpr,tot}$  voor rolgeluid wordt bepaald uit het geluidrukniveau van de passage  $L_{peq,tp}$  en de gecombineerde effectieve ruwheid  $L_{Rtot}$  volgens de Procedure B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 of CEN TR 16891:2016. De totale ruwheid kan ook worden bepaald uit direct gemeten wiel- en railruwheid, te meten volgens EN 15610: 2019 (wat veel metingen en beschikbaarheid van voertuigen en spoor vereist) en het contactfilter. Hiervoor moet het DPRS contactfilter uit EN 15610: 2019, tabel 5.2] worden gebruikt in plaats van de waarden in tabel 2.1 van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006.

Als alleen de BS bronhoogte van toepassing is, is de totale overdrachtsfunctie gelijk aan de spooroverdrachtsfunctie (zie Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, paragraaf 2.4.7).

Om een gemiddeld emissieniveau voor het hele netwerk te bepalen, moet een gecombineerde effectieve ruwheid  $L_{Rtot,netwerk}$  van het hele netwerk en al het materieel worden bepaald, in analogie met  $L_{Rtot,NL}$  in paragraaf 2.4.4 van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Dit wordt bepaald op basis van de gemeten gemiddelde totale effectieve ruwheid uit metingen van meerdere trams op meerdere locaties.  $L_{Rtot,netwerk}$  kan ook worden herleid op basis van beschikbare wiel- en railruwheidsmetingen en het contactfilter zoals hierboven beschreven, als daarvoor statistisch voldoende representatieve data voorhanden zijn.

Bij gebrek aan deze informatie kan worden uitgegaan van de gecombineerde wiel- en railruwheid voor schijfgeremd materieel (zoals categorie 8) en gemiddelde railruwheid voor het Nederlands railnetwerk..

Bij de berekening kan per locatie een correctie op de totale ruwheid worden toegepast afhankelijk van beschikbare gegevens van wiel- en railruwheid in relatie tot onderhoud en slijpregime.

#### 4.3.3 Bepaling bovenbouwcorrectie, procedure C

Procedure C uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 beschrijft de methode ter bepaling van de bovenbouwcorrectie. Uitgangspunt is dat het type bovenbouw wordt vergeleken ten opzichte van metingen op een ballastspoor, waarbij de wielruwheid veel hoger is dan de railruwheid. Dit is te bereiken door gebruik van materieel met vooraf gemeten hoge wielruwheid of met een voertuig met twee of meer platte wielkanten met hoorbaar en meetbaar niveau ten opzichte van het rolgeluid tijdens passage. Bij vergelijking met een tram zonder platte wielen zou het niveau dan met circa 5-10 dB moeten verschillen. De metingen op het ballastspoor worden vergeleken met het te onderzoeken testspoor, waarbij dezelfde trams met dezelfde snelheden worden gemeten op beide locaties. De metingen moeten bij snelheden tussen 50 tot 80 km/u worden uitgevoerd, waarbij tractiegeluid door optrekken en remmen wordt vermeden. De bovenbouwcorrectie is het verschil tussen het rolgeluidsspectrum op het ballastspoor en op het te onderzoeken spoor, gemeten langs de baan. Als alternatief voor deze procedure worden bovenbouwcorrecties ook wel uit aan boord metingen bepaald, waarbij met een microfoon onder de wagon het rolgeluidsspectrum als functie van de snelheid wordt gemeten. Dit bevat zowel effecten van de spoorconstructie als van wiel- en railruwheid. Daarom is van belang dat voor dergelijke metingen steeds de wielruwheid die van de rails domineert, bijvoorbeeld door middel van platte wielkanten, en dat geen andere bronnen zoals tractiegeluid of externe bronnen de meting verstoren. Deze werkwijze is niet gestandaardiseerd en vereist zorgvuldige keuze van meetposities, voertuigcondities en dataverwerking.

#### 4.3.4 Bepaling conditie tramspoor

Voor normaal spoor wordt een default ruwheidscorrectie van +5 dB gehanteerd, voor geslepen spoor +3 dB, toe te passen in de correctie voor spoorconditie  $C_{\text{spoorconditie}}$  in formule (2.1a/b). Een andere correctie kan worden toegepast als dit door metingen van het railnetwerk of specifieke traject(en) wordt onderbouwd.

### 5. Reken- en meetvoorschrift diffractor

#### 5.1 Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de correctieterm voor een diffractor als bedoeld in paragraaf 3.6 van deze bijlage. De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel voor  $C_{s,diff}$  is alleen bedoeld voor een diffractor die als schermtop op een geluidsschermbank is toegepast.

#### 5.2 Rekenregel $C_{s,diff}$

Het diffractoreffect wordt berekend met de volgende formule:

$$C_{s,diff} = \begin{cases} 0,20 A_{i,s,diff} D_{scherm}(N_f) & \text{als } A_{i,s,diff} < 0 \\ 0,05 A_{i,s,diff} D_{scherm}(N_f) & \text{als } A_{i,s,diff} \geq 0 \end{cases} \quad (5.1)$$

en

$$D_{scherm}(N_f) = 10 \lg [\max(1; 20N_f + 3)] \quad (5.2)$$

Met:

$A_{i,s,diff}$ : de producteigenschap van de diffractor voor octaafbandindex  $i$  bepaald volgens de meetmethode uit 5.3

$N_f$  het fresnelgetal

Het fresnelgetal  $N_f$  wordt bepaald volgens de methode beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:  $z$ : de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil.

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

zr: de hoogte van het scherm inclusief diffractor, ter plaatste van het diffractiepunt, ten opzichte van het referentiepeil

zw: de hoogte van het waarneempunt, ten opzichte van het referentiepeil.

### **5.3 Meettechnische bepaling producteigenschappen van een diffractor op scherm**

#### **5.3.1 Meetmethode**

De producteigenschappen  $A_{i,s,diff}$  worden bepaald door metingen uit te voeren volgens de norm NEN-EN 1793-4:2015. Dit betreft het uitvoeren van geluidoverdrachtmetingen aan een testopstelling met een 4 meter hoog geluidsscherm, met en zonder de diffractor.

Bij de meting met de diffractor op het scherm moet de geometrie van bron- en ontvangerposities worden opgehoogd met de extra hoogte van de diffractor. Deze extra hoogte moet expliciet worden opgenomen in de meetrapportage.

Het resultaat van de metingen is een zgn. diffractie index, die een maat is voor het extra effect van de schermtop, ten opzichte van het basisscherm zonder top.

Ten opzichte van NEN-EN 1793-4:2015 worden de volgende afwijkingen toegepast:

- Metingen worden alleen uitgevoerd met een reflecterend scherm
- De uiteindelijke middeling van het diffractoreffect voor de verschillende meetposities wordt lineair in plaats van energetisch uitgevoerd.

Voor het middelen van de posities geldt het volgende. Eerst wordt voor iedere 1/3 octaafband (j) per hoek (h=0 of h=45 graden voor ieder van de meetposities (k=1 t/m 5) en bronhoogte (b=1 t/m 2) voor het scherm met diffractor (t=1) en scherm zonder diffractor (t=2) de diffractie index bepaald conform onderstaande formule.

$$DI_{j,k,b,h,t} = -10 \lg \left( \frac{\int_{\Delta f_j} |F[h_{dkbh}(t)w_{dkbh}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j} |F[h_{ikbh}(t)w_{ikbh}(t)]|^2 df} \right) \quad (5.3)$$

Vervolgens wordt per meetpunt k het verschil bepaald tussen  $DI_{j,k}$  bepaald voor het scherm met diffractor en zonder diffractor volgens:

$$DI_{j,k,b,h} = DI_{j,k,b,h,t=1} - DI_{j,k,b,h,t=2} \quad (5.4)$$

Vervolgens vindt lineaire middeling plaats over alle meetposities k (5), hoeken h (2), en bronhoogtes b (2) volgens:

$$DI_j = \frac{1}{20} \sum_{b=1}^2 \sum_{h=1}^2 \sum_{k=1}^5 DI_{j,k,b,h} \quad (5.5)$$

Het effect per octaafband,  $A_{i,s,diff}$ , wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 1/3 octaafband waarden in het betrokken octaafband te wegen met het wegverkeerspectrum uit NEN-EN 1793-3:1997.

#### **5.3.2 Akoestisch rapport**

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld conform de vereisten in de meetnorm EN 1793-4. Aanvullend wordt de extra hoogte van bron- en ontvangerposities die is aangehouden bij de meting met de diffractor op het scherm vermeld.

## **56. Toelichting**

### **56.1. Algemeen**

Wijzigingen:

Ten opzichte van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 zijn er een aantal wijzigingen doorgevoerd in deze methode:

- Er zijn nieuwe bovenbouwcorrecties toegevoegd;
- De meetperiode voor emissiemetingen bij stalen bruggen is aangepast;
- De meetmethode is vernieuwd;
- SRM1 is verwijderd;
- Overstandgeluid is toegevoegd;
- De afmetingen en helling van objecten hebben effect op hun reflectiebijdrage;
- Hoe om te gaan met kleine aaneengesloten objecten is gedefinieerd;
- Hoe om te gaan met kleine bronnen is gedefinieerd; en
- Er is een meetmethode voor vaststellen tramemissie en bovenbouwcorrecties opgenomen.

### **56.2. Begrippen**

Het begrip rekeneenheid is hier geïntroduceerd om de bij de definitie van de verkeersintensiteit in het verleden vaak gehanteerde begrippen as- of draaistelintensiteit te vervangen. Dit is enerzijds gebeurd om de eenvoud te verhogen en anderzijds omdat de nu gehanteerde definitie de geluidemissie beter blijkt te beschrijven. Bij getrokken treinen worden de locomotief en de rijtuigen (bij personentreinen) of de wagens (bij goederentreinen) alle aangemerkt als eenheden. Bij treinstellen moeten alle samenstellende delen worden opgevat als eenheden. Het aantal assen of draaistellen per eenheid is bij de bepaling van de intensiteiten dus niet van belang.

Het akoestisch onderzoek richt zich, voor spoorwegen die niet zijn aangewezen in bijlage IVb, op het maatgevende (dat wil zeggen het voor de geluidbelasting bepalende) jaar en (in dat jaar) op het langtijd equivalent geluidniveau gedurende de dag-, de avond- en de nachtperiode. Het gemiddelde over deze drie perioden bepaalt de waarde van het geluid in  $L_{den}$ . In de praktijk zal echter meestal voor een meer praktische benadering worden gekozen, die ook aansluit bij de bepaling van het geluid in dB(A), zoals die plaatsvond voor de introductie van de  $L_{den}$ . Daarbij wordt uitgegaan van een periode die in akoestische zin voor het gehele jaar representatief is. Voor een dergelijke periode (het representatieve tijdvak) wordt het zogenoemde langtijd equivalent geluidsniveau bepaald. Als de ene dag ten aanzien van verkeersintensiteiten en verkeerssamenstelling niet significant verschilt van een andere dag, hoeft het representatieve tijdvak niet langer dan een dag te zijn. Daar waar periodieke of andere variaties optreden met betrekking tot de treinenloop, moeten langere tijdvakken worden beschouwd. Bij de gebruikelijke reizigersdiensten zal dit niet het geval zijn, maar goederenvervoer op het spoor kan van dag tot dag sterk verschillen. Daarom wordt met name voor goederenvervoer veelal uitgegaan van het aantal treinen gedurende een langere periode. De in het tijdvak van het voor de geluidbelasting bepalende jaar optredende variabele intensiteiten worden rekenkundig gemiddeld tot een representatieve verkeersintensiteit: de verkeersintensiteit.

De representativiteit en bruikbaarheid van de resultaten van een akoestisch onderzoek staan of vallen met de realiteitswaarde van de gehanteerde verkeersvariabelen. De primaire eis die aan een akoestisch onderzoek moet worden gesteld, is dat het zo nauwkeurig mogelijk de (toekomstige) geluidbelasting aanduidt. Dit zal alleen het geval zijn als niet alleen optimale aandacht wordt besteed aan de akoestische aspecten, zoals bodemdemping en reflectie-invloeden, maar als ook aan het onderzoek een deugdelijke opgave, meestal gebaseerd op een prognose, ten grondslag ligt. Voorkomen moet worden dat geluidwerende maatregelen, die aan de hand van de resultaten van een akoestisch onderzoek worden getroffen, na enkele jaren onvoldoende effectief blijken te zijn, als de verkeersintensiteiten – en dus de geluidbelastingen – hoger zijn dan aanvankelijk was geschat.

### **56.3. Spoorvoertuigcategorieën**

In deze bijlage is bepaald dat al het verkeer over het spoor moet worden toegedeeld aan een van de genoemde spoorvoertuigcategorieën. Voor vrijwel alle van het Nederlandse net gebruikmakende spoorvoertuigen is dit al gebeurd en zijn de kenmerken vastgelegd in de vorm van emissiekentallen. In hoofdstuk 2 zijn deze emissiekentallen opgenomen voor de octaafbanden. Van een groot aantal in Nederland gebruikte types bovenbouw zijn ook de kenmerken beschikbaar en opgenomen in hoofdstuk 2 van deze bijlage. Nieuw materieel kan worden toegekend aan een bestaande spoorvoertuigcategorie. Hiervoor moeten metingen worden gedaan volgens procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Als nieuw materieel niet kan worden ingedeeld in een van de spoorvoertuigcategorieën, bijvoorbeeld als het materieel stiller is dan de bestaande spoorvoertuigcategorieën, dan worden de nieuwe emissiekentallen volgens procedure B uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 vastgesteld. Door een wijziging van deze bijlage kunnen de nieuwe emissiekentallen worden opgenomen in een nieuw te creëren spoorvoertuigcategorie. Voor trams is er een speciale procedure voor het inmeten van materiaal en bovenbouw. De reden is dat op tramlijnen vaak met maar één specifieke tram wordt gereden. Het ligt voor de hand om dan te kunnen rekenen voor dat specifieke tramtype.

### **56.4. De geluidemissiegetallen (hoofdstuk 2)**

De vaststelling van geluidemissiegetallen vindt plaats per geluidemissietraject, dat wil zeggen per spoorweggedeelte waarover de emissie van spoorvoertuiggeluid min of meer constant kan worden verondersteld. Voordat de geluidemissiegetallen kunnen worden berekend, moet dus eerst de ligging van de geluidemissietrajecten worden bepaald of anders geformuleerd: de plaatsen op de spoorweg waar de overgangen tussen de geluidemissietrajecten liggen.

In principe liggen deze overgangen op plaatsen waar een of meer van de invoergegevens van de emissieberekening op een voor het eindresultaat relevante wijze veranderen.

Op plaatsen waar een gebied met spoorstaafonderbrekingen start of eindigt, zoals bij voegenspoorstaven, wissels en kruisingen, kan, bij korte opeenvolging van geluidemissietrajectovergangen, de afstand van 30 m zoveel kleiner worden genomen als nodig. Het geluidemissiegetal per octaafband wordt berekend voor meerdere bronhoogten.

Vooraf voor het berekenen van afscherming is deze verfijning noodzakelijk. Wanneer spoorvoertuigen die zijn uitgerust met zogenoemde blokremmen hun remming uitvoeren verschuift de bron van de geluidemissie duidelijk naar boven. Niet alle categorieën spoorvoertuigen hebben – dominante – emissies op alle bronhoogten. Met name de hogesnelheidstreinen hebben belangrijke hooggelegen bronnen. Bij spoorvoertuigen die zijn ontworpen voor een lagere maximumsnelheid kan de bijdrage van hoger gesitueerde bronnen veelal op 0 worden gesteld.

De verschillende baancorrectiefactoren zijn afhankelijk van het materieeltype. De onderscheiden factoren dekken vrijwel alle baantypen die in de praktijk worden aangetroffen. Een uitzondering vormen onder andere nog de stalen viaducten.

Het geluidemissiegetal ter plaatse van stalen bruggen en andere niet in deze bijlage genoemde kunstwerken en baanconstructies kan door middel van meting worden bepaald. Hierbij wordt de meetmethode volgens hoofdstuk 4 als uitgangspunt gebruikt.

De tabellen met correcties voor bovenbouwconstructies bevatten niet de correcties voor de situatie van een baan met raildempers op houten dwarsliggers. Voor deze situatie kan worden gerekend met de situatie van een baan met betonnen dwarsliggers (bb=1).

De geluidemissiegetallen voor dieselmaterieel en sommige elektrische locs bevatten niet het aandeel van de geluidproductie bij acceleratie en stationair draaien. Omdat dit uitlaatgeluid en ventilatorgeluid hoog wordt geëmitteerd, moet worden bedacht dat het aanbrengen van schermen op plaatsen waar geregeld materieel accelereert of stationair draait nauwelijks zin heeft als met dit

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

uitlaatgeluid geen rekening wordt gehouden. Hiervoor wordt bij overstand op spoorwegemplacementen de methode voor industrielawaai (bijlage IVh) gebruikt. De deelbijdrage hiervan wordt energetisch opgeteld met de bijdrage van rijdende treinen.

De emissieformules zijn geldig vanaf 40 km/u tot een zekere maximumsnelheid die per voertuigcategorie verschillend kan zijn. Voor situaties waarbij de werkelijke snelheid lager is dan 40 km/u kan worden gerekend met de emissie horend bij 40 km/u, wat over het algemeen een lichte overschatting van de werkelijke emissie zal geven. Dit geldt bijvoorbeeld voor rangerende treinen of bij stations. Voor trams is een uitzondering gemaakt. Deze rijden meestal langzamer. Hier zijn de emissieformules geldig vanaf 30 km/u. De weergegeven maximumsnelheid per voertuigcategorie zegt alleen iets over het bereik waarover emissiekentallen geldig zijn. Buiten dit bereik wordt niet gerekend. Een treintype binnen een categorie kan zelf een lagere maximumsnelheid hebben dan de weergegeven maximumsnelheid.

### **56.4.1. Effect van spoorstaafrouwheidsbeheersing**

Formule 2.3c kan worden gebruikt in situaties waarin structureel sprake is van een fors hogere spoorstaafrouwheid dan het landelijk gemiddelde dat de basis is voor deze meet- en rekenmethode. Deze formule is echter met name bedoeld om de mogelijkheid te bieden de geluidsreducerende effecten van het onderhouden van het spoor in een toestand met extra lage spoorstaafrouwheid in de berekening te verwerken. Deze bronmaatregel bestaat uit het eenmalig aanbrengen van de extra lage spoorstaafrouwheid en het vervolgens onderhouden van dit lage ruwheidsniveau. Door inzet van speciale slijptreinen en slijptechneken is dit mogelijk; men spreekt ook wel van 'akoestisch slijpen'. Essentieel is dat de spoorwegbeheerder dit speciale onderhoud naar behoren vormgeeft. Belangrijk onderdeel daarbij is een jaarlijkse controle van het ruwheidsniveau van de sporen. Deze monitoring kan de spoorwegbeheerder vormgeven door handmetingen te laten uitvoeren, maar ook meetsystemen vanaf spoorvoertuigen zijn hiervoor wellicht geschikt.

### **56.4.2. Toeslag voor kunstwerken**

Het is mogelijk het rolgeluid afkomstig van het spoor op een kunstwerk te bepalen op dezelfde wijze als omschreven in procedure C van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Er wordt een spoorwegoverdracht bepaald die de geluidskarakteristiek van het kunstwerk bevat. Dit kan de toeslagwaarden uit de tabellen in hoofdstuk 2 vervangen.

### **56.4.3. Geluid van stilstaande treinen**

Voor het bepalen van het geluid van stilstaande treinen kan geen gebruik gemaakt worden van de rekenmethode voor spoorwegen. Voor stilstaande treinen wordt de methode voor industriegeluid gebruikt. De deelbijdragen op een immissiepunt voor de rijdende en stilstaande treinen worden vervolgens energetisch opgeteld.

## **56.5. Standaardrekenmethode (hoofdstuk 3)**

### *Algemeen*

Omdat het onmogelijk is om in deze bijlage een methode te geven die in alle gevallen toepasbaar is, wordt per onderdeel van de meet- en rekenmethode aangegeven onder welke omstandigheden nader onderzoek op dat onderdeel noodzakelijk is. Uitvoerenden van nader onderzoek worden geacht een grote mate van deskundigheid te bezitten.

Het overdrachtsmodel dat in de standaardrekenmethode wordt gehanteerd, met name het gedeelte over de bodemdemping en de schermwerking, is gebaseerd op het gekromde stralenmodel bij meewindcondities. Bij de berekening van de schermwerking, volgens de theorie van Maekawa, wordt de kromming van de geluidsstralen verdisconteerd door de werkelijke schermhoogte met een ineffectief deel te verminderen. De bij dit overdrachtsmodel veronderstelde meewindcondities zijn echter niet representatief als meteorologisch gemiddelde. Door een meteocorrectieterm op te nemen in het model wordt een 'meteogemiddeld' equivalent geluidsniveau  $L_{Aeq}$  verkregen.

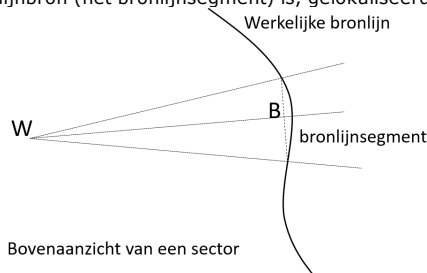


## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

De geluidemissiegetallen per geluidemissietraject, gespecificeerd per octaafband, worden als bekend verondersteld. De geometrische invoergegevens zullen vaak afkomstig zijn van goed gedetailleerd kaartmateriaal (horizontale projectie en verticale doorsneden van de relevante objecten). Ten behoeve van de automatische verwerking zullen deze gegevens alleen geschematiseerd in de berekening worden ingevoerd (gekromde lijnen worden benaderd door rechte lijnstukken, de hoogte van glooiend maaiveld wordt met een gemiddelde waarde aangegeven, akoestisch niet relevante details worden weggelaten etcetera). Dit maakt de invoer van gegevens een bezigheid die een zeker akoestisch inzicht vereist. Met name in complexe akoestische situaties moet bij de rapportage zowel het oorspronkelijk kaartmateriaal als de geschematiseerd ingevoerde geometrie worden toegevoegd.

### Begripsbepalingen

Bij de berekening van de overdracht (bodemeffect, schermwerking en meteocorrectie) wordt uitgegaan van puntbronnen. Per sector wordt daartoe de bron, die strikt genomen een stukje lijnbron (het bronlijnssegment) is, gelokaliseerd gedacht in één punt, hier het bronpunt genoemd.



Figuur 56.1 Illustratie bij het begrip bronlijnssegment.

Voor de gevallen waarin er kleine bronnen zijn die niet een hele sectorhoek omvatten, is een aanvullende bepaling opgenomen om de bijdrage van deze kleine bronnen mee te kunnen nemen. Daarbij ontstaat de mogelijkheid om de bijdrage te bepalen op korte lijnsegmentjes van een bronlijn.

### Hoofdformule

De gegeven formules 3.1a en 3.1b zijn afgeleid uit de definitie van het equivalente geluidsniveau  $L_{Aeq}$ , die luidt:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right] \quad (56.1)$$

waarin  $t_1$  en  $t_2$  respectievelijk de begin- en de eindtijd zijn van een gespecificeerd tijdsinterval in seconden,  $p_A(t)$  de momentane A-gewogen geluidsdruk (in Pa) en  $p_0$  de referentiegeluidsdruk van 20  $\mu$ Pa is.

De constante van  $-58,6$  hierin is het gevolg van het feit dat:

- het geluidemissiegetal  $L_e$  het geluidvermogen per km representeert in plaats van per m;
- de openingshoek in de geometrische uitbreidingsterm ( $\Phi$ ) in graden is in plaats van in radialen;
- de constante  $1/4 n$  ontbreekt in de geometrische uitbreidingsterm.

Dit leidt tot een term  $+10 \lg (1/1.000) \cdot (n/180) \cdot (1/4 n) = -58,6$  dB.

In de regeling zijn drie intervallen gespecificeerd, te weten de dagperiode lopende van 07.00–19.00 uur, de avondperiode lopende van 19.00–23.00 uur en de nachtperiode lopende van 23.00–07.00 uur. Alle termen in het rechterlid van formule 1b zijn voorzien van een of meer van de indices  $i, j$ , of  $n$ , omdat de berekening hier alleen betrekking heeft op één octaafband, één sector en één bronpunt, is omwille van de duidelijkheid afgezien van de vermelding van de indices.

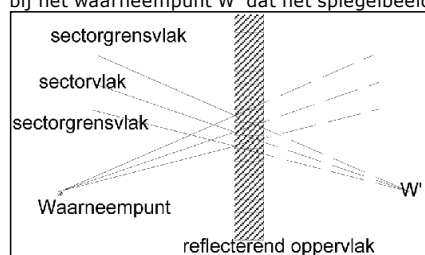
## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

De sommatie over de index  $n$  (van 1 tot en met  $N$ ) beschrijft de (energetische) superpositie van de afzonderlijke bijdragen van de bronlijnen. De sommaties over de indices  $i$  (van 1 tot en met 8) en  $j$  (van 1 tot en met  $J$ ) zijn de numerieke integraties over de frequentie (octaafbanden) en de totale openingshoek van het waarneempunt (sectoren). In de meeste gevallen is het voldoende om alle sectoren een openingshoek van  $5^\circ$  toe te kennen. Sectoren met een openingshoek kleiner dan  $5^\circ$  kunnen nodig zijn omdat bij discontinuïteit in de geometrie (hoeken van gebouwen, uiteinden van schermen en dergelijke) en in de verkeersgegevens (bij verandering van het geluidemissiegetal) sector-grensvlakken moeten worden gelegd. De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten:

- $180^\circ$  als het  $L_{Aeq}$  dient voor het berekenen van het geluid op een geluidgevoelig gebouw; of
- $360^\circ$  in andere situaties.

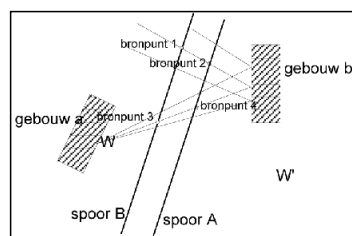
### Reflecties

In figuur 56.2 is ter toelichting een voorbeeld opgenomen van de wijze waarop de constructie van een sector voor de berekening van de invloed van reflecties verloopt. Het gedeelte van de onreflecteerde sector rechts van het reflecterend oppervlak wordt vervangen door het spiegelbeeld ervan ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Het gespiegelde sectordeel hoort bij het waarneempunt  $W'$  dat het spiegelbeeld is van het werkelijke waarneempunt  $W$ .



Figuur 56.2 De constructie van een sector na reflectie.

In figuur 56.3 is een voorbeeld gegeven van een sector die ten gevolge van een reflectie voor de tweede maal een spoorweg snijdt. De bijdrage van de getekende sector aan het equivalente geluidsniveau  $L_{Aeq}$  moet hier worden berekend uit de superpositie van de bijdragen van de bronpunten 3 en 4 (direct) en de bronpunten 1 en 2 (via reflectie). Bij oneffenheden van het reflecterend oppervlak moet bij gevels worden gedacht aan balkons, galerijen, trappenhuizen en dergelijke. Als het bron- of waarneempunt zicht op korte afstand hiervan bevinden, kan het verstrooiend effect van de oneffenheden leiden tot geluidsniveaus die niet overeenkomen met de uitkomsten van deze rekenmethode. Een nader onderzoek, bijvoorbeeld praktijk- of schaalmodelmetingen, kan hierin uitkomst brengen. Als het waarneempunt zich op de gevel bevindt (dit is het geval wanneer het geluid op de gevel moet worden vastgesteld), is bovenstaande uiteraard niet van toepassing op het waarneempunt.



Figuur 56.3 Voorbeeld van een sector die door een reflectie tweemaal een spoorweg snijdt.

In sommige gevallen hebben gebruikte databestanden een hoge mate van detaillering. Hierdoor

#### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

kan het zijn dat een object uit een groot aantal zeer kleine vlakjes bestaat, of dat meerdere aaneengesloten objecten een groter object vormen. In dit geval wordt er gekeken of het samenstel van objecten of vlakken groot genoeg is. Vervolgens wordt alleen gerekend met het vlak dat door de zichtlijn wordt doorsneden alsof dit vlak met al de bijbehorende eigenschappen de gehele sectorhoek doorsnijdt. In de praktijk kan voor de toets of een object groot genoeg is in een 2D vlak gekeken worden of meerdere objecten elkaar raken. Dan worden deze objecten als 1 object beschouwd en wordt gekeken of dit object de gehele sectorhoek doorsnijdt.

Bij reflecties in hellende objecten wordt de spiegelbron in het schuine scherm gespiegeld. Hierbij krijgt deze spiegelbron een andere hoogte. Dit heeft effect op de verdere overdracht. Voor het bepalen van de bodemdemping zou in feite het bodemverloop mee moeten worden gespiegeld. Het handhaven van de bronhoogte voor de bodemdemping heeft echter hetzelfde effect. De mate van reflectie wordt ook bepaald door de hoogte van het reflecterend oppervlak. Om dit te bepalen wordt de overlap van de Fresnelzone met het scherm berekend.

#### *Overdrachtsverzwakking $L_{od}$*

De overdrachtsverzwakking is de som van de demping door de bodem ( $D_B$ ), demping door de lucht ( $D_L$ ) en een correctieterm voor gemiddelde meteorologische omstandigheden ( $C_M$ ).

#### *Luchtdemping $D_L$*

De gegeven waarden van  $\delta_{lucht}$  zijn afgeleid uit het tertsbandspectrum ISO-DIS 3891 bij 10° C en 80% relatieve vochtigheid. Vooral bij de hoge frequentiebanden is enige compensatie geïntroduceerd voor het sterk dispersieve karakter van de absorptie.

#### *Bodemdemping $D_B$*

De indeling in drie bodemgebieden (brongebied, tussengebied en ontvangergebied) is noodzakelijk omdat bij het aangenomen gekromde-stralen model bodemreflecties optreden in de nabijheid van de bron zowel als de waarnemer en, bij voldoende grote afstand tussen bron en waarnemer, ook in het tussenliggende gebied. Elk van die gebieden kan een andere bodemgesteldheid hebben, zodat bij de berekening drie verschillende absorptiefracties nodig zijn.

Onder akoestisch hard wordt hier verstaan: klinkers, asfalt en andere wegverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Niet akoestisch hard zijn: grasland, landbouwgrond met en zonder gewas, zandvlakten, grond onder vegetatie en dergelijke.

#### *Schermwering $L_{sw}$*

Omdat dit onderdeel van het rekenmodel alleen geschikt is om de bijdrage van het geluid dat via diffractie over een object het waarneerpunt bereikt te verrekenen, moet het aandeel van de geluidstransmissie door het object te verwaarlozen zijn.

Met andere woorden, de geluidsisolatie van het object moet belangrijk hoger zijn dan de berekende schermwering om als afscherming in aanmerking te komen. Gebouwen, aarden wallen en dergelijke voldoen hier in het algemeen wel aan; voor schermen, muren en soortgelijke objecten moet gelden dat de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10kg/m<sup>2</sup> bedraagt en er zich geen grote kieren of openingen ('akoestische lekken') in bevinden. Aangetoond is dat een afwateringsspleet aan de onderzijde van een scherm van niet meer dan 10 cm hoogte en onder de bovenzijde van het spoor geen meetbare invloed heeft op de werking van het scherm.

De schermwering in deze meet- en rekenmethode is gebaseerd op een aantal gevalideerde metingen en berekeningen, die echter niet voor alle denkbare situaties representatief zijn. In de meeste gevallen zijn de benaderingen uit deze meet- en rekenmethode conservatief en wordt de schermwering onderschat. De toepassing van een lager geluidsschermbaan is dan wellicht mogelijk als dit door nader onderzoek kan worden onderbouwd. Dit nader onderzoek kan ook bestaan uit een inventarisatie van in het verleden al uitgevoerde onderzoeken, bijvoorbeeld schaalmodel onderzoek, aan soortgelijke schermen in vergelijkbare omstandigheden.

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

In elk geval moet nader onderzoek plaatsvinden bij toepassing van een reflecterend geluidsscherm, waarbij wordt afgeweken van formule 3.2. De benadering van de werkelijke schermhoogte door een effectieve schermhoogte volgens formule 3.2 is een conservatieve benadering; onderzoek van een aantal situaties heeft dit aangetoond.

### *Spoorspecifieke absorptie*

Het in paragraaf 3.7 opgenomen spoorverkeersspectrum ter bepaling van de spoor specifieke absorptie is gebaseerd op de aanwezigheid van ten minste 50% goederenverkeer (meer laagfrequent geluid). Voor situaties met minder goederenverkeer is de feitelijke spoorstaafspecifieke absorptie meestal groter en zal het resultaat dat wordt verkregen door gebruik te maken van het opgegeven spectrum aan de veilige kant zitten.

### *Spoorspecifieke geluidisolatie*

De geluidisolatie van zwaardere bouwmaterialen zoals beton en steen en ook van aarden wallen is over het algemeen voldoende om te voorkomen dat geluid door het scherm heen een bijdrage levert bij de waarnemer; het meeste geluid gaat immers via buiging over de schermrand heen. Bij toepassing van lichtere bouwmaterialen (bijvoorbeeld bij deuren of bij dilatatievoegen) en hoge schermen (3 tot 4 m schermhoogte) en bij waarneempunten zeer dicht achter het scherm (tot 10 m) is voorzichtigheid geboden.

### *Octaafbandspectrum van het equivalente geluidsniveau*

Voor een nauwkeurige bepaling van het equivalente geluidsniveau binnen woningen is het gewenst dat men beschikt over het octaafbandspectrum van het voor de gevel heersende geluidsveld. Op de beschreven wijze verkrijgt men een achttal waarden voor de equivalente geluidsniveaus in de onderscheiden octaafbanden. De A-weging is hierin al verdisconteerd. Het verdient in alle gevallen aanbeveling om naast het equivalente geluidsniveau in dB ook het octaafbandspectrum te vermelden bij de rapportage.

### *Meteocorrectieterm*

Ten opzichte van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 is de wijze waarop rekening wordt gehouden met de meteocorrectieterm gewijzigd. In het verleden werd geen rekening gehouden met de richting van het geluid. In navolging van de Europese methode Cnossos-EU is gekeken naar het effect van verschillende richtingen in een windroos bij de voortplanting van geluid. Hierop is de maximale waarde van de meteocorrectieterm aangepast. Deze is nu afhankelijk van de richting van het geluid en van de etmaalperiode. Uit onderzoek is gebleken dat er, jaargemiddeld, geen significant verschil is tussen de avond- en nachtperiode. Ook blijkt dat de locatie in Nederland geen invloed heeft op de mate van gunstige overdracht per richting. Hierdoor kan voor heel Nederland worden volstaan met de in paragraaf 2.9 opgenomen formules.

## **56.6. Meetmethoden (hoofdstuk 4)**

### **56.6.1 Standaardmeetmethode**

Bij het uitvoeren van metingen volgens de standaardmeetmethode moet er inzicht zijn in de rol en het doel van de metingen. Als het om toetsing aan normen gaat, binnen het kader van deze bijlage, dan kunnen metingen een rol hebben als rekenmodellen tekortschieten. Deze schieten tekort als ze worden gebruikt buiten het toepassingsgebied waar ze voor zijn bedoeld. In sommige gevallen is er een klein deel van de berekening dat buiten het toepassingsgebied valt. In dat geval kan voor die deelbijdrage worden gedacht aan metingen.

Een exacte beschrijving van het toepassingsgebied van de rekenmethode is niet gegeven. Buiten het toepassingsgebied vallen bijvoorbeeld de gevallen waarvan is aangegeven dat nader onderzoek noodzakelijk is en situaties waarin de standaardrekenmethode niet voorziet.

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Het kan ook voorkomen dat er gebruik wordt gemaakt van een specialistische rekenmethode, als een specifieke situatie buiten het toepassingsgebied valt van de meet- en rekenmethode. Een dergelijke methode is niet voor te schrijven, omdat deze afhankelijk is van de situatie.

Het meten van een  $L_{den}$  volgens de ISO-norm (NEN-ISO 1996-2:2017) is in het algemeen complex, omdat over een groot aantal variabelen moet worden nagedacht bij het plannen en uitvoeren van de metingen. De uitwerking van de metingen is erop gericht inzicht te geven in de representativiteit en betrouwbaarheid van de  $L_{den}$ -waarde. Vooral bij langdurige onbemande metingen is een systematische en zorgvuldige analyse van de meetonzekerheid van belang, omdat de resultaten door tal van factoren onbedoeld kunnen worden beïnvloed. Toch is langdurig meten vaak juist nodig om een resultaat te verkrijgen dat een representatief beeld geeft. De eenvoudige meetmethode kan onder zekere voorwaarden worden gebruikt om met onbemande langdurige metingen een indicatie te verkrijgen van  $L_{den}$ . De meteorologische criteria onder punt D van de eenvoudige methode zijn nodig om een representatief jaargemiddelde te bepalen zonder dat correcties nodig zijn voor afwijkingen in de overdracht en de emissie. In het algemeen geldt met deze criteria, die zijn gebaseerd op een minimale meetperiode van twee maanden, dat metingen in enkel de wintermaanden of enkel de zomermaanden niet voldoen. Als aan een van deze criteria niet wordt voldaan, moet langer worden gemeten. Bij het besluit om wel of niet langer door te meten kan gebruik worden gemaakt van KNMI-data die daags na elke meetdag beschikbaar komen (toetsing aan de meteorologische criteria). Opmerking: KNMI-uurgegevens zijn opgegeven in Universal Time. Deze moeten worden omgezet naar de tijdrekening van het geluidmeetstation.

De verwerking van meetresultaten kan deels worden geautomatiseerd met spreadsheets met draaitabellen, of met scripts. Om de verwerking in goede banen te leiden, vooral de bepaling van de meetonzekerheid, moet de in deze meet- en rekenmethode aangegeven volgorde worden gevolgd. Hoewel het daarbij gaat om een vereenvoudigde aanpak ten opzichte van de ISO-norm, kan men bij grote aantallen meetgegevens gemakkelijk het spoor bijster raken. Als leidraad voor de verwerking worden in paragraaf 56.6.2 voorbeelden geven.

### 56.6.2 Leidraad verwerking metingen eenvoudige methode

Voor de verwerking van de ruwe meetwaarden, dat wil zeggen de  $L_{eq}$  per seconde of  $L_E$  per event, kunnen de volgende stappen worden gehanteerd:

Verwijder  $L_{eq}$ -waarden en  $L_E$ -waarden met kortdurende verstoringen, dit wil zeggen stoorgeluid dat enkele seconden tot enkele minuten aanhoudt.

Bepaal uurgemiddelde waarden  $L'$  en  $L_{res}$ . Maak daartoe een lange tabel met uurwaarden  $L'$  en  $L_{res}$ , voor de gehele meetperiode. Dus één regel per uur, 24 regels voor elke meetdag.

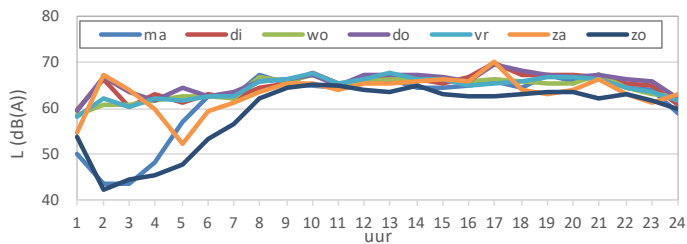
Markeer de uren met achtereenvolgens *overmatig residueel geluid* (het gaat dan om residueel geluid dat min of meer continu aanwezig is, want kortdurend stoorgeluid is al verwijderd), met *regen*, met *harde wind*, of met *niet-representatieve geluidoverdracht*. Van elk van deze vier oorzaken van verstoringen wordt het percentage uren ten opzichte van het geheel gerapporteerd. Als een uur door meerdere oorzaken is verstoord, telt het uur mee bij de eerste daarvan uit dit rijtje. Bijvoorbeeld wanneer een uur wordt verstoord door zowel harde wind als neerslag, telt dit mee bij *regen*.

Vul de lange tabel aan met een kolom voor de waarde  $L$  die wordt berekend met formule (4.1).

Om inzicht te geven in het verloop van het geluid over het etmaal, wordt een grafiek gemaakt van  $L$  per uur van het etmaal, waarbij energetisch wordt gemiddeld over de gehele meetperiode. Zie het onderstaande voorbeeld. Deze grafiek is een tussenresultaat: ze wordt in de rapportage opgenomen maar niet verder gebruikt in de stappen hierna.

Opvallende zaken in het verloop per weekdag worden becommentarieerd in de rapportage.

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen



Vul de lange tabel uit stap 4 aan met een kolom voor de meteorstratificatie. Bepaal voor elk uur de meteoklasse M1 tot en met M4 op basis van de windsnelheid en -richting. Maak hulptabellen per etmaalperiode met op elke regel een meetdag; zie onderstaande voorbeeldtabel. De getoonde waarden voor elke meetdag zijn  $L_{p=dag,m,k}$  en  $q_{p=dag,m,k}$ . De totalen  $L_{p=dag,m}$  worden berekend met formule (4.3).

Voorbeeld hulptabel dagperiode

Meetdag k	Dag (7.00-19.00 uur)							
	$L_{M1}$	$q_{M1}$	$L_{M2}$	$q_{M2}$	$L_{M3}$	$q_{M3}$	$L_{M4}$	$q_{M4}$
8-jun			72,5	0,09	65,8	0,91		
9-jun	65,5	1,00						
10-jun	63,3	0,17	66,1	0,67	67,8	0,17		
11-jun	61,0	0,17	63,8	0,50	66,8	0,33		
12-jun	65,4	0,92	68,1	0,08				
13-jun	66,6	1,00						
14-jun	66,4	0,58	65,5	0,42				
15-jun	68,6	0,42	63,0	0,33	67,9	0,25		
16-jun	66,5	1,00						
17-jun	67,6	0,75	63,2	0,25				
18-jun	65,5	0,83	64,8	0,17				
19-jun	65,1	0,42	66,2	0,58				
20-jun	68,6	1,00						
$Q_{p=dag,m}$		8,25		3,09		1,66		
$L_{p=dag,m}$	66,6		65,8		66,6			
$U_{p=dag,m}$	1,22		2,29		0,85			

Maak een meetonzekerheidsberekening per etmaalperiode. Zie onderstaand voorbeeld. De ISO-norm noemt dit het 'meetonzekerheidsbudget'. In het voorbeeld is de meewindrichting 140° (van het zuidoosten naar het noordwesten).

Meetonzekerheidsbudget dagperiode	Herkomst	M1	M2	M3	M4	Resultaat
$f_{optreed}$ bij 140°	Uit tabel 4.3	0,6	0,2	0,1	0,1	
$L_{p=dag,m}$	Overnemen uit hulptabel dagperiode	66,6	65,8	66,6		
$U_{p=dag,m}$		1,22	2,29	0,85		
$L_{p=dag}$	Formule (4.6)					66,0

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$C_{p=dag,m}$	Formule (4.8)	0,69	0,19	0,12		
$\sqrt{(U^2_{wind} + U^2_{nat} + U^2_{meteo} + U^2_{res} + U^2_{slm})}$						1,7
$U_{p=dag}$	Formule (4.7)					2,0

Bepaal de  $L_{den}$  en de bijbehorende meetonzekerheid. Zie het voorbeeld hieronder.

		$p=dag$	$p=avond$	$p=nacht$	Resultaat
$L_p$	Neem over uit tabellen meetonzekerheidsbudget	66,0	62,1	62,9	
$U_p$		2,0	2,6	2,3	
$L_{den}$	Formule (4.9)				69,7
$U_{den}$	Formule (4.10)				1,7

Geef het eindresultaat als volgt op:  $L_{den} = 69,7 \pm 3,4$  dB (95% BI).

Bij een vergelijking van een berekende  $L_{den}$  met de gemeten  $L_{den}$  wordt altijd dit betrouwbaarheidsinterval betrokken. Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de uitgangspunten van de rekenmethode betrokken die kunnen leiden tot verschillen tussen rekenen en meten. Dat laatste is nodig omdat van de berekende waarde geen betrouwbaarheidsinterval bekend is.

### 56.6.3 Metingen in afwijkende situaties

In situaties die afwijken van de voorwaarden voor de eenvoudige methode uit paragraaf 4.1.1, is het soms mogelijk om met enkele controles of aanpassingen toch de aanpak van de eenvoudige methode te volgen. Bij rapportage-items 8 en 12 moet daarop worden ingegaan. Het gaat dan bijvoorbeeld om metingen op korte afstand voor een reflecterende gevel. Annex B van de ISO-norm geeft aan op welke wijze dergelijke metingen worden gecorrigeerd en welke aanvullende meetonzekerheid daarvoor geldt. Een ander voorbeeld betreft situaties waarin de meetafstand  $D$  (veel) groter is dan  $20(h_s + h_r)$ . In dat geval kan de eenvoudige meteostratificatie van tabel 4.2 en tabel 4.3 niet worden gebruikt. Annex A van de ISO-norm geeft aan hoe de meteostratificatie dan moet gebeuren en Annex F.1 laat zien welke onzekerheid daarmee gepaard gaat. In situaties die geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode vallen, wordt de ISO-norm onverkort gevolgd, zij het dat daarbij enkele specifieke uitgangspunten gelden voor de Nederlandse situatie. In paragraaf 4.1.3 zijn deze uitgangspunten vermeld.

### 56.6.4 Toepassing van de methode voor meting en modellering van bruggen

De methode kan worden gebruikt voor stalen bruggen met eventuele geluidschermen of geluidafschermende delen, onder de aanname dat het geluidsscherm alleen effect heeft op het rolgeluid (de dipoolbronnen). Ook kan de methode worden gebruikt om het effect van de plaatsing van een geluidsscherm te bepalen. Wel is voorzichtigheid geboden bij toepassing van hoge schermen (hoger dan 4 m), doordat andere effecten een rol kunnen gaan spelen, zoals geluidafstraling door het scherm zelf.

Bij betonnen kunstwerken is de emissie ten gevolge van rolgeluid én bruggeluid verwerkt in de bovenbouwcorrectie. Deze werkwijze kan worden toegepast in situaties met geluidschermen of afschermende delen met een hoogte tot 2 m boven de bovenkant van de spoorstaven. Bij toepassing van schermen hoger dan 2 m op een betonnen kunstwerk is de methode voor meting en modellering van bruggen bruikbaar, waarbij een vlak brugbijdragefilter van  $0 \text{ dB}^1$  voor alle octaafbanden moet worden gehanteerd. Bij twijfel of een kunstwerk moet worden aangemerkt als een betonnen of als een stalen kunstwerk is de constructie van het brugdek (de brugonderdelen direct onder de spoorstaafbevestiging of de ballast) maatgevend. Voor bruggen korter dan 10 m hoeft de methode niet te worden toegepast omdat deze niet als een apart deeltraject in rekening worden gebracht.

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Voor situaties waarbij nader onderzoek is vereist omdat het brugaandeelfilter niet toepasbaar is (zie bovenstaande opmerkingen) is het mogelijk om met een methode voor het bepalen van het rolgeluid (zoals opgenomen in de paragrafen 2.4 en 2.4.6 van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006) het brug- en rolgeluidaandeel te meten.

Aangegeven is dat bij meersporige bruggen kan worden volstaan met meting van de toeslag van één spoor, mits het gelijkwaardige sporen zijn. Dit is ook van toepassing voor de zogenaamde 'aanbruggen', situaties waarbij de brug in de lengterichting uit meerdere delen bestaat. Ook dan kan onder de voorwaarde dat het gelijkwaardige brugdelen zijn, volstaan worden met meting van één deel.

### *Correctie voor afwijkende spoorstaafruwheid*

Wat betreft spoorstaafruwheid moet voorkomen worden dat een niet-representatieve situatie beoordeeld wordt. De geluidemissiegetallen van een doorgaand spoor (tabel 3.1) zijn gebaseerd op de referentieruwheid die is afgeleid uit de gemiddelde spoorstaafruwheid in Nederland. Dit is consistent met het onderhoudsregime van het spoor: zeer ruwe spoorstaven worden op een gegeven moment geslepen en dan is het weer een tijdje glad. Er is echter niets bekend over de gemiddelde spoorstaafruwheid op stalen bruggen en de aanname dat de actuele spoorstaafruwheid representatief is voor de brug is plausibel. Bij het bepalen van de brugtoeslag wordt wel een ruwheidscorrectie toegepast voor de meetdoorsnede op de aardebaan, maar niet voor de brug. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorstaafruwheid. Deze keuze heeft twee consequenties:

1. De berekende geluidniveaus in de omgeving van de brug zo goed mogelijk overeenkomen met de werkelijk waar te nemen niveaus;
2. Het slijpen van de spoorstaven op de brug als geluidreducerende maatregel meegenomen worden; in dit geval moet ook bij de meetdoorsnede op de brug de spoorstaafruwheid worden bepaald volgens NEN-EN-ISO 3095:2013.

### **56.6.5 Meetmethode emissies trams**

De basis voor deze aangepaste meetmethode voor trams zijn de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, NEN-EN-ISO 3095:2013, EN 15610: 2019 (directe wiel en railruwheidsmeting), CEN TR 16891: 2016 (meting van gecombineerde ruwheid uit railtrillingen) en de meest recente inzichten uit de CEN werkgroep Railway Source Terms (meting van brontermen, stand 2019).

Bij geluidemissiemetingen aan trams wordt gemeten op ballastspoor onder gecontroleerde omstandigheden met een bekende railruwheid. Er wordt bij voorkeur over ballast heen gemeten (verre spoor) in verband met de reproduceerbaarheid van metingen. Daarnaast wordt zowel op 1,2 m als 3,5 m hoogte boven het rail loopvlak en 7,5 m uit het hart van het meetspoor, om de invloed van bodemreflecties te minimaliseren. De geluidemissie op andere spoortypes wordt met SRM II berekend door middel van een bovenbouwcorrectie en eventueel een ruwheidscorrectie. De bovenbouwcorrectie voor tramsporen wordt in analogie met die voor treinen.

Uitgangspunt voor bronhoogtes is alleen de laagste bron op 0 m voor trams met afscherming van de wielen en de aandrijving.

### **6.6.6. Reken- en meetvoorschrift diffractor op een geluidscherm.**

Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt is binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode.

Uit de FEM-PE sommen bleek een relatie te liggen tussen het extra effect van de diffractor en het Fresnelgetal ( $N_f$ ). De relatie is onderzocht voor verschillende type diffractoren, die op verschillende frequenties waren afgesteld te toetsen. Deze relatie bleek nauwelijks af te hangen van de



## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

octaafband, wel was er een verschil als er een versterking optreedt vanwege de diffractor of een verzwakking.

Bij het toepassen van een diffractoreffect op een scherm wordt geen profielcorrectieterm in rekening gebracht. Het toepassingsbereik van de methode bij een diffractor op scherm beperkt zich tot schermen waarvan de profielcorrectie  $C_p$  gelijk is aan 0 in de situatie dat op dat object de diffractor zelf niet zou zijn toegepast.

Naast een rekenregel is tevens een meetmethode voor het bepalen van het diffractoreffect vastgelegd. Als basis voor deze meetmethode wordt NEN-EN 1793-4 gebruikt. Er is wel gebleken dat er ten opzichte van deze methode een kleine aanpassing noodzakelijk was. De norm gaat uit van een energetische middeling van het diffractoreffect van alle meetposities. Het blijkt dat de bovenste meetposities ertoe leiden dat er een relatief klein diffractor effect wordt gemeten waardoor de relatie met het Fresnelgetal niet goed te leggen is. Met een lineaire middeling over de meetpunten is er wel een goede relatie.

### 56.7. Lijst van symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Paragraaf
$\alpha$	–	Geluidsabsorptiecoëfficiënt van het object in de octaafband	3.9
$\zeta$	Graden	De hoek van de voortplantingsrichting van het geluid tov een windroos (0° is van Noord naar zuid, 90° is oost naar west, etcetera)	3.5
$\delta_{lucht}$	dB/m	Luchtdempingscoëfficiënt	3.5
$\delta_{refl}$	dB(A)	De niveaureductie ten gevolge van één reflectie	3.9
$\epsilon$	m	Akoestische omweg	3.6
$\phi$	°	De openingshoek van de sector	3.4
$\varphi$	°	De hoek tussen de gemiddelde windrichting tijdens de meting en de kortste verbindingslijn tussen het waarneempunt en het spoor	3.2
$\theta$	°	De hoek die het sectorvlak maakt met het bronlijnssegment	3.4
$\gamma$	–	Functionies die gebruikt worden om de bodemdemping te berekenen	3.5
$a$	--	Fractie van het scherm dat geluidsabsorberend uitgevoerd is	3.3
$a$		Emissiekental	2.4
$A_{i,s,diff}$	dB	<u>De producteigenschap van een diffractor op een geluidscherm voor octaafbandindex <math>i</math></u>	<u>5.2</u>
$b$		Emissiekental	2.4
bb	--	Index voor bovenbouwconstructie	2.2, 2.3
$B_b$	–	Absorptiefractie van het brongebied	3.5
$B_m$	–	Absorptiefractie van het middengebied	3.5

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$B_w$	–	Absorptiefractie van het waarneemgebied	3.5
$c$	--	Spoorvoertuigcategorie	2.4
$C_{bb}$	dB(A)	De correctie vanwege de bovenbouw	2.4
$C_M$	dB(A)	Meteocorrectieterm	3.5
$C_d$	dB(A)	Meteocorrectieterm voor de dag en avond periode	3.5
$C_{en}$	dB(A)	Meteocorrectieterm voor de nachtperiode	3.5
$C_{s,diff}$	<u>dB</u>	<u>Correctieterm voor een diffractor op een geluidsscherm</u>	<u>3.6, 5.2</u>
$C_{spoorconditie}$	dB(A)	De correctie wegens de invloed van dec conditie van het spoor op de geluidemissie	2.4
$C_{ruwheid}$	dB(A)	Coëfficiënt voor het in rekening brengen van afwijkende ruwheid	2.4
$C_p$	dB(A)	Profielafhankelijke correctieterm	3.3
$c_{p,m}$		Gevoeligheidscoëfficiënten voor de meetonzekerheid $u_p$	4.1
$DB$	dB(A)	Bodemdemping	3.5
$D_{j,k,b,h,t}$	<u>dB</u>	<u>Diffractie index voor 1/3 octaafband j, meetpositie k, hoek h en hoogte bron b.</u>	<u>5.3</u>
$D_j$	<u>dB</u>	<u>Diffractieindex van een diffractor op een geluidsscherm voor 1/3 octaafband j</u>	<u>5.3</u>
$D_L$	dB(A)	Luchtdemping	3.5
$DL_{a,rail}$	dB	Spoorspecifieke absorptie	3.7
$DL_{R,rail}$	dB	Spoorspecifieke geluidisolatie	3.8
$E_{motor}$	dB(A)	Emissie vanwege motorgeluid	2.4
$E_{rem}$	dB(A)	Emissie van remmende spoorvoertuigen	2.4
$E_{aero}$	dB(A)	Emissie vanwege aerodynamisch geluid	2.4
$E_{koeling}$	dB(A)	Emissie vanwege koeling	2.4
$f$	Hz	Werkelijke geluidsfrequentie	2.4
$f_{oct}$	Hz	Octaafband gemiddelde frequentie	2.4
$f_{terts1}, f_{terts1}, f_{terts3}$		Tertsband gemiddelde frequenties van een octaafband	2.4
$f_{optreed}$		Optreedfrequentie per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt	4.1
$H$	–	Effectiviteit van het scherm	3.6
$h_b$	m	De hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied	3.5
$H_{correctie,\Delta overdracht}$		Verskil in overdrachtsverzwakking tussen meting op brug en bij de aarden baan	4.2
$h_s$	,	Werkelijke hoogte van het geluidsscherm ten opzichte van BS	3.3

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$h_{s,eff}$	m	Effectieve schermhoogte ten opzichte van BS t.b.v. de modellering	3.3
$h_e$	m	Effectieve schermhoogte	3.6
$h_T$	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijke maaiveld	3.6
$h_w$	m	De hoogte van het waarneempunten boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneembeid	3.5
$H_{brug}$	dB	Empirische brugbijdragefilter	4.2
$H_{rol}$	dB	Toeslag op het rolgeluid bij een kustwerk	4.2
$i$	-	Octaafbandindex	2.4, 3.2
$j$	-	Aanduiding van een sector	3.2
$K$	-	Het snijpunt van het scherm met de zichtlijn	3.6
$L$	-	Het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt	3.6
$L$		Ruwheid (van spoorstaven of wielen van spoorvoertuigen)	2.4
$L'$	dB(A)	Uurgemiddelde ruwe meetwaarde	4.1
$L_{res}$	dB(A)	Uurgemiddelde waarde voor residueel geluid	4.1
$L$	dB(A)	Uurgemiddelde voor residueel geluid gecorrigeerde meetwaarde	4.1
$L_p$	dB(A)	Jaargemiddeld geluidniveau per etmaalperiode gebaseerd op metingen	4.1
$L_{Aeq}$	dB(A)	Equivalentente geluidsniveau	3.2
$L_{Aeq,br,c,i,k}$	dB(A)	Meetresultaat bij de brug	4.2
$L_{Aeq,br,c,i,k}$	dB(A)	Meetresultaat bij de aardebaan	4.2
$L_E^{bs}$	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte van de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4, 4.2
$L_E^{as}$	dB(A)	Geluidemissiegetal op een hoogte van 0,5 m boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4, 4.2
$L_E^{2m}$	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte van 2,0 boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4
$L_E^{4m}$	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte van 4,0 boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4
$L_E^{5m}$	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte 5,0 boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4
$L_{eq,i}$	dB(A)	Het A-gewogen equivalentente geluidsniveau in octaafband $i$	3.10
$L_{E,brug-kunstwerk}$	dB(A)	Het gedeelte van de geluidemissie van de brug dat wordt toegekend aan het kunstwerk	4.2
$\Delta L_{i,brug,c,i}$	dB(A)	Gemeten immisietoeslag van een brug	4.2

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$L_{E,brug-rol}$	dB(A)	Rolgeluidbijdrage op een kunstwerk	4.2
$\Delta L_{E,brug-rol}$	dB(A)	Toeslag op de geluidbron op BS en AS hoogte bij een brug waarbij een bovenbouw wordt gemodelleerd als $bb=1$	4.2
$\Delta L_{E,brug-kunstwerk}$	dB(A)	Geluidemissie ten gevolge van de afstraling van het kunstwerk	4.2
$\Delta L_{l,brug,1^{e}schatting,c,i}$	dB(A)	Berekende eerste schatting van brugtoeslag op meetpunten ten behoeve van bepalen overdrachtsverzwakkingscorrectie	4.2
$L_{E,totaal}$	dB(A)	De geluidemissie op een kunstwerk alsof er geen geluidemissietoeslag is	4.2
$L_{E,totaal,brug}$	dB(A)	De totale emissie op een kunstwerk	4.2
$\Delta L_F$	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken	3.9
$\Delta L_{GU}$	dB(A)	Geometrische uitbreidingsterm	3.2
$\Delta L_{E,brug}$	dB(A)	De geluidemissietoeslag vanwege een kunstwerk	4.2
$L_{\lambda,rtr,feitelijk}$	mm	Feitelijke spoorstaafruwheid	2.4
$L_{\lambda,rtr,ref}$	mm	Referentie spoorstaafruwheid	2.4
$L_{\lambda,rveh,c}$	mm	Wielruwheid	2.4
$L_{overstand}$	dB(A)	Bijdrage aan het equivalent geluidniveau vanwege overstand	3.2
$\Delta L_{OD}$	dB(A)	Overdrachtsverzwakking	3.2
$\Delta L_{SW}$	dB(A)	Schermwering	3.2, 3.6
$\Delta L_R$	dB(A)	Niveaureductie t.g.v. reflecties	3.2, 3.9
$\Delta L_{R,abs}$	dB(A)	Niveaureductie op als gevolg van absorptie bij de reflecties	3.9
$m$	-	Index voor mate van voorkomen spoorstaafonderbreking en wissels	2.2, 2.3
$N_f$	-	Fresnelgetal	3.6
$N_{refl}$	-	Het aantal reflecties tussen bron- en waarneempunt	3.9
$n$	-	Bronpunt	3.2
$p$	%	Snelheidsprofiel	2.3, 2.4
$Q$	$h^{-1}$	De gemiddelde aantal rekeneenheden van spoorvoertuigen	2.3
$r$	m	De afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindinglijn	3.4, 3.6
$r_o$	m	De horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt	3.5, 3.6
$r_L$	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW	3.6

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$r_T$	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW	3.6
$r_w$	m	De horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm	3.6
$S_b$	-	De effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied	3.5, 3.6
$S_f$		Maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoïde ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak	3.9
$S_r$		Maat voor het gedeelte van $S_f$ dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak	3.9
$S_w$	-	De effectiviteit van de bodemdemping in het waarneembeid	3.5, 3.6
$T$	°	De tophoek van de dwarsdoorsnede van het object	3.6
$u_p$	dB(A)	De totale meetonzekerheid voor $L_p$	4.1
$u_{p,m}$	dB(A)	Standaardafwijking die de gecombineerde onzekerheid in emissie en meteorologische omstandigheden representeert	4.1
$U_{wind}$	dB(A)	De onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind.	4.1
$U_{nat}$	dB(A)	De onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol.	4.1
$U_{meteo}$	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse	4.1
$U_{res}$	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van $L_{90}$ of $L_{95}$ tijdens onbemande metingen.	4.1
$U_{slm}$	dB(A)	De meetonzekerheid van de meetketen	4.1
$u_{den}$	dB(A)	De meetonzekerheid van door metingen vastgesteld $L_{den}$	4.1
$v$	km/u	De gemiddelde snelheid van de spoorvoertuigen	2.3
$V_{wind}$	m/s	Uurgemiddelde windsnelheid	4.1
$V_{mee}$		Uurgemiddelde meewindcomponent windsnelheid	4.1
$W$	--	Snelheidsafhankelijk Verdeling emissie tussen ashoogte en bovenzijde spoorstaafhoogte voor hoge snelheidstreinen	2.4
$W_{max}$	m/s	Toegestane windsnelheden	4.1
$z_0$	m	De hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt	
$z_b$	m	De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil	3.6
$z_c$	m	De hoogte van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt	
$z_k$	m	De hoogte van punt K (snijpunt scherm en zichtlijn) ten opzichte van het referentiepeil	3.6
$z_l$	m	De hoogte van punt L (snijpunt scherm en gekromde	3.6

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

		geluidsstraal) ten opzichte van het referentiepeil	
<i>ZT</i>	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil	3.6
<i>Zw</i>	m	De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil	3.6

<sup>1</sup> Hiernaar moet nader onderzoek verricht worden. Dit brugbijdragespectrum zal in het algemeen tot conservatieve resultaten leiden.

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

**BIJLAGE XIX BIJ ARTIKEL 8.2 VAN DEZE REGELING (DOSIS-EFFECTRELATIES VOOR ACTIEPLANNEN GELUID)**

*Dosis-effectrelaties voor industrielawaai*

<b>Geluidsbelastingklasse (L<sub>dén</sub>)</b>	<b>Gehinderden per 100 bewoners</b>	<b>Ernstig-gehinderden per 100 bewoners</b>
55-59 dB	26	11
60-64 dB	35	17
65 dB of hoger	40	24
<b>Geluidsbelastingklasse (L<sub>nicht</sub>)</b>	<b>Slaapgestoorden per 100 bewoners</b>	
50-54 dB	7	
55-59 dB	10	
60-64 dB	13	
64-69 dB	18	
70 dB of hoger	20	

*Dosis-effectrelaties voor verkeerslawaai*

<b>Geluidsbelastingklasse (L<sub>dén</sub>)</b>	<b>Gehinderden per 100 bewoners</b>	<b>Ernstig-gehinderden per 100 bewoners</b>
55-59 dB	21	8
60-64 dB	30	13
65-69 dB	41	20
70-74 dB	54	30
75 dB of hoger	61	37
<b>Geluidsbelastingklasse (L<sub>nicht</sub>)</b>	<b>Slaapgestoorden per 100 bewoners</b>	
50-54 dB	7	
55-59 dB	10	
60-64 dB	13	
64-69 dB	18	
70 dB of hoger	20	

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

*Dosis-effectrelaties voor spoorweglawaai*

Geluidsbelastingklasse ( $L_{den}$ )	Gehinderden per 100 bewoners	Ernstig gehinderden per 100 bewoners
55-59 dB	12	3
60-64 dB	19	6
65-69 dB	28	11
70-74 dB	40	18
75 dB of hoger	47	23

Geluidsbelastingklasse ( $L_{night}$ )	Slaapgestoorden per 100 bewoners
50-54 dB	3
55-59 dB	5
60-64 dB	6
64-69 dB	8
70 dB of hoger	10

**1. Reeks schadelijke effecten**

Voor de bepaling van schadelijke effecten wordt het volgende in aanmerking genomen:

- ischemische hartziekten vallend onder codes BA40 tot en met BA6Z van de internationale classificatie ICD-11 van de Wereldgezondheidsorganisatie (IHD);
- hoge mate van hinder (HA);
- hoge mate van slaapverstoring (HSD).

**2. Berekening van schadelijke effecten**

De schadelijke effecten worden berekend door middel van een van de volgende formules, zoals nader gespecificeerd in paragrafen 2.1 tot en met 2.3:

- het relatieve risico (RR) van het schadelijke effect:

$$RR = \left( \frac{\text{waarschijnlijkheid van voorkomen van schadelijk effect in bevolking die is blootgesteld aan specifiek niveau van omgevingslawaai}}{\text{waarschijnlijkheid van voorkomen van schadelijk effect in bevolking die niet is blootgesteld aan dat omgevingslawaai}} \right) \quad (1)$$

- het absolute risico (AR) van het schadelijke effect:

$$AR = \left( \frac{\text{voorkomen van schadelijk effect in bevolking die is blootgesteld aan specifiek niveau van omgevingslawaai}}{\text{specifiek niveau van omgevingslawaai}} \right) \quad (2)$$

**2.1 Ischemische hartziekten (IHD)**

Voor de berekening van het relatieve risico (RR) wat het schadelijke effect van ischemische hartziekten (IHD) betreft, wordt voor het gebied waarbinnen de incidentie bekend is (i) de volgende dosis/effectrelatie gebruikt:



Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$$\frac{RR_{IHD,road} = e^{\left[\left(\frac{\ln(1,08)}{10}\right) \times (L_{den} - 53)\right]}}{RR_{IHD,road} = 1} \quad \begin{array}{l} \text{voor } L_{den} \\ > 53 \text{ dB} \\ \text{voor } L_{den} \\ \leq 53 \text{ dB} \end{array} \quad (3)$$

voor wegverkeerslawaai.

**2.2 Hoge mate van hinder (HA)**

Voor de berekening van het absolute risico op hoge mate van hinder  $AR_{HA}$  wordt de volgende dosis/effectrelatie gebruikt:

$$AR_{HA,road} = \frac{(78,9270 - 3,1162 L_{den} + 0,0342 L_{den}^2)}{100} \quad (4)$$

voor wegverkeerslawaai:

$$AR_{HA,rail} = \frac{(38,1596 - 2,05538 L_{den} + 0,0285 L_{den}^2)}{100} \quad (5)$$

voor spoorweglawaai:

$$AR_{HA,air} = \frac{e^{-7,7130+0,1260L_{den}}}{1 + e^{-7,7130+0,1260L_{den}}} \quad (6)$$

voor vliegtuiglawaai.

**2.3 Hoge mate van slaapverstoring (HSD)**

Voor de berekening van het absolute risico op hoge mate van slaapverstoring  $AR_{HSD}$  wordt de volgende dosis/effectrelatie gebruikt:

$$AR_{HSD,road} = \frac{(19,4312 - 0,9336 L_{night} + 0,0126 L_{night}^2)}{100} \quad (7)$$

voor wegverkeerslawaai:

$$AR_{HSD,rail} = \frac{(67,5406 - 3,1852 L_{night} + 0,0391 L_{night}^2)}{100} \quad (8)$$

voor spoorweglawaai:

$$AR_{HSD,air} = \frac{e^{-6,2952+0,0960L_{night}}}{1 + e^{-6,2952+0,0960L_{night}}} \quad (9)$$

voor vliegtuiglawaai.

**3. Bepaling van schadelijke effecten**

De blootstelling van de bevolking wordt voor elke geluidbronsort en elk schadelijk effect afzonderlijk bepaald. Wanneer dezelfde personen tegelijkertijd aan verschillende geluidbronsorten worden blootgesteld, mogen de schadelijke effecten — in het algemeen — niet worden gecumuleerd. Die effecten kunnen evenwel met elkaar worden vergeleken, om het relatieve belang van elke geluidbronsort te kunnen bepalen.

**3.1 Bepaling voor Ischemische hartziekten (IHD)**

Wat IHD in geval van lawaai van wegverkeer betreft, wordt het aandeel van de gevallen van specifieke schadelijke effecten in de bevolking die wordt blootgesteld aan een RR dat volgens de berekening wordt veroorzaakt door omgevingslawaai, voor het gebied waarbinnen de incidentie bekend is (i) afgeleid door:

$$PAF_{IHD,road} = \frac{\sum_j [p_j (RR_{j,IHD,road} - 1)]}{\sum_j [p_j (RR_{j,IHD,road} - 1)] + 1} \quad (10)$$

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

waarbij

- $PAF_{IHD,road}$  de aan de bevolking toe te schrijven fractie is;
- de reeks  $j$  blootstellingsbereiken bestaat uit afzonderlijke bereiken van maximaal 5 dB
- $p_i$  het aandeel van de totale bevolking  $P$  is in het beoordeelde gebied dat wordt blootgesteld aan blootstellingsbereik  $j$ , dat wordt geassocieerd met een bepaald RR van het schadelijk effect  $IHD_{road}$
- $RR_{i,IHD,road}$  wordt berekend met formule 3, bij de centrale waarde van elk blootstellingsbereik.

Wat IHD in geval van lawaai van wegverkeer betreft, is het totale aantal  $N$  gevallen per gebied waarbinnen de incidentie bekend is (i):

$$N_{IHD,road,i} = PAF_{IHD,road,i} I_{IHD,i} P_i \quad (11)$$

waarbij

- $PAF_{IHD,road,i}$  wordt berekend met formule 8;
- $I_{IHD,i}$  de incidentie van IHD is in het te beoordelen gebied  $i$ , die kan worden verkregen uit statistieken over de gezondheid van de desbetreffende regio of het desbetreffende land;
- $P_i$  de totale bevolking is van het te beoordelen gebied  $i$ .

### 3.2 Bepaling voor hoge mate van hinder (HA) en hoge mate van slaapverstoring (HSD)

Wat hoge mate van hinder (HA) en hoge mate van slaapverstoring (HSD) in geval van lawaai van wegverkeer, treinverkeer en vliegtuigen betreft, is het totale aantal  $N$  personen die schadelijk effect  $x$  ondergaan (aantal toe te schrijven gevallen) vanwege geluidbronsort  $y$ :

$$N_{x,y} = \sum_j [n_j AR_{j,x,y}] \quad (12)$$

waarbij

- $AR_{i,x,y}$  het absolute risico (AR) is van het desbetreffende schadelijke effect  $x$  (HA, HSD), dat wordt berekend met de in paragrafen 2.2 en 2.3 van deze bijlage beschreven formules, bij de centrale waarde van elk blootstellingsbereik;
- $n_j$  het aantal personen is dat wordt blootgesteld aan het blootstellingsbereik  $j$ .

**BIJLAGE XXXIII BIJ ARTIKEL 12.71b, ONDER A EN B, VAN DEZE REGELING (MEET- EN REKENMETHODE GELUIDBELASTING)**

**INHOUD**

1. INLEIDING
2. REKENMETHODE
  - 2.1 ALGEMENE BEPALINGEN
    - 2.1.1 Indicatoren, frequentiebereik en banddefinities
    - 2.1.2 Kwaliteitskader
  - 2.2 WEGVERKEERSLAWAAI
    - 2.2.1 Bronbeschrijving
      - 2.2.1a Geluidsvermogensemissie
      - 2.2.2 Referentieomstandigheden
      - 2.2.3 Rolgeluid
      - 2.2.4 Aandrijfgeluid
      - 2.2.5 Effect van de versnelling en vertraging van voertuigen
      - 2.2.6 Effect van het type wegdek
      - 2.2.7 Emissiekentallen wegverkeer
    - 2.3 SPOORWEGLAWAAI
      - 2.3.1 Bronbeschrijving
      - 2.3.2 Geluidsvermogensemissie
      - 2.3.3 Aanvullende effecten
      - 2.3.4 Emissies
    - 2.4 INDUSTRIELAWAAI
      - 2.4.1 Bronbeschrijving
    - 2.5 BEREKENING VAN GELUIDSVOORTPLANTING VOOR WEG-, SPOOR- EN INDUSTRIEBRONNEN
      - 2.5.1 Omvang en toepasselijkheid methode
      - 2.5.2 Gebruikte definities
      - 2.5.3 Geometrische overwegingen
      - 2.5.4 Model voor geluidsvoortplanting
      - 2.5.5 Berekeningsproces
      - 2.5.6 Berekening van geluidsvoortplanting voor weg-, spoor-, industriebronnen
    - 2.6 [Blootstelling aan lawaai](#)~~GELUIDSNIVEAU EN BEVOLKING AAN GEBOUWEN TOEWIJZEN~~
  3. MEETMETHODEN

**1. Inleiding**

De waarden van de geluidsbelasting,  $L_{den}$  en  $L_{night}$ , worden op de waarneempunten bepaald door berekening volgens de rekenmethode en de gegevens zoals uiteengezet in hoofdstuk 2 . Metingen kunnen volgens hoofdstuk 3 worden verricht.

**2. Rekenmethode**

**2.1 Algemene bepalingen**

**2.1.1 Indicatoren, frequentiebereik en banddefinities**

Berekeningen van de geluidsbelasting worden in het frequentiegebied van 63 Hz tot 8 kHz octaafbanden bepaald. De resultaten van de frequentieband worden op het overeenkomstige frequentie-interval verstrekt.

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Berekeningen worden voor wegverkeerslawaai, spoorweglawaai en industrielawaai in octaafbanden uitgevoerd, met uitzondering van het geluidsvermogen van de bron van spoorweglawaai, dat van tertsbanden gebruikmaakt. Voor wegverkeerslawaai, spoorweglawaai en industrielawaai wordt, op basis van de resultaten van deze octaafband, het A-gewogen gemiddelde geluidsdrukniveau/geluidsniveau over lange termijn voor de dag, de avond en nachtperiode, als vastgesteld in bijlage I en bedoeld in artikel 5 van Richtlijn 2002/49/EG, berekend door optelling over alle frequenties; de methode beschreven in de punten 2.1.2, 2.2, 2.3, 2.4 en 2.5. Voor het weg- en spoorwegverkeer in agglomeraties wordt het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau op lange termijn bepaald op basis van de bijdragen daaraan van de daarin gelegen weg- en spoorwegsegmenten, met inbegrip van de grote wegen en de grote spoorwegen.

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \lg \sum_{i=1}^{n} 10^{(L_{eq,T,i} + A_i)/10} \quad (2.1.1)$$

waarbij

$A_i$  de A-gewogen correctie volgens IEC 61672-1 aanduidt,  
 $i$  de frequentieband-index is,  
 en  $T$  de tijdsperiode is die overeenkomt met dag, avond of nacht.

Geluidsparameters zijn:

$L_p$	Niveau van momentane geluidsdruk	[dB] (re. $2 \cdot 10^{-5}$ Pa)
$L_{Aeq,LT}$	Globaal langdurig geluidsniveau $L_{Aeq}$ als gevolg van alle bronnen en spiegelbronnen op punt R	[dB] (re. $2 \cdot 10^{-5}$ Pa)
$L_W$	In situ geluidsvermogensniveau van een puntbron (bewegende of stilstaande)	[dB] (re. $10^{-12}$ W)
$L_{W,i,dir}$	Richtingsafhankelijk in situ geluidsvermogensniveau voor de $i$ -de-frequentieband	[dB] (re. $10^{-12}$ W)
$L_{W'}^*$	Gemiddelde in situ geluidsvermogensniveau per meter bronlijn	[dB/m] (re. $10^{-12}$ W)

Andere fysische parameters zijn:

$p$	Effectieve waarde van de momentane geluidsdruk	[Pa]
$p_0$	Referentiegeluidsdruk = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa	[Pa]
$W_0$	Referentiegeluidsvermogen = $10^{-12}$ W	[Watt]

### 2.1.2 Kwaliteitskader

#### Nauwkeurigheid van invoerwaarden

Alle invoerwaarden die het emissieniveau van een bron beïnvloeden, worden bepaald met ten minste de nauwkeurigheid die overeenkomt met een onzekerheid van  $\pm 2$ dB(A) in het emissieniveau van de bron (waarbij alle andere parameters ongewijzigd blijven).

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

### *Gebruik van standaardwaarden*

Bij de toepassing van de in dit hoofdstuk weergegeven methode geven de invoergegevens het werkelijke verbruik weer. In principe wordt geen gebruik gemaakt van standaardinvoerwaarden of veronderstellingen. Standaardinvoerwaarden en veronderstellingen worden geaccepteerd indien de verzameling van werkelijke gegevens met onevenredig hoge kosten gepaard gaat.

### *De kwaliteit van de software die voor de berekeningen wordt gebruikt*

Voor de software die voor de berekeningen wordt gebruikt, moet worden bewezen dat aan de hierbij beschreven methode is voldaan, en wel door middel van certificering van resultaten tegen testcases.

## **2.2 Wegverkeerslawaai**

### **2.2.1 Bronbeschrijving**

#### *Indeling van voertuigen*

De bron van wegverkeerslawaai wordt vastgesteld door de geluidsemissies van alle individuele voertuigen van de verkeersstroom te combineren. Deze voertuigen worden ingedeeld in vier verschillende categorieën met betrekking tot de kenmerken van hun geluidsemissie:

Categorie 1: Lichte motorvoertuigen

Categorie 2: Middelzware voertuigen

Categorie 3: Zware voertuigen

Categorie 4: Gemotoriseerde tweewielers

Bij gemotoriseerde tweewielers worden twee afzonderlijke subcategorieën gedefinieerd voor bromfietsen en krachtigere motorfietsen, omdat zij in zeer verschillende rij-modi functioneren en hun aantallen meestal sterk uiteenlopen.

Gebruik van de eerste vier categorieën is verplicht. Er wordt rekening gehouden met de mogelijkheid dat in de toekomst nieuwe voertuigen worden ontwikkeld waarvan de geluidsemissies dusdanig anders zijn dat een extra categorie moet worden vastgesteld. Deze categorie kan betrekking hebben op, bijvoorbeeld, elektrische of hybride voertuigen of andere voertuigen die in de toekomst worden ontwikkeld en die wezenlijk verschillen van de voertuigen in de categorieën 1 ~~tot en met~~ 4.

De bijzonderheden van de verschillende voertuigcategorieën worden in tabel 2.2.a vermeld.

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Tabel 2.2.a Voertuigklassen

Categorie	Naam		Beschrijving	Voertuigcategorie in <b>EGEU</b> Goedkeuring van volledige voertuigen <sup>1</sup>
1	Lichte motorvoertuigen		Personenauto's, bestelwagens ≤ 3,5 ton, SUV's <sup>2</sup> , MPV's <sup>3</sup> , waaronder aanhangers en caravans	M1 en N1
2	Middelzware voertuigen		Middelzware voertuigen, bestelwagens > 3,5 ton, bussen, campers enz., met twee assen en dubbele banden op de achteras	M2, M3 en N2, N3
3	Zware voertuigen		Zware bedrijfsvoertuigen, touringcars, bussen, met drie of meer assen	M2 en N2 met aanhangwagens, M3 en N3
4	Gemotoriseerde tweewielers	4a	Bromfietsen met twee, drie of vier wielen	L1, L2, L6
		4b	Motorfietsen met of zonder zijspan, drie- wielers en vierwielers	L3, L4, L5, L7

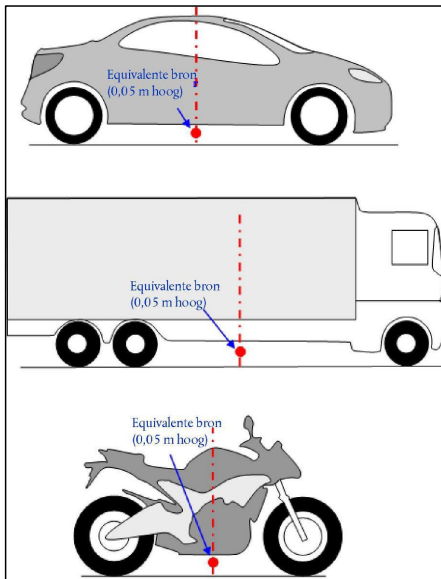
Aantal en plaats van equivalente geluidsbronnen

~~De in deze bijlage opgenomen rekenmethode geeft~~ In dit model wordt elk voertuig (categorien ~~categorieën~~ 1, 2, 3, ~~4a~~ en ~~4~~ ~~weer~~ ~~4b~~) weergegeven met één enkele puntbron die gelijkmatig naar de 2-n halfruimte boven het wegdek afstraalt. De eerste reflectie op het wegdek wordt impliciet behandeld. Zoals afgebeeld in figuur 2.2.a wordt deze puntbron 0,05 m boven het wegdek geplaatst.

<sup>1</sup> Richtlijn 2007/46/EG van het Europees Parlement en de Raad van 5 september 2007 tot vaststelling van een kader voor de goedkeuring van motorvoertuigen en aanhangwagens daarvan en van systemen, onderdelen en technische eenheden die voor dergelijke voertuigen zijn bestemd (PBPEU, 2007, L 263, van 9-10- oktober 2007).

<sup>2</sup> Sport Utility Vehicles.

<sup>3</sup> Multifunctionele voertuigen.



Figuur 2.2.a, Locatie van equivalente puntbron op lichte voertuigen (categorie 1), zware voertuigen (categorieën 2 en 3) en tweewielers (categorie 4)

De verkeersstroom wordt door een bronlijn weergegeven. Bij het modelleren van een weg met meerdere rijbanen, wordt elke rijbaan idealiter door een bronlijn in het midden van elke rijbaan weergegeven. Het is echter ook aanvaardbaar om één bronlijn in het midden van een tweebaansweg of één bronlijn per rijbaan in de buitenste baan van meerbaanswegen te modelleren.

### 2.2.1a Geluidsvermogensemissie

#### Inleiding

Het geluidsvermogen van de bron wordt in het 'half-vrije veld' gedefinieerd, aldus omvat het geluidsvermogen het effect van de reflectie van de grond onmiddellijk onder de gemodelleerde bron waar zich geen versturende objecten in de onmiddellijke omgeving bevinden, met uitzondering van de reflectie op het wegdek niet onmiddellijk onder de gemodelleerde bron.

#### Verkeersstroom

De geluidsemissie van een verkeersstroom wordt weergegeven door een bronlijn, gekenmerkt door haar richtingsafhankelijk geluidsvermogen per meter per frequentie. Dit komt overeen met de som van de geluidsemissie van de individuele voertuigen in de verkeersstroom, rekening houdend met de tijd die de voertuigen in het beschouwde wegvak zijn. De uitvoering van het individuele voertuig in de stroom vereist de toepassing van een verkeersstroommodel.

Als een constante verkeersstroom van  $Q_m$  voertuigen van categorie  $m$  per uur wordt verondersteld, met een gemiddelde snelheid  $v_m$  (in km/h), wordt het richtingsafhankelijk geluidsvermogen per meter in de frequentieband  $i$  van de bronlijn  $L_{W',eq,lij,n,i,m}$  bepaald door:

$$L_{W',eq,lij,n,i,m} = L_{W,i,m} + 10 \times \lg \left( \frac{Q_m}{1000 \times v_m} \right) \quad (2.2.1)$$

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

waarbij  $L_{W,i,m}$  het gerichte geluidsvermogen van een enkel voertuig is.  $L_{W',m}$  wordt uitgedrukt in dB (re.  $10^{-12}$  W/m). Deze geluidsvermogensniveaus worden berekend voor elke octaafband  $i$  van 63 Hz tot en met 8 kHz.

De verkeersstroomgegevens  $Q_m$  worden als jaargemiddelde per uur, per tijdsperiode (dag-avond-nacht), per voertuigklasse en per bronlijn uitgedrukt. Voor alle categorieën worden verkeersstroom-invoergegevens afkomstig van verkeerstelling of verkeersmodellen gebruikt.

De snelheid  $v_m$  is een representatieve snelheid per voertuigcategorie: in de meeste gevallen is dat de wettelijke maximumsnelheid voor het wegvak of, als dit lager is, de wettelijke maximumsnelheid voor de voertuigcategorie. Als plaatselijke meetgegevens niet beschikbaar zijn, wordt de wettelijke maximumsnelheid voor de voertuigcategorie gebruikt.

### Individueel voertuig

Aangenomen wordt dat ~~in de verkeersstroom~~ alle voertuigen van categorie  $m$  in de verkeersstroom op dezelfde snelheid rijden, dat wil zeggen  $v_m$ , ~~de gemiddelde snelheid van de stroom voertuigen van de categorie.~~

Een wegvoertuig wordt gemodelleerd door een aantal wiskundige vergelijkingen die de twee belangrijkste bronnen van lawaai weergeven:

1. rolgeluid als gevolg van de wisselwerking tussen band en wegoppervlak;
2. aandrijfgeluid veroorzaakt door de aandrijflijn (motor, uitlaat enz.) van het voertuig.

Aerodynamisch geluid wordt in de bron van het rolgeluid opgenomen.

Voor lichte, middelzware en zware voertuigen (categorieën 1, 2 en 3) komt het totale geluidsvermogen overeen met de energetische som van het rolgeluid en het aandrijfgeluid. Het totale geluidsvermogensniveau van de bronlijnen  $m = 1, 2$  of  $3$  wordt dus gedefinieerd door:

$$L_{W,i,m}(v_m) = 10 \cdot \lg \left( 10^{\frac{L_{WR,i,m}(v_m)}{10}} + 10^{\frac{L_{WP,i,m}(v_m)}{10}} \right) \quad (2.2.2)$$

waarbij  $L_{WR,i,m}$  het geluidsvermogensniveau voor rolgeluid en  $L_{WP,i,m}$  het geluidsvermogensniveau voor aandrijfgeluid is. Dit geldt voor alle snelheidsbereiken. Voor snelheden minder dan 20 km/h heeft het totale geluidsvermogen voor een voertuig hetzelfde geluidsvermogensniveau als door de formule voor  $v_m = 20$  km/h wordt bepaald.

Voor tweewielers (categorie 4) wordt alleen aandrijfgeluid aangemerkt voor de bron:

$$L_{W,i,m=4}(v_{m=4}) = L_{WP,i,m=4}(v_{m=4}) \quad (2.2.3)$$

Dit geldt voor alle snelheidsbereiken. Voor snelheden minder dan 20 km/h heeft het totale geluidsvermogen voor een voertuig hetzelfde geluidsvermogensniveau als door de formule voor  $v_m = 20$  km/h wordt bepaald.

### 2.2.2 Referentieomstandigheden

De bronvergelijkingen en coëfficiënten gelden voor de volgende referentieomstandigheden:

- een constante voertuigsnelheid,
- een vlakke weg,
- een luchttemperatuur van  $t_{ref} = 20$  °C,
- een virtueel referentiewegdek, bestaand uit gemiddeld dicht asfaltbeton 0/11 en steenmastiekasfalt 0/11, tussen 2 en 7 jaar oud en in een representatieve onderhoudstoestand,
- een droog wegdek,



## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

- geen spijkerbanden.

### 2.2.3 Rolgeluid

#### Algemene vergelijking

Het geluidsvermogensniveau van rolgeluid in de frequentieband  $i$  voor een voertuig van categorie  $m = 1, 2$  of  $3$  wordt gedefinieerd als:

$$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} + \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right) + \Delta L_{WR,i,m} \quad (2.2.4)$$

De coëfficiënten  $A_{R,i,m}$  en  $B_{R,i,m}$  worden voor elke voertuigcategorie in octaafbanden en voor een referentiesnelheid  $v_{ref} = 70$  km/h gegeven.  $\Delta L_{WR,i,m}$  stemt overeen met de som van de correctiecoëfficiënten die worden toegepast op de rolgeluidemissie voor specifieke weg- of voertuigomstandigheden die van de referentieomstandigheden afwijken:

$$\Delta L_{WR,i,m} = \Delta L_{WR,road,i,m} + \Delta L_{WR,acc,i,m} + \Delta L_{W,temp} \quad (2.2.5)$$

$\Delta L_{WR,road,i,m}$  verdisconteert het effect op het rolgeluid van een wegdek met akoestische eigenschappen die verschillen van die van het virtuele referentiewegdek zoals gedefinieerd in hoofdstuk 2.2.2. Dit omvat zowel het effect op voortplanting als het effect op opwekkingemissie.

$\Delta L_{WR,acc,i,m}$  verdisconteert het effect op het rolgeluid van een kruising met verkeerslichten of een rotonde. Het integreert het effect van de snelheidsvariatie op de geluidsbelasting.

$\Delta L_{W,temp}$  is een correctieterm voor een gemiddelde temperatuur  $\tau$  die verschilt van de referentietemperatuur  $\tau_{ref} = 20$  °C.

#### Effect van luchttemperatuur op rolgeluidcorrectie

De luchttemperatuur heeft invloed op de rolgeluidemissie; het niveau van het rolgeluidsvermogen neemt af wanneer de luchttemperatuur toeneemt. Dit effect wordt in de wegdekcorrectie ingevoerd. Wegdekcorrecties worden gewoonlijk op een luchttemperatuur van  $\tau_{ref} = 20$  °C beoordeeld. Bij een verschillende jaarlijkse gemiddelde luchttemperatuur °C, wordt het wegdekgeluid gecorrigeerd door:

$$\Delta L_{W,temp,m,\tau} = K_m \times (\tau_{ref} - \tau) \quad (2.2.6)$$

De correctieterm is positief (dat wil zeggen lawaai neemt toe) voor temperaturen lager dan 20 °C en negatief (dat wil zeggen lawaai neemt af) voor hogere temperaturen. De coëfficiënt  $K$  is afhankelijk van het wegdek en de kenmerken van de band en vertoont in het algemeen enige afhankelijkheid van frequentie. Een algemene coëfficiënt  $K_{m=1} = 0,08$  dB/°C voor lichte voertuigen (categorie 1) en  $K_{m=2} = K_{m=3} = 0,04$  dB/°C voor zware voertuigen (categorieën 2 en 3) wordt voor alle wegdekken toegepast. De correctiecoëfficiënt wordt in dezelfde mate op alle octaafbanden van 63 tot en met 8-000 Hz toegepast.

### 2.2.4 Aandrijfgeluid

#### Algemene vergelijking

De aandrijfgeluidemissie omvat alle bijdragen van de motor, uitlaat, versnellingen, luchtinlaat enz. Het vermogensniveau van het aandrijfgeluid in de frequentieband  $i$  voor een voertuig van categorie  $m$  wordt gedefinieerd als:

$$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m} + \frac{(v_m - v_{ref})}{v_{ref}} + \Delta L_{WP,i,m} \quad (2.2.7)$$

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

De coëfficiënten  $A_{p,i,m}$  en  $B_{p,i,m}$  worden voor elke voertuigcategorie in octaafbanden en voor een referentiesnelheid  $v_{ref} = 70$  km/h opgegeven.

$\Delta L_{WP,i,m}$  stemt overeen met de som van de correctiecoëfficiënten die worden toegepast op de aandrijfgeluidsemissie voor specifieke rijomstandigheden of regionale omstandigheden die van de referentieomstandigheden afwijken:

$$\Delta L_{WP,i,m} = \Delta L_{WP,road,i,m} + \Delta L_{WP,grad,i,m} + \Delta L_{WP,acc,i,m} \quad (2.2.8)$$

$\Delta L_{WP,road,i,m}$  verdisconteert het effect van het wegdek op het aandrijfgeluid via absorptie. De berekening wordt volgens hoofdstuk 2.2.6 verricht.

$\Delta L_{WP,acc,i,m}$  en  $\Delta L_{WP,grad,i,m}$  veroorzaken het effect van weghellingen en van versnelling en vertraging van voertuigen op kruispunten. Zij worden in overeenstemming met respectievelijk hoofdstukken 2.2.4 en 2.2.5 berekend.

### Effect van weghellingen

De weghelling heeft twee gevolgen voor de geluidsemissie van het voertuig. Ten eerste heeft zij invloed op de voertuigsnelheid en dus op de rol- en aandrijfgeluidsemissies van het voertuig. Ten tweede heeft zij invloed op zowel de motorbelasting als het motortoerental via de keuze van versnelling en dus op de aandrijfgeluidsemissie van het voertuig. Alleen het effect op het aandrijfgeluid wordt in deze sectie in aanmerking genomen, waarbij van een constante snelheid wordt uitgegaan.

Voor  $m=1$

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=1}(v_m) = \begin{cases} \frac{\text{Min}(12\%; -s) - 6\%}{1\%} & \text{voor } s < -6\% \\ 0 & \text{voor } -6\% \leq s \leq 2\% \\ \frac{\text{Min}(12\%, s) - 2\%}{1,5\%} \times \frac{v_m}{100} & \text{voor } s > 2\% \end{cases} \quad (2.2.9)$$

Voor  $m=2$

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=2}(v_m) = \begin{cases} \frac{\text{Min}(12\%; -s) - 4\%}{0,7\%} \times \frac{v_m - 20}{100} & \text{voor } s < -4\% \\ 0 & \text{voor } -4\% \leq s \leq 0\% \\ \frac{\text{Min}(12\%, s)}{1\%} \times \frac{v_m}{100} & \text{voor } s > 0\% \end{cases} \quad (2.2.10)$$

Voor  $m=3$

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=3}(v_m) = \begin{cases} \frac{\text{Min}(12\%; -s) - 4\%}{0,5\%} \times \frac{v_m - 10}{100} & \text{voor } s < -4\% \\ 0 & \text{voor } -4\% \leq s \leq 0\% \\ \frac{\text{Min}(12\%, s)}{0,8\%} \times \frac{v_m}{100} & \text{voor } s > 0\% \end{cases} \quad (2.2.11)$$

Voor  $m=4$

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=4} = 0 \quad (2.2.12)$$

De correctie  $\Delta L_{WP,grad,m}$  houdt impliciet rekening met het effect van de helling op de snelheid.

### 2.2.5 Effect van de versnelling en vertraging van voertuigen

Voor en na kruispunten met verkeerslichten en rotondes wordt een correctie toegepast voor het effect van versnelling en vertraging zoals hieronder beschreven.

### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

De correctietermen voor rolgeluid,  $\Delta L_{WR,acc,m,k}$ , en voor aandrijfgeluid,  $\Delta L_{WP,acc,m,k}$ , zijn lineaire functies van de afstand  $x$  (in m) van de puntbron tot het dichtstbijzijnde snijpunt van de respectieve bronlijn met een andere bronlijn. De correctietermen worden in gelijke mate aan alle octaafbanden toegeschreven:

$$\Delta L_{WR,acc,m,k} = C_{R,m,k} \cdot \text{Max} \left( 1 - \frac{|x|}{100}; 0 \right) \quad (2.2.13)$$

$$\Delta L_{WP,acc,m,k} = C_{P,m,k} \cdot \text{Max} \left( 1 - \frac{|x|}{100}; 0 \right) \quad (2.2.14)$$

De coëfficiënten  $C_{R,m,k}$  en  $C_{P,m,k}$  hangen af van de aard van het kruispunt  $k$  ( $k = 1$  voor een kruispunt met verkeerslichten,  $k = 2$  voor een rotonde) en worden voor elke voertuigcategorie vermeld. De correctie omvat het effect van snelheidsverandering bij het naderen of weggrijden van een kruispunt of rotonde.

Opgemerkt wordt dat op een afstand  $|x| \geq 100$  m,  $\Delta L_{WR,acc,m,k} = \Delta L_{WP,acc,m,k} = 0$ .

### 2.2.6 Effect van het type wegdek

#### Algemene beginselen

Voor een wegdek met akoestische eigenschappen die afwijken van de akoestische eigenschappen van het referentiewegdek, wordt een spectrale correctieterm voor zowel rolgeluid als aandrijfgeluid toegepast.

De wegdekcorrectieterm voor de rolgeluidsemmissie wordt verkregen door:

$$\Delta L_{WR,road,i,m} = \alpha_{i,m} + \beta_m \cdot \lg \left( \frac{v_m}{v_{ref}} \right) \quad (2.2.15)$$

waarbij

$\alpha_{i,m}$  de spectrale correctie in dB op referentiesnelheid  $v_{ref}$  voor categorie  $m$  (1, 2 of 3) en spectrale band  $i$  is,

$\beta_m$  het effect van de snelheid op de vermindering van het rolgeluid voor categorie  $m$  (1, 2 of 3) is, en voor alle frequenties gelijk is.

De wegdekcorrectieterm voor de aandrijfgeluidsemmissie wordt verkregen door:

$$\Delta L_{WP,road,i,m} = \min(\alpha_{i,m}; 0) \quad (2.2.16)$$

Absorberende wegdekken verminderen het aandrijfgeluid, terwijl niet-absorberende oppervlakken het niet vergroten.

#### Leeftijdseffect op de eigenschappen van het wegdekgeluid

De geluidskenmerken van wegdekken variëren naar gelang de leeftijd en het onderhoudsniveau en worden na verloop van tijd luider. In deze methode worden die wegdekparameters afgeleid die representatief zijn voor de akoestische prestaties van het type wegdek, evenredig verdeeld over de representatieve levensduur en uitgaande van goed onderhoud.

### 2.2.7 Emissiekentallen wegverkeer

Tabel 2.2.b Coëfficiënten  $A_{R,i,m}$  en  $B_{R,i,m}$  voor rolgeluid en  $A_{P,i,m}$  en  $B_{P,i,m}$  voor voortstuwingslawaai

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Categorie	Coëfficiënt	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	$A_R$	83,4	86,8	86,1	92,5	99,8	96,6	85,8	76,2
	$B_R$	39,2	37,5	32,2	18,4	24,9	25,8	32,1	35,1
	$A_P$	98,0	90,3	89,7	88,3	86,8	89,7	85,1	78,0
	$B_P$	2,8	6,1	5,6	5,4	5,1	3,5	5,3	6,3
2	$A_R$	88,2	91,4	91,0	99,2	100,2	94,3	86,6	82,2
	$B_R$	27,7	23,7	16,6	18,3	28,8	32,6	31,0	28,2
	$A_P$	105,3	99,4	98,5	99,4	101,5	98,6	91,7	84,6
	$B_P$	-2,4	-0,6	-1,0	3,8	5,9	5,0	3,3	1,3
3	$A_R$	90,4	93,2	94,4	104,6	105,3	98,4	89,3	83,8
	$B_R$	30,3	26,9	22,1	26,1	33,7	35,2	35,6	34,0
	$A_P$	107,8	102,2	102,2	104,9	104,6	100,1	93,5	86,7
	$B_P$	0,8	0,3	0,3	5,6	6,2	4,4	3,9	2,3
4a	$A_R$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	$B_R$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	$A_P$	93,0	93,0	93,5	95,3	97,2	100,4	95,8	90,9
	$B_P$	4,2	7,4	9,8	11,6	15,7	18,9	20,3	20,6
4b	$A_R$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	$B_R$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	$A_P$	99,9	101,9	96,7	94,4	95,2	94,7	92,1	88,6
	$B_P$	3,2	5,9	11,9	11,6	11,5	12,6	11,1	12,0

Tabel 2.2.c Coëfficiënten  $C_{R,m,k}$  en  $C_{P,m,k}$  voor versnelling en vertraging

Categorie	k	$C_R$	$C_P$
1	1=kruising	-4,5	5,5
	2=rotonde	-4,4	3,1
2	1=kruising	-4,0	9,0
	2=rotonde	-2,3	6,7
3	1=kruising	-4,0	9,0
	2=rotonde	-2,3	6,7
4a/4b	1=kruising	0,0	0,0
	2=rotonde	0,0	0,0

Tabel 2.2.d Wegdekcorrecties

Beschrijving	Minimum snelheid [km/h]	Maximum snelheid [km/h]	Categorie	$\alpha_m$ (63 Hz)	$\alpha_m$ (125 Hz)	$\alpha_m$ (250 Hz)	$\alpha_m$ (500 Hz)	$\alpha_m$ (1000 Hz)	$\alpha_m$ (2000 Hz)	$\alpha_m$ (4000 Hz)	$\alpha_m$ (8000 Hz)	$\beta_m$
Referentiewegdek	--	--	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-laags Zoab	50	130	1	0,0	5,4	4,3	4,2	-1,0	-3,2	-2,6	0,8	-6,5
			2	7,9	4,3	5,3	-0,4	-5,2	-4,6	-3,0	-1,4	0,2
			3	9,3	5,0	5,5	-0,4	-5,2	-4,6	-3,0	-1,4	0,2
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	50	130	1	-0,7	0,5	1,4	3,7	-5,2	-6,3	-5,9	-4,7	-5,9
			2	-1,2	-0,3	3,6	-0,9	-7,6	-6,0	-5,2	-4,9	-5,5
			3	-1,2	-0,3	3,6	-0,9	-7,6	-6,0	-5,2	-4,9	-5,5
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-laags Zoab	50	130	1	1,6	4,0	0,3	-3,0	-4,0	-6,2	-4,8	-2,0	-3,0
			2	7,3	2,0	-0,3	-5,2	-6,1	-6,0	-4,4	-3,5	4,7
			3	8,3	2,2	-0,4	-5,2	-6,2	-6,1	-4,5	-3,5	4,7
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-laags Zoab (fijn)	80	130	1	-1,0	3,0	-1,5	-5,3	-6,3	-8,5	-5,3	-2,4	-0,1
			2	7,9	0,1	-1,9	-5,9	-6,1	-6,8	-4,9	-3,8	-0,8

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Beschrijving	Minimum snelheid [km/h]	Maximum snelheid [km/h]	Categorie	$\alpha_m$ (63 Hz)	$\alpha_m$ (125 Hz)	$\alpha_m$ (250 Hz)	$\alpha_m$ (500 Hz)	$\alpha_m$ (1 kHz)	$\alpha_m$ (2 kHz)	$\alpha_m$ (4 kHz)	$\alpha_m$ (8 kHz)	$\beta_m$
			3	9,4	0,2	-1,9	-5,9	-6,1	-6,7	-4,8	-3,8	-0,9
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMA-NL5	40	80	1	10,3	-0,9	0,9	1,8	-1,8	-2,7	-2,0	-1,3	-1,6
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMA-NL8	40	80	1	6,0	0,3	0,3	0,0	-0,6	-1,2	-0,7	-0,7	-1,4
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<u>Akoestisch geoptimaliseerd SMA</u>	<u>40</u>	<u>80</u>	<u>1</u>	<u>6,1</u>	<u>-0,9</u>	<u>-1,1</u>	<u>-0,1</u>	<u>-2,9</u>	<u>-3,2</u>	<u>-3,2</u>	<u>-3,0</u>	<u>-2,2</u>
			<u>2</u>	<u>-3,0</u>	<u>-2,4</u>	<u>-1,6</u>	<u>-2,2</u>	<u>-3,0</u>	<u>-3,0</u>	<u>-3,0</u>	<u>-4,0</u>	<u>-2,3</u>
			<u>3</u>	<u>-3,0</u>	<u>-2,4</u>	<u>-1,6</u>	<u>-2,2</u>	<u>-3,0</u>	<u>-3,0</u>	<u>-3,0</u>	<u>-4,0</u>	<u>-2,3</u>
			<u>4a/4b</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>	<u>0,0</u>
Uitgeborsteld beton	70	120	1	8,2	-0,4	2,8	2,7	2,5	0,8	-0,3	-0,1	1,4
			2	0,3	4,5	2,5	-0,2	-0,1	-0,5	-0,9	-0,8	5,0
			3	0,2	5,3	2,5	-0,2	-0,1	-0,6	-1,0	-0,9	5,5
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Geoptimaliseerd uitgeborsteld beton	70	80	1	-0,2	-0,7	1,4	1,2	1,1	-1,6	-2,0	-1,8	1,0
			2	-0,7	3,0	-2,0	-1,4	-1,8	-2,7	-2,0	-1,9	-6,6
			3	-0,5	4,2	-1,9	-1,3	-1,7	-2,5	-1,8	-1,8	-6,6
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fijn gebezemd beton	70	120	1	8,0	-0,7	4,8	2,2	1,2	2,6	1,5	-0,6	7,6
			2	0,2	8,6	7,1	3,2	3,6	3,1	0,7	0,1	3,2
			3	0,1	9,8	7,4	3,2	3,1	2,4	0,4	0,0	2,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oppervlakte bewerking	50	130	1	8,3	2,3	5,1	4,8	4,1	0,1	-1,0	-0,8	-0,3
			2	0,1	6,3	5,8	1,8	-0,6	-2,0	-1,8	-1,6	1,7
			3	0,0	7,4	6,2	1,8	-0,7	-2,1	-1,9	-1,7	1,4
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Elementenverharding in keperverband	30	60	1	27,0	16,2	14,7	6,1	3,0	-1,0	1,2	4,5	2,5
			2	29,5	20,0	17,6	8,0	6,2	-1,0	3,1	5,2	2,5
			3	29,4	21,2	18,2	8,4	5,6	-1,0	3,0	5,8	2,5
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Elementenverharding in dwarsverband	30	60	1	31,4	19,7	16,8	8,4	7,2	3,3	7,8	9,1	2,9
			2	34,0	23,6	19,8	10,5	11,7	8,2	12,2	10,0	2,9
			3	33,8	24,7	20,4	10,9	10,9	6,8	12,0	10,8	2,9
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Beschrijving	Minimum snelheid [km/h]	Maximum snelheid [km/h]	Categorie	$\alpha_m$ (63 Hz)	$\alpha_m$ (125 Hz)	$\alpha_m$ (250 Hz)	$\alpha_m$ (500 Hz)	$\alpha_m$ (1 kHz)	$\alpha_m$ (2 kHz)	$\alpha_m$ (4 kHz)	$\alpha_m$ (8 kHz)	$\beta_m$
Stille elementen-verharding	30	60	1	26,8	13,7	11,9	3,9	-1,8	-5,8	-2,7	0,2	-1,7
			2	9,2	5,7	4,8	2,3	4,4	5,1	5,4	0,9	0,0
			3	9,1	6,6	5,2	2,6	3,9	3,9	5,2	1,1	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dunne deklagen A	40	130	1	10,4	0,7	-0,6	-1,2	-3,0	-4,8	-3,4	-1,4	-2,9
			2	13,8	5,4	3,9	-0,4	-1,8	-2,1	-0,7	-0,2	0,5
			3	14,1	6,1	4,1	-0,4	-1,8	-2,1	-0,7	-0,2	0,3
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dunne deklagen B	40	130	1	6,8	-1,2	-1,2	-0,3	-4,9	-7,0	-4,8	-3,2	-1,8
			2	13,8	5,4	3,9	-0,4	-1,8	-2,1	-0,7	-0,2	0,5
			3	14,1	6,1	4,1	-0,4	-1,8	-2,1	-0,7	-0,2	0,3
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

### 2.3 Spoorweglawaai

#### 2.3.1 Bronbeschrijving

##### Indeling van voertuigen

##### Definitie van voertuig en trein

Ten behoeve van deze berekeningsmethode voor geluidsbelasting wordt een voertuig gedefinieerd als een afzonderlijk deel van een trein (doorgaans een locomotief, zelf-aangedreven rijtuig, getrokken rijtuig of goederenwagon) dat onafhankelijk kan worden verplaatst en van de rest van de trein kan worden losgemaakt. Sommige specifieke omstandigheden kunnen optreden voor delen van een trein die deel uitmaken van een niet-afkoppelbare set, bijvoorbeeld die samen één draaistel delen. Ten behoeve van deze berekeningsmethode worden al deze delen in één voertuig samengebracht. Ten behoeve van deze berekeningsmethode bestaat een trein uit een reeks gekoppelde voertuigen.

Tabel 2.3.a1 definieert een gemeenschappelijke taal voor de beschrijving van de voertuigtypen die in de brondatabank zijn opgenomen. Zij geeft de relevante descriptoren die moeten worden gebruikt om de voertuigen in hun geheel te classificeren. Deze descriptoren stemmen overeen met de eigenschappen van het voertuig die invloed hebben op het akoestische richtingsafhankelijk geluidsvermogen per meter lengte van de equivalente gemiddelde bronlijn.

Het aantal voertuigen per type wordt vastgesteld op elk van de baanvakken voor elk van de tijdsperiodes die in de berekening van geluidsbelasting worden gebruikt. Het wordt uitgedrukt als een gemiddeld aantal voertuigen per uur, dat wordt verkregen door het totaal aantal voertuigen in een bepaalde periode te delen door de duur van deze periode in uren (bijvoorbeeld 24 voertuigen in vier uur betekent 6 voertuigen per uur). Alle voertuigtypen die op elk baanvak rijden, worden gebruikt.

Tabel 2.3.a1 Indeling en descriptoren voor spoorvoertuigen

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Cijfer	1	2	3	4
Descriptor	Voertuigtype	Aantal assen per voertuig	Type rem	Wielmaatregel
Verklaring van de descriptor	Een letter die het type beschrijft	Het werkelijk aantal assen	Een letter die het type rem beschrijft	Een letter die het type lawaaiverminderingsmaatregel beschrijft
Mogelijke descriptoren	h hogesnelheidsvoertuig (> 200 km/h)	1	c gietijzeren blok	n geen maatregel
	m zelf-aangedreven reizigersrijtuigen	2	k blok van composietmetaal of sintermetaal	d dempers
	p getrokken reizigersrijtuigen	3	n niet op het loopvlak remmend, zoals schijf, trommel, magnetisch	s schermen
	c stadstram of lichte metro zelf-aangedreven en niet-zelf-aangedreven rijtuig	4		o overige
	d diesellocomotief	enz		
	e elektrische locomotief			
	a algemeen vrachtoertuig			
	o andere (dat wil zeggen onderhoudsvoertuigen enz.)			

In Nederland worden als voertuigtypen de voertuigcategorieën toegepast uit bijlage IV, paragraaf 1.2.1, **vanbij** het Reken- en **Meetvoorschriftmeetvoorschrift** geluid 2012, waarbij de descriptoren horen zoals aangegeven in tabel 2.3.a2.

Tabel 2.3.a2 Descriptoren van voertuigcategorieën

Cat 1	m4cn
Cat 2	m4cn, p4cn, m4nn, p4nn
Cat 3	m4nn, p4nn, m4kn, p4kn
Cat 4	a4cn
Cat 5	d4cn
Cat 6	d4nn
Cat 7	c6nn
Cat 8	m3nn, p3nn
Cat 9	h3nn, h3kn, h3cn
Cat 10	c3nn
Cat 11	a4kn
Cat 12	m2nn, m3nn

Classificatie van railtypen

De bestaande railtypen kunnen verschillen, omdat verscheidene elementen bijdragen aan hun akoestische eigenschappen en deze karakteriseren. De railtypen die in deze methode worden gebruikt, staan vermeld in onderstaande tabel 2.3.b. Sommige elementen hebben een grote invloed op de akoestische eigenschappen, terwijl andere slechts een bijkomend effect hebben. In het algemeen zijn de meest relevante elementen die de emissie van het spoorweglawaai

### Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

beïnvloeden: ruwheid van de railkop, stijfheid van de onderlegplaatjes, spoorbed, voegen en boogstraal. Als alternatief kunnen de algemene eigenschappen van het spoor worden gedefinieerd en in dit geval zijn de ruwheid van de railkop en de mate van afstandsdemping volgens ISO 3095 de meest essentiële akoestische parameters, plus de boogstraal.

Een baanvak wordt gedefinieerd als een deel van een enkel spoor, op een spoorlijn, station of depot, waarop de fysieke kenmerken en basiscomponenten van het spoor niet veranderen.

Tabel 2.3.b1 definieert een gemeenschappelijke taal voor de beschrijving van de railtypen die in de brondatabank zijn opgenomen.

Tabel 2.3.b1 Descriptoren voor railtypen

Cijfer	1	2	3	4	5	6
Descriptor	Spoorbed	Ruwheid van de railkop	Type onderlegplaat	Aanvullende maatregelen	Voegen	Boogstraal
Verklaring van de descriptor	Type spoorbed	Indicator voor ruwheid	Geeft een indicatie van de 'akoestische' of 'namische' stijfheid weer	Een letter die de akoestische inrichting beschrijft	Aanwezigheid van voegen en onderlinge afstand	Geeft de boogstraal aan in m
Toegestane codes	B Ballast	E Goed onderhouden en zeer glad	S Zacht (150-250 MN/m)	N Geen	N Geen	N Recht spoor
	S Betonplaten spoor	M Normaal onderhouden	M Gemiddeld (250 tot 800 MN/m)	D Raildemper	S Enkele voeg of wissel	L Laag (1.000-500 m)
	L Brug volgestort met ballast	N Niet goed onderhouden	H Stijf (800-1.000 MN/m)	B Minis scherm	D Twee voegen of wissels per 100 m	M Gemiddeld (minder dan 500 m en meer dan 300 m)
	N Brug zonder ballast	B Niet onderhouden en slechte conditie		A Absorberende plaat op betonplaten spoor	M Meer dan twee voegen of wissels per 100 m	H Hoog (minder dan 300 m)
	T Ingegoten spoor			E Ingegoten spoorstaaf		
	O Overige			O Overige		

In Nederland worden als railtypen de bovenbouwconstructies toegepast uit bijlage IV, paragraaf 3.2, ~~van bij~~ het Reken- en ~~Meetvoorschrift~~ meetvoorschrift geluid 2012, waarbij de descriptoren horen zoals aangegeven in tabel 2.3.b2:

Tabel 2.3.b2 Meest voorkomende descriptorcombinaties per bovenbouwtypen voor doorgaand spoor

bb=1	BMHNNN
bb=2	BMHNNN
bb=3	BMHNSN, BMHNDN
bb=4	SMHNNN
bb=5	BMHNNN
bb=6	SMMNNN/NMMNNN
bb=7	BMMNNN
bb=8	TM_ENN
bb=9	SMHNNN



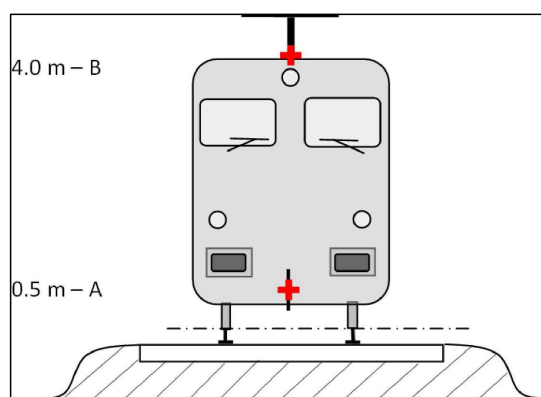
Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

bb=10	BMHDNN
bb=11	OMHNNN
bb=12	OMHDNN

Tabel 2.3.b2 Meest voorkomende descriptorcombinaties per bovenbouwtypen voor wisseldelen

bb=1	BMHNDL
bb=2	BMHNDL
bb=3	BMHNDL
bb=9	SMHNDL
bb=11	OMHNDL

Aantal en plaats van de equivalente geluidsbronnen



Figuur 2.3.a, Plaats van equivalente geluidsbronnen

De verschillende equivalente geluidsbronlijnen worden op verschillende hoogten en in het midden van het spoor geplaatst. Alle hoogten worden gerekend vanaf de raaklijn van de twee bovenste oppervlakken van de twee spoorstaven.

De equivalente bronnen omvatten verschillende fysieke bronnen (index p). Deze fysieke bronnen zijn onderverdeeld in verschillende categorieën, afhankelijk van het generatiemechanisme, en omvatten: 1) rolgeluid (waaronder niet alleen trillingen van rails en spoorbedding en wielen, maar ook, waar aanwezig, geluid van de wagenbovenbouw van de vrachtoertuigen), 2) tractiegeluid, 3) aerodynamisch geluid, 4) stootgeluid (van overgangen, wissels en knooppunten), 5) booggeluid en 6) geluid door extra effecten zoals bruggen en viaducten.

1. De wiel- en railkopruiheid genereren langs drie transmissiepaden naar de afstralende oppervlakken (spoorstaven, wielen en bovenbouw), het rolgeluid. Dit wordt toegewezen aan  $h = 0,5$  m (afstralende oppervlakken A) om de bijdrage van het spoor weer te geven, waaronder de invloed van het oppervlak van de spoorstaven, vooral betonplaten spoor (in overeenstemming met het voortplantende deel), om de bijdrage van de wielen weer te geven, en om de bijdrage van de wagenbovenbouw van het voertuig aan het geluid weer te geven (in goederentreinen).
2. De equivalente bronhoogten voor tractiegeluid variëren tussen 0,5 m (bron A) en 4,0 m (bron B), afhankelijk van de fysieke plaatsing van de component in kwestie. Bronnen zoals tandwieloverbrengingen en elektromotoren bevinden zich vaak op een ashoogte van 0,5 m (bron A). Louvres en koelruitlaten kunnen zich op verschillende hoogten bevinden. Motorruitlaten voor dieselloertuigen bevinden zich vaak op een dakhoogte van 4,0 m (bron B). Andere tractiebronnen zoals ventilatoren of dieselmotorblokken kunnen zich op een hoogte van

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

0,5 m (bron A) of 4,0 m (bron B) bevinden. Als de exacte bronhoogte zich tussen de modelhoogten bevindt, wordt de geluidsenergie proportioneel over de dichtstbijzijnde aangrenzende bronhoogten verdeeld. Om deze reden voorziet de methode twee bronhoogten op 0,5 m (bron A) en 4,0 m (bron B) en wordt het equivalente geluidsvermogen van beide tussen de twee verdeeld, afhankelijk van de specifieke configuratie van de bronnen op het type eenheid.

3. Aerodynamische geluidseffecten houden verband met de bron op 0,5 m (mantels en schermen, bron A) en de bron op 4,0 m (alle inrichtingen op het dak en de stroomafnemer, bron B). De keuze van 4,0 m voor de effecten van de stroomafnemer staat bekend als een eenvoudig model, en moet zorgvuldig worden overwogen als het doel de keuze van een correcte hoogte voor geluidsschermen is.
4. Stootgeluid houdt verband met de bron op 0,5 m (bron A).
5. Booggeluid houdt verband met de bronnen op 0,5 m (bron A).
6. Bruggeluid houdt verband met de bron op 0,5 m (bron A).

### 2.3.2 Geluidsvermogensemissie

#### Algemene vergelijking

##### Individueel voertuig

Het model voor spoorweglawaai, dat analoog is aan wegverkeerslawaai, beschrijft de geluidsvermogensemissie van een specifieke combinatie van voertuigtype en spoortype die aan een aantal eisen voldoet die in de voertuig- en spoorclassificatie zijn beschreven, uitgedrukt in een reeks geluidsvermogens voor elk voertuig ( $L_{w,0}$ ).

##### Verkeersstroom

De geluidsemissie van een verkeersstroom op elk spoor wordt weergegeven met een set van twee bronlijnen die zijn gekenmerkt door hun gerichte geluidsvermogen per meter per frequentieband. Dit komt overeen met de som van de geluidsemissies als gevolg van de afzonderlijke voertuigen die in de verkeersstroom passeren en houdt, in het specifieke geval van stilstaande voertuigen, rekening met de tijd die de voertuigen in het baanvak in kwestie verblijven.

Het richtingsafhankelijke geluidsvermogen per meter per frequentieband, als gevolg van alle voertuigen die elk baanvak op het spoortype ( $j$ ) passeren, wordt gedefinieerd:

- voor elke frequentieband ( $f$ )
- voor elk gegeven bronhoogte ( $h$ ) (voor bronnen op 0,5 m  $h = 1$ , op 4,0 m  $h = 2$ ), en is de energiesom van alle bijdragen van alle voertuigen die op het specifieke baanvak ( $j$ ) rijden.

Deze bijdragen zijn:

- van alle voertuigtypen ( $t$ )
- op verschillende snelheden ( $s$ )
- onder de specifieke rijcondities (constante snelheid) ( $c$ )
- voor elk fysiek brontype (rollen, contact, booggeluid, tractie, aerodynamische en overige bronnen, zoals bruggeluid) ( $p$ ).

Voor de berekening van het gerichte geluidsvermogen per meter (invoer in het voortplantende deel) als gevolg van de gemiddelde mix van verkeer op het baanvak ( $j$ ), wordt het volgende gebruikt:

$$L_{W',eq,T,dir,i} = 10 + 10 \lg \left( \sum_{x=1}^X 10^{L_{W',eq,dir,i,j,n,x}/10} \right) \quad (2.3.1)$$

waarbij

- $T_{ref}$  de referentieperiode waarvoor het gemiddelde verkeer wordt beschouwd is;

### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

- $x$  het totaal aantal bestaande combinaties van  $i, t, s, c, p$  voor elk  $j$ -de baanvak is;
- $t$  de index voor voertuigtypen op het  $j$ -de baanvak is;
- $s$  de index voor de treinsnelheid is: er zijn net zo veel indexen als het aantal verschillende gemiddelde treinsnelheden op het  $j$ -de baanvak;
- $c$  de index voor rijcondities is: 1 (voor constante snelheid), 2 (stationair draaien);
- $p$  de index voor de fysieke brontypen is: 1 (voor rol- en stootgeluid), 2 (booggeluid), 3 (tractiegeluid), 4 (aerodynamisch geluid), 5 (overige bronnen);
- $L_{W',eq,lijn,x}$   $x$ -de richtingsafhankelijke geluidsvermogen is per meter voor een bronlijn van één combinatie van  $t, s, c, p$  op elk  $j$ -de baanvak.

Als wordt uitgegaan van een constante stroom van  $Q$  voertuigen per uur, met een gemiddelde snelheid  $v$ , dan is er gemiddeld op elk tijdstip een equivalent aantal  $Q/v$  voertuigen per lengte-eenheid van het baanvak. De geluidsemmissie van de voertuigstroom uitgedrukt in richtingsafhankelijke geluidsvermogen per meter  $L_{W',eq,lijn}$  uitgedrukt in dB/m (re.  $10^{-12}$  W) wordt geïntegreerd door:

$$L_{W',eq,lijn}(\Psi, \varphi) = L_{W,0,dir,i}(\Psi, \varphi) + 10 \lg \left( \frac{Q}{1000v} \right) \quad (\text{voor } c = 1) \quad (2.3.2)$$

waarbij

- $Q$  het gemiddelde aantal voertuigen per uur op het  $j$ -de baanvak voor voertuigtype  $t$ , gemiddelde treinsnelheid  $s$  en rijconditie  $c$  is,
- $v$  hun snelheid [km/h] op het  $j$ -de baanvak voor voertuigtype  $t$  en gemiddelde treinsnelheid  $s$  is,
- $L_{W,0,dir}$  het niveau van het richtingsafhankelijke geluidsvermogen is van het specifieke geluid (rol-, stoot-, boog-, rem-, tractie-, aerodynamisch geluid en geluid van andere bronnen) van een enkel voertuig in de richtingen  $\psi, \varphi$  gedefinieerd met betrekking tot de bewegingsrichting van het voertuig (zie figuur 2.3.b).

Bij een stationaire bron, net als tijdens stationair draaien, wordt ervan uitgegaan dat het voertuig gedurende een totale tijd  $T_{idle}$  op een locatie binnen een baanvak met lengte  $L$  blijft. Dat betekent dat met  $T_{ref}$  als de referentieperiode voor de beoordeling van geluidsbelasting (bijvoorbeeld 12 uur, 4 uur, 8 uur), het richtingsafhankelijk geluidsvermogen per lengte eenheid op dat baanvak wordt bepaald door:

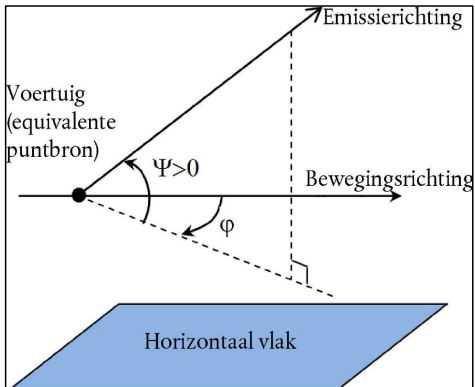
$$L_{W',eq,lijn,i}(\Psi, \varphi) = L_{W,0,dir,i}(\Psi, \varphi) + 10 \lg \left( \frac{T_{idle}}{T_{ref}L} \right) \quad (\text{voor } c = 2) \quad (2.3.3)$$

In het algemeen wordt gericht geluidsvermogen uit elke specifieke bron verkregen als:

$$L_{W,0,dir,i}(\Psi, \varphi) = L_{W,0} + \Delta L_{W,dir,vert,i} + \Delta L_{W,dir,hor,i} \quad (2.3.4)$$

waarbij

- $\Delta L_{W,dir,vert,i}$  de correctiefunctie is voor verticaal richteffect (dimensieloos) van  $\Psi$  (figuur 2.3.b)
- $\Delta L_{W,dir,hor,i}$  de correctiefunctie is voor horizontaal richteffect (dimensieloos) van  $\varphi$  (figuur 2.3.b)
- $L_{W,0,dir,i}(\Psi, \varphi)$ , afgeleid in 1/3-octafbanden, wordt uitgedrukt in octafbanden door elke bijbehorende 1/3-octafband energetisch in de overeenkomstige octafband toe te voegen.



Figuur 2.3.b, Geometrische definitie

Ten behoeve van de berekeningen wordt de bronsterkte vervolgens specifiek uitgedrukt in richtingsafhankelijk geluidsvermogen per 1 m spoorlengte  $L_{W',tot,dir,i}$  om het richteffect van de bronnen in hun verticale en horizontale richting in aanmerking te nemen door middel van aanvullende correcties.

Verscheidene  $L_{W,0,dir,i}(\psi, \varphi)$  worden voor elke combinatie van voertuig-spoor-snelheid-rijconditie beschouwd:

- voor een 1/3-octafbandfrequentie ( $i$ ),
- voor elk baanvak ( $j$ ),
- bronhoogte ( $h$ ) (voor bronnen op 0,5 m  $h = 1$ , op 4,0 m  $h = 2$ ),
- richteffect ( $d$ ) van de bron.

Een reeks  $L_{W,0,dir,i}(\psi, \varphi)$  wordt beschouwd voor elke combinatie van voertuig-spoor-snelheid-rijconditie, elk baanvak, de hoogten die met  $h = 1$  en  $h = 2$  overeenstemmen, en het richteffect.

#### Rolgeluid

De bijdragen van het voertuig en het spoor aan rolgeluid worden in vier essentiële elementen verdeeld: wielruwheid, railruwheid, voertuigoverdrachtsfunctie naar de wielen en de wagenbovenbouw (voertuigen) en de spooroverdrachtsfunctie. Wiel- en railruwheid geven de oorzaak van de excitatie van de trilling op het contactpunt tussen rail en wiel weer. De overdrachtsfuncties zijn twee empirische of gemodelleerde functies die alle complexe verschijnselen van de generatie van mechanische trilling en geluid op de oppervlakken van de wielen, rails, dwarsliggers en onderbouw van het spoor weergeven. Deze verdeling stemt overeen met het fysieke bewijs dat ruwheid op een rail de trilling van de rail kan exciteren, maar ook de trilling van het wiel zal exciteren en omgekeerd. Het niet opnemen van een van deze vier parameters zou het ontkoppelen van de classificatie van sporen en treinen verhinderen.

#### Wiel en railruwheid

Rolgeluid wordt voornamelijk door de rail- en wielruwheid in het golfengtegebied van 5-500 mm geëxciteerd.

#### Definitie

Het ruwheidsniveau  $L_r$  wordt gedefinieerd als tienmaal de logaritme met grondgetal 10 van de kwadratisch gemiddelde waarde  $r^2$  van de ruwheid van het loopvlak van een rail of wiel in de bewegingsrichting (longitudinaal niveau), gemeten in  $\mu\text{m}$  over een bepaalde raillengte of de gehele wieldiameter, gedeeld door het kwadraat van de referentiewaarde  $r_0^2$ :

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$$L_r = 10 \cdot \lg \left( \frac{r}{r_0} \right)^2 \text{ dB} \quad (2.3.5)$$

waarbij

$r_0 = 1 \mu\text{m}$

$r$  = kwadratisch gemiddelde van het verschil van de verticale verplaatsing van het contactoppervlak naar het gemiddelde niveau.

Het ruwheidsniveau  $L_r$  wordt gewoonlijk verkregen als een spectrum van golflengte  $\lambda$  en wordt geconverteerd naar een frequentiespectrum  $f = v/\lambda$ , waarbij  $f$  de middenfrequentie van een bepaalde 1/3-octaaftband in Hz,  $\lambda$  de golflengte in m, en  $v$  de treinsnelheid in m/s is. Het ruwheidspectrum als een functie van frequentie verschuift langs de frequentie-as voor verschillende snelheden. In algemene gevallen dienen na conversie naar het frequentiespectrum door middel van de snelheid, nieuwe waarden voor 1/3-octaaftbandspectra te worden verkregen met gemiddelden die tussen twee overeenstemmende 1/3-octaaftbanden in het golflengtedomein liggen. Om het frequentiespectrum van de totale effectieve ruwheid te schatten dat met de relevante treinsnelheid overeenkomt, wordt het gemiddelde van de twee overeenkomstige, in het golflengtedomein gedefinieerde, 1/3-octaaftbanden energetisch en proportioneel berekend.

De *railruwheid* (ruwheid van de kant van het spoor) voor het golfgetal ( $i$ ) wordt gedefinieerd als  $L_{r,TR,i}$

Overeenkomstig wordt de *wielruwheid* (ruwheid van de kant van het voertuig) voor het golfgetal ( $i$ ) gedefinieerd als  $L_{r,VEH,i}$

De *totale en effectieve ruwheid* voor golfgetal  $i$  ( $L_{R,TOT,i}$ ) wordt gedefinieerd als de energetische som van de ruwheid van de rail en die van het wiel, vermeerderd met het  $A_3(\lambda)$  contactfilter om de filterende werking van de contactplaats tussen de spoorstaaf en het wiel in aanmerking te nemen, en is in dB:

$$L_{R,TOT,i} = 10 \cdot \lg \left( 10^{\frac{L_{r,TR,i}}{10}} + 10^{\frac{L_{r,VEH,i}}{10}} \right) + A_{3,1} \quad (2.3.6)$$

waar het wordt uitgedrukt als een functie van het  $i$ -de golfgetal dat overeenkomt met de golflengte  $\lambda$ . Het contactfilter is afhankelijk van het rail- en wieltype en de belasting.

De totale effectieve ruwheid voor het  $j$ -de baanvak en elk  $t$ -de voertuigtype op de overeenkomstige snelheid  $v$ , wordt in de methode gebruikt.

*Overdrachtsfunctie van voertuig, spoor en wagenbovenbouw*

Drie snelheidsafhankelijke overdrachtsfuncties,  $L_{H,TR,v}$ ,  $L_{H,VEH,i}$  en  $L_{H,VEH,SUP,i}$ , worden gedefinieerd: de eerste voor elk  $j$ -de baanvak en de twee volgende voor elk  $t$ -de voertuigtype. Zij relateren de totale effectieve ruwheid aan het geluidsvermogen van respectievelijk het spoor, de wielen en de wagenbovenbouw.

De bijdrage van de wagenbovenbouw wordt alleen voor goederenwagons in aanmerking genomen, dus alleen voor voertuigtype 'a'.

Daardoor worden voor rolgeluid de bijdragen van het spoor en van het voertuig volledig beschreven door deze overdrachtsfuncties en de totale effectieve ruwheid. Bij stationair draaien van een trein wordt rolgeluid uitgesloten.

Voor geluidsvermogen per voertuig wordt het rolgeluid op ashoogte berekend, en heeft dit als invoer de totale effectieve ruwheid  $L_{R,TOT,i}$  als functie van de voertuigsnelheid  $v$ , de overdrachtsfuncties van het spoor, het voertuig en de wagenbovenbouw  $L_{H,TR,v}$ ,  $L_{H,VEH,i}$  en  $L_{H,VEH,SUP,i}$ , en het totale aantal assen  $N_a$ :

voor  $h=1$ :

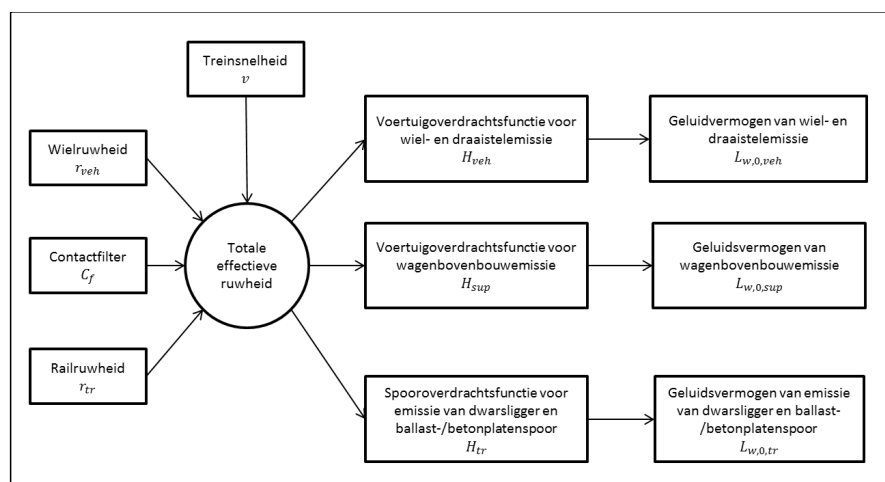
Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$$L_{W,0,TR,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,TR,i} + 10 \times \lg(N_a) \quad (2.3.7)$$

$$L_{W,0,VEH,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,i} + 10 \times \lg(N_a) \quad (2.3.8)$$

$$L_{W,0,VEHSUP,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEHSUP,i} + 10 \times \lg(N_a) \quad (2.3.9)$$

waarbij  $N_a$  het aantal assen per voertuig voor het  $t$ -de voertuigtype is.



Figuur 2.3.c, Regeling van het gebruik van de verschillende definities van ruwheid en overdrachtsfunctie

Een minimumsnelheid van 50 km/h (30 km/h alleen voor trams en lichte metro) wordt gebruikt om de totale effectieve ruwheid en dus het geluidsvermogen van de voertuigen te bepalen (deze snelheid heeft geen invloed op de berekening van de voertuigstroom) ter compensatie van de potentiële fout als gevolg van de vereenvoudiging van de definitie van rolgeluid, van remgeluid en van stootgeluid van overgangen en wissels.

*Stootgeluid (overgangen, wissels en knooppunten)*

Stootgeluid kan worden veroorzaakt door overgangen, wissels en voegen of puntstukken. Het kan variëren in grootte en kan rolgeluid overheersen. Stootgeluid wordt voor sporen met uitzetvoegen in aanmerking genomen. Voor stootgeluid door wissels, overgangen en voegen in baanvakken op een snelheid van minder dan 50 km/h (30 km/h voor trams en lichte metro) wordt modellering vermeden, omdat de minimumsnelheid van 50 km/h (30 km/h voor trams en lichte metro) wordt gebruikt om meer effecten op te nemen in overeenstemming met de beschrijving van het hoofdstuk over rolgeluid. Daarnaast wordt modellering van stootgeluid ook onder rijconditie  $c = 2$  (stationair draaien) vermeden.

Stootgeluid wordt in de term rolgeluid opgenomen door een aanvullende fictieve contactruwheid (energetisch) toe te voegen aan de totale effectieve ruwheid op elk specifiek  $j$ -de baanvak waar dit aanwezig is. In dit geval wordt een nieuw  $L_{R,TOT+IMPACT,i}$  in plaats van  $L_{R,TOT,i}$  gebruikt en wordt dan:

$$L_{R,TOT+IMPACT,i} = 10 \times \lg \left( 10^{L_{R,TOT,i}/10} + 10^{L_{R,IMPACT,i}/10} \right) \quad (2.3.10)$$

$L_{R,IMPACT,i}$  is een 1/3-octafbandspectrum (als een functie van frequentie). Om dit frequentiespectrum te verkrijgen, wordt een spectrum als een functie van golflengte  $\lambda$  gegeven en

### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

naar het gewenste spectrum als een functie van frequentie geconverteerd met behulp van de verhouding  $\lambda = v/f$ , waarbij  $f$  de middenfrequentie van de 1/3-octaaftband in Hz en  $v$  de  $s$ -de voertuigsnelheid van het  $t$ -de voertuigtype in m/s is.

Stootgeluid hangt af van het aantal en de hardheid van de contacten per lengte-eenheid of voegdichtheid, dus in het geval waar meerdere contacten worden gegeven, wordt de impactruwheid die in de bovenstaande vergelijking wordt gebruikt als volgt berekend:

$$L_{R,IMPACT,i} = L_{R,IMPACT-SINGLE,i} + 10 \times \lg \left( \frac{n_i}{0,01} \right) \quad (2.3.11)$$

waarbij  $L_{R,IMPACT-SINGLE,i}$  de contactruwheid zoals gegeven voor een enkel contact is en  $n_i$  de lasdichtheid is.

Het standaardniveau van contactruwheid wordt voor een voegdichtheid  $n_i = 0,01 \text{ m}^{-1}$  gegeven, ofwel één voeg per elke 100 m spoor. Situaties met verschillende aantallen voegen worden benaderd door de dichtheid van het aantal lassen  $n_i$  aan te passen. Opgemerkt wordt dat bij de modellering van de spoorligging en segmentatie, de dichtheid van het aantal voegen in aanmerking wordt genomen, dat wil zeggen het kan nodig zijn om een afzonderlijk bronsegment voor een stuk spoor met meer voegen te gebruiken. De  $L_{W,0}$  van de bijdragen van het spoor, wiel/draaistel en de wagenbovenbouw wordt door middel van de  $L_{R,IMPACT,i}$  voor +/- 50 m vóór en na de spoorstaaflas verhoogd. Bij een reeks voegen wordt de verhoging uitgebreid naar tussen - 50 m vóór de eerste voeg en + 50 m na de laatste voeg.

De toepasbaarheid van deze geluidsvermogensspectra wordt normaliter ter plaatse gecontroleerd. Voor gelaste sporen wordt een standaard  $n_i$  van 0,01 gebruikt.

#### Booggeluid

Booggeluid is een bijzondere bron die alleen relevant is voor bochtenbogen en is daarom gelokaliseerd is een lokaal effect. Omdat het aanzienlijk kan zijn, is een passende beschrijving vereist. Booggeluid hangt in het algemeen af van krommingboogkromming, wrijvingscondities, treinsnelheid en rail-wielgeometrie en -dynamiek. Omdat het aanzienlijk kan zijn, is een passende beschrijving vereist. Het te gebruiken emissieniveau wordt bepaald voor bochten met een straal van minder dan of gelijk aan 500 m en voor scherpere bochten en extensies van punten met een straal van minder dan 300 m. De geluidsemisssie moet kenmerkend Op locaties waar booggeluid optreedt, meestal in bogen en wisselbogen (in afbuigende richting bereden), moeten geschikte spectra voor overtollig geluidsvermogen worden toegevoegd aan het bronvermogen. De geluidtoeslag kan specifiek zijn voor elk type rijdenrollend materieel, omdat aangezien bepaalde wiel- en draaisteltypen aanzienlijk minder gevoelig zijn voor booggeluid veroorzaken dan andere. Als er metingen van de geluidtoeslag beschikbaar zijn die voldoende rekening houden met het stochastische karakter van het booggeluid, kunnen deze worden gebruikt.

De toepasbaarheid van deze geluidsvermogensspectra wordt normaliter ter plaatse gecontroleerd, vooral voor trams. Als er geen geschikte metingen beschikbaar zijn, kan met een eenvoudige benadering worden gevolgd. Bij deze benadering wordt het booggeluid in aanmerking genomen door 8 dB voor  $R < 300 \text{ m}$  en 5 dB voor  $300 \text{ m} < R < 500 \text{ m}$  de volgende toeslagen aan de geluidsvermogensspectra geluidsvermogensspectra van rolgeluid voor alle frequenties toe te voegen. De bijdrage van

Trein	5 dB voor bogen met $300 \text{ m} < R \leq 500 \text{ m}$ en $l_{track} \geq 50 \text{ m}$ 8 dB voor bogen met $R \leq 300 \text{ m}$ en $l_{track} \geq 50 \text{ m}$ 8 dB voor wisselbogen met $R \leq 300 \text{ m}$ 0 dB anders
Tram	5 dB voor bogen en wisselbogen met $R \leq 200 \text{ m}$ 0dB anders

waarbij  $l_{truck}$  de lengte van het spoor langs de boog is en  $R$  de straal van de boog.

De toepasbaarheid van deze geluidsvermogensspectra of overtoellige waarden wordt normaal gesproken ter plaatse gecontroleerd, met name voor trams en voor locaties waar bogen of wisselbogen worden behandeld met maatregelen tegen booggeluid – wordt toegepast op baanvakken waar de straal binnen de bovenvermelde bereiken ligt voor een spoorlengte van ten minste 50 m.

#### *Tractiegeluid*

Hoewel tractiegeluid in het algemeen eigen is aan elke kenmerkende bedrijfsconditie, waaronder constante snelheid, vertragen, versnellen en stationair draaien, zijn de enige twee gemodelleerde condities constante snelheid (dat geldt ook wanneer de trein vertraagt of versnelt) en stationair draaien. De gemodelleerde bronsterkte komt alleen overeen met maximale belasting en dit leidt tot de hoeveelheden  $L_{W,0,const,i} = L_{W,0,idling,i}$ . Bovendien stemt  $L_{W,0,idling,i}$  overeen met de bijdrage van alle fysieke bronnen van een bepaald voertuig die toe te schrijven is aan een bepaalde hoogte, zoals beschreven in 2.3.1.

$L_{W,0,idling,i}$  wordt uitgedrukt als een statische geluidsbron bij stationair draaien voor de duur van de stationaire toestand, en wordt gebruikt als een model van een vaste puntbron zoals beschreven in het volgende hoofdstuk over industrielaawaai. Dit wordt alleen in aanmerking genomen indien treinen langer dan 0,5 uur stationair draaien.

Deze hoeveelheden kunnen van metingen van alle bronnen bij elke bedrijfsconditie worden verkregen, of de gedeeltelijke bronnen kunnen afzonderlijk worden aangemerkt om hun parameterafhankelijkheid en de relatieve sterkte te bepalen. Dit kan door middel van metingen op een stationair voertuig worden gedaan door assnelheden van de tractie-uitrusting te variëren, in navolging van ISO 3095:2005. Voor zover relevant moeten meerdere tractiegeluidsbronnen worden gekenmerkt die mogelijk niet alle van de treinsnelheid afhankelijk zijn:

- geluid van de aandrijflijn, zoals dieselmotoren (waaronder inlaat, uitlaat en motorblok), tandwieltransmissie, elektrische generatoren, grotendeels afhankelijk van het toerental van de motor (omw./min.), en elektrische bronnen zoals omvormers, die voornamelijk van de lading afhankelijk kunnen zijn;
- geluid van ventilatoren en koelsystemen, afhankelijk van het toerental van de ventilator. In sommige gevallen kunnen ventilatoren rechtstreeks aan de aandrijflijn worden gekoppeld;
- periodieke bronnen zoals compressoren, kleppen en andere met een karakteristieke bedrijfsduur en overeenkomstige bedrijfscycluscorrectie voor de geluidsemissie.

Omdat elk van deze bronnen zich bij elke bedrijfsconditie anders kan gedragen, wordt het tractiegeluid dienovereenkomstig gespecificeerd. De bronsterkte wordt verkregen van metingen onder gecontroleerde omstandigheden. In het algemeen vertonen locomotieven meer variatie in belasting, omdat het aantal voertuigen dat wordt getrokken, en daardoor het uitgangsvermogen, aanzienlijk kan variëren, terwijl de vaste treinsamenstellingen zoals met elektrische motoren aangedreven meervoudige eenheden (EMU's), dieseltreinstellen (DMU's) en hogesnelheidstreinen een beter gedefinieerde belasting hebben.

Er is geen a priori toewijzing van het brongeluidsvermogen aan de bronhoogte, en deze keuze hangt af van de beoordeling van het specifieke geluid en specifieke voertuig. Het wordt gemodelleerd om zich op bron A ( $h = 1$ ) en bron B ( $h = 2$ ) te bevinden.

#### *Aerodynamisch geluid*

Aerodynamisch geluid is alleen relevant op hoge snelheden van meer dan 200 km/h. Daarom moet eerst worden nagegaan of het voor de toepassingsdoeleinden werkelijk noodzakelijk is. Als de functies rolgeluid, ruwheid en overdracht bekend zijn, kan het naar hogere snelheden worden geëxtrapoleerd en kan een vergelijking worden gemaakt met bestaande gegevens van



### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

hogesnelheidslijnen om na te gaan of aerodynamisch geluid hogere niveaus oplevert. Als de treinsnelheden op een netwerk hoger dan 200 km/h maar niet meer dan 250 km/h zijn, is het in sommige gevallen niet nodig om aerodynamisch geluid ook op te nemen, afhankelijk van het voertuigontwerp.

De bijdrage van aerodynamisch geluid wordt gegeven als een functie van snelheid:

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,1,i}(v_0) + \alpha_{1,i} \times 10 \lg \left( \frac{v}{v_0} \right) \quad \text{voor } h = 1 \quad (2.3.12)$$

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,2,i}(v_0) + \alpha_{2,i} \times 10 \lg \left( \frac{v}{v_0} \right) \quad \text{voor } h = 2 \quad (2.3.13)$$

waarbij

$v_0$  een snelheid is waarop aerodynamisch geluid dominant is en op 300 km/h is vastgesteld.

$L_{W,0,1,i}$  een referentiegeluidsvermogen is dat wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld op het eerste draaistel.

$L_{W,0,2,i}$  een referentiegeluidsvermogen is dat wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld de hoogte van de uitsparing van de stroomafnemer.

$\alpha_{1,i}$  een coëfficiënt is die wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld op het eerste draaistel.

$\alpha_{2,i}$  een coëfficiënt is die wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld de hoogte van de uitsparing van de stroomafnemer.

#### Richteffect van de bron

Het horizontale richteffect  $\Delta L_{W,dir,hor,i}$  in dB wordt in het horizontale vlak gegeven en kan als standaard worden aangenomen een dipool te zijn voor rolgeluid, stootgeluid (voegen enz.), booggeluid, remmen, ventilatoren en aerodynamische effecten, en wordt voor elke  $i$ -de frequentieband als volgt berekend:

$$\Delta L_{W,dir,hor,i} = 10 \times 10 \lg (0,01 + 0,99 * \sin^2 \varphi) \quad (2.3.14)$$

Bruggeluid wordt gemodelleerd bij bron A ( $h=1$ ), waarbij wordt uitgegaan van omni-directionaliteit.

Het verticale richteffect  $\Delta L_{W,dir,ver,i}$  in dB wordt in het verticale vlak gegeven voor bron A ( $h = 1$ ), als een functie van de middenfrequentie  $f_{c,i}$  van elke  $i$ -de frequentieband, en voor  $-\pi/2 < \psi < \pi/2$  door:

voor  $0 < \psi < \pi/2$  is (2.3.15)

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = \left( \frac{40}{3} \times \left[ \frac{2}{3} \times \sin(2 * \psi) - \sin(\psi) \right] \times \lg \left[ \frac{f_{c,i} + 600}{200} \right] \right)$$

voor  $-\pi/2 < \psi < 0$  is

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 0$$

Voor bron ( $h=2$ ) voor het aerodynamisch effect:

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 10 \times \lg(\cos^2(\psi)) \quad \text{voor } \psi < 0 \quad (2.3.16)$$

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 0 \quad \text{elders}$$

~~$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 0$  elders~~

Richteffect  $\Delta L_{W,dir,ver,i}$  wordt niet in aanmerking genomen voor bron B ( $h = 2$ ) voor overige geluidbronnen, omdat voor deze bronnen in deze positie omnidirectionaliteit wordt aangenomen.

### 2.3.3 Aanvullende effecten

*Correctie voor geluid van kunstwerken (bruggen en viaducten)*

~~In het geval dat~~ het baanvak zich op een brug bevindt, is het noodzakelijk om het extra geluid dat wordt geproduceerd door de trilling van de brug als gevolg van de excitatie die door de aanwezigheid van de trein wordt veroorzaakt, in aanmerking te nemen. ~~Omdat het niet eenvoudig is om de emissie van de brug als een aanvullende bron te modelleren, gezien de complexe vormen van bruggen, wordt een toename van het rolgeluid gebruikt om het geluid van de brug in aanmerking te nemen. De toename wordt alleen gemodelleerd door een vaste toename van het geluidsvermogen voor elke derde octaafband toe te voegen. Het geluidsvermogen van alleen het rolgeluid wordt gewijzigd wanneer de correctie in aanmerking wordt genomen, waarbij de nieuwe  $\Delta L_{W,roting-ana-bridge,i}$  in plaats van  $L_{W,roting-orig,i}$  wordt gebruikt. Het bruggeluid is gemodelleerd als een extra bron waarvan het geluidsvermogen per voertuig wordt verkregen door~~

$$\begin{aligned} \Delta L_{W,roting-ana-bridge,i} &= L_{W,roting-orig,i} + C_{bridge} \Delta L_{W,0,bridge,i} \\ &= L_{R,TOT,i} + L_{H,bridge,i} + 10 \lg(N_a) \end{aligned} \quad (2.3.17)$$

~~waarbij  $C_{bridge}$  een constante is die afhankelijk is van het type brug, en  $L_{W,0,bridge,i}$  het rolgeluidsvermogen op de gegeven brug is dat alleen van de eigenschappen van het voertuig en spoor afhankelijk is, waarbij  $L_{H,bridge,i}$  de brugoverdrachtsfunctie is. Het bruggeluid  $\Delta L_{W,0,bridge,i}$  vertegenwoordigt alleen het geluid dat door de structuur van de brug wordt uitgestraald. Het rolgeluid van een voertuig op de brug wordt berekend met behulp van de formules 2.3.8 tot en met 2.3.10, door de spooroverdrachtsfunctie te kiezen die overeenkomt met het spoorstelsel dat op de brug aanwezig is. Er wordt over het algemeen geen rekening gehouden met geluidschermen of obstakels aan de randen van de brug.~~

*Correctie voor andere spoogerelateerde geluidsbronnen*

Diverse bronnen zoals opslagplaatsen, laad- en losplaatsen, stations, bellen, stationsluidsprekers enz., kunnen aanwezig zijn en houden verband met het spoorgeluid. Deze bronnen worden als bronnen van industrielaawaai (vaste geluidsbronnen) behandeld en, indien van toepassing, overeenkomstig het volgende hoofdstuk over industrielaawaai gemodelleerd.

### 2.3.4 Emissies

Tabel 1 Terminologie

Parameter	Parameters
Spooroverdrachtsfunctie	$L_{H,TR}$
Voertuigoverdrachtsfunctie	$L_{H,VEH}$
Wagenopbouw-overdrachtsfunctie	$L_{H,VEH,SUP}$
<u>Brugoverdrachtsfunctie</u>	$L_{H,bridge}$
Tractiegeluid	$L_{W,0,tdling}$
Aerodynamisch geluid	$\alpha_1, L_{W,0,1}, \alpha_2, L_{W,0,2}$
Railruwheid	$L_{r,TR}$
Wielruwheid	$L_{r,VEH}$
Stootgeluid (voegrugheid)	$L_{R,IMPACT}$
Contactfilter	$A_3$

Tabel 2d Spooroverdrachtsfuncties  $L_{H,TR}$  voor hoofd- en metrospoorwegen

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

<b>L<sub>h,TR</sub> Frequentie [Hz]</b>	<b>bb=1 'mono   mediu m'</b>	<b>bb=2</b>	<b>bb=3</b>	<b>bb=4</b>	<b>bb=5</b>	<b>bb=6</b>	<b>bb=7</b>	<b>bb=8</b>	<b>bb=9</b>	<b>bb=1 0</b>	<b>bb=1 1*</b>	<b>bb=1 2*</b>
50	50,9	69,6	neem 'mono   Medium' en pas 'Impact Noise' toe. Zie <del>Tabel</del> <del>2.3.e</del> voor de $n_i$ waarde en zie <del>Tabel</del> <del>2.3.h</del> voor de voegrui heid 'NL'.	80,2	80,2	75,4	80,2	78,8	81,5	50,9	50,9	50,9
63	57,8	71,7		82,1	82,1	77,4	82,1	80,7	83,4	57,8	57,8	57,8
80	66,5	75,9		86,0	86,0	81,4	86,0	84,7	87,3	66,5	66,5	66,5
100	76,8	81,0		92,2	92,2	87,1	81,0	87,1	83,5	76,8	76,8	76,8
125	80,9	83,2		92,8	92,8	88,0	83,2	88,0	85,1	80,9	80,9	80,9
160	83,3	85,3		94,4	94,4	89,7	85,3	89,7	87,0	83,3	83,3	83,3
200	85,8	87,6		95,4	96,5	83,4	85,8	90,6	87,6	83,4	85,8	83,8
250	90,0	91,8		99,6	100,7	87,7	90,0	94,8	91,8	87,7	90,0	88,0
316,5	91,6	93,2		100,4	101,5	89,8	91,6	95,8	93,2	89,8	91,6	89,6
400	93,9	99,8		105,0	104,0	97,5	93,9	100,8	98,7	90,0	100,9	97,9
500	95,6	101,2		106,3	105,3	99,0	95,6	102,2	100,1	91,0	102,6	99,6
630	97,4	103,0		108,1	107,1	100,8	97,4	104,0	101,9	92,0	104,4	101,4
800	101,7	103,9		110,1	103,9	104,9	101,7	103,9	109,1	94,0	108,7	106,7
1.000	104,4	106,6		112,8	106,6	111,8	104,4	106,6	111,8	96,0	111,4	109,4
1.250	106,0	108,4		114,9	108,4	113,9	106,0	108,4	113,9	97,0	113,0	111,0
1.600	106,8	108,3		113,3	108,3	115,5	106,8	108,3	117,6	97,0	109,8	101,8
2.000	108,3	110,4		116,1	110,4	114,9	108,3	110,4	120,7	98,0	111,3	103,3
2.500	108,9	112,5	119,6	112,5	118,2	108,9	112,5	124,4	98,0	111,9	103,9	
3.165 0	109,1	112,7	118,3	112,7	118,3	109,1	109,1	119,7	97,0	111,1	106,1	
4.000	109,4	112,8	118,4	112,8	118,4	109,4	109,4	119,8	96,0	111,4	106,4	
5.000	109,9	113,3	118,9	113,3	118,9	109,9	109,9	120,3	95,0	111,9	106,9	
6.350 0	109,9	113,4	109,9	113,4	117,5	109,9	109,9	113,4	94,7	109,9	105,9	
8.000	110,3	113,8	110,3	113,8	117,9	110,3	110,3	113,8	95,1	110,3	106,3	
10.00 0	111,0	114,5	111,0	114,5	118,6	111,0	111,0	114,5	95,8	111,0	107,0	

Tabel 2.3.e Stootgeluid vanwege voegen

<b>Bb</b>	<b>m</b>	<b>Spoor</b>	<b>L<sub>R,IMPACT</sub></b>	<b>n<sub>i</sub></b>
<>3	1	Voegloos	Leeg	0,01 (of nvt)
3	2	Voegenspoor (1 per 30 m)	'NL' ( <del>Tabel 2.4</del> ) (Tabel 2.3.h)	0,033
3	3	intern-voegloos wissel (1/lengte)	'NL' ( <del>Tabel 2.4</del> ) (Tabel 2.3.h)	1/wissellengte
3	4	niet-voegloos wissel (3/lengte)	'NL' ( <del>Tabel 2.4</del> ) (Tabel 2.3.h)	3/wissellengte

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Tabel 2.3.f Spooroverdrachtsfuncties  $L_{u,TR}$  voor tramspoorwegen

HH,TRFrequentie [Hz]	In ballast 'duo  medium'	Grasbaan	In asfalt	Trambaan-platen	In klinkers met Ortec klempaat
50	50,0	83,4	76,9	82,5	77,2
63	56,1	85,3	78,8	84,5	79,1
80	64,1	89,2	82,7	88,3	83,0
100	72,5	88,4	74,8	84,8	85,4
125	75,8	87,8	73,6	84,4	84,9
160	79,1	89,1	77,9	85,9	86,4
200	83,6	87,9	88,3	85,5	83,6
250	88,7	92,3	92,7	90,2	88,7
316,5	89,6	93,4	93,8	91,2	89,6
400	89,7	95,9	87,4	90,5	84,2
500	90,6	97,2	87,9	91,5	83,3
630	93,8	98,5	92,5	94,3	91,2
800	100,6	104,4	106,0	105,5	101,2
1.000	104,7	108,3	109,9	109,4	105,2
1.250	106,3	109,9	111,5	111,0	106,8
1.600	107,1	107,8	109,2	108,1	106,4
2.000	108,8	109,6	111,0	109,9	108,0
2.500	109,3	110,2	111,8	110,6	108,3
3.165,0	109,4	96,0	107,5	106,6	105,0
4.000	109,7	98,4	106,8	105,2	100,9
5.000	110,0	98,8	107,0	105,3	100,4
6.350,0	109,8	98,8	96,1	106,2	97,7
8.000	110,0	99,1	96,4	106,2	98,0
10.000	110,5	99,7	97,0	106,6	98,6

Bodemfactor

Voor de  $G_s$ -waarde in de in deze bijlage opgenomen rekenmethode geldt een modelleervoorschrift. De gebruiker van de rekensoftware moet de bodemfactor kiezen die bij de afleiding van de Nederlandse bovenbouwcorrectie gebruikt is. Deze is in tabel 2.3.g opgenomen.

Tabel 2.3.g Bodemfactor  $G_s$  voor hoofdspoorwegen, metrospoor en tramspoor

Bovenbouw	$G_s$	Bovenbouw	$G_s$
bb=1	1	bb=10	1
bb=2	1	bb=11	1
bb=3	1	bb=12	1
bb=4	0	Tramspoor:	
bb=5	1	in ballast	1
bb=6	0	grasbaan	1
bb=7	1	in asfalt	0
bb=8	0	tramplaten	0
bb=9	0	in klinkers	0

Ruwheid

In tabel 2.3.h zijn de railruwheid  $L_{r,TR}$ , de voegruwheid voor stootgeluid  $L_{r,IMPACT}$  en de relevante contactfilters  $A_3$  opgenomen.

Tabel 2.3.h Railruwheid, voegruwheid (stootgeluid), contactfilters

Golflengte $f$ [mm]	$L_{r,TR}$ 'EN 50308-2 NL'	$L_{r,IMPACT}$ 'NL'	$A_3$ '100 kN   920 mm'	$A_3$ '50 kN   680 mm'
2.000	35,0	22,0	0,0	0,0
1.600	31,0	22,0	0,0	0,0
1.250	28,0	22,0	0,0	0,0

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Golflengte ([mm])	$L_{v,TR}$ 'CNOSSES-NL'	$L_{R,IMPACT}$ 'NL'	$A_3$ '100 kN   920 mm'	$A_3$ '50 kN   680 mm'
1,000	25,0	22,0	0,0	0,0
800	23,0	22,0	0,0	0,0
630	20,0	20,0	0,0	0,0
500	17,0	16,0	0,0	0,0
400	13,5	15,0	0,0	0,0
315	10,5	14,0	0,0	0,0
250	9,0	15,0	0,0	0,0
200	6,5	14,0	0,0	0,0
160	5,5	12,0	-0,1	0,0
125	5,0	11,0	-0,2	0,0
100	3,5	10,0	-0,3	-0,1
80	2,0	9,0	-0,26	-0,2
63	0,1	8,0	-1,06	-0,23
50	-0,2	6,0	-1,38	-0,47
40	-0,3	3,0	-2,2	-0,71,2
31,5	-0,8	2,0	-3,75,4	-1,75,0
25	-3,0	-3,0	-5,8,7	-2,84,1
20	-5,0	-8,0	-9,12,2	-4,56,0
16	-7,0	-13,0	-11,516,7	-79,2
12,5	-8,0	-17,0	-12,517,7	-10,313,8
10	-9,0	-19,0	-12,17,8	-12,17,2
8	-10,0	-22,0	-14,20,7	-12,517,7
6,3	-12,0	-25,0	-15,22,1	-13,518,6
5	-13,0	-26,0	-17,22,8	-16,21,5
4	-14,0	-32,0	-18,424,0	-16,22,3
3,15	-15,0	-35,0	-19,24,5	-16,523,1
2,5	-16,0	-40,0	-20,524,7	-17,24,4
2	-17,0	-43,0	-21,527,0	-18,24,5
1,6	-18,0	-45,0	-22,427,8	-19,25,0
1,25	-19,0	-47,0	-23,528,6	-20,228,0
1	-19,0	-49,0	-24,529,4	-21,228,8
0,8	-19,0	-50,0	-25,430,2	-22,229,6

Bruggeluid

De brugoverdrachtsfunctie  $L_{v,TR}$  en spooroverdrachtsfunctie  $L_{R,TR}$  die voor een stalen spoorbrug worden gehanteerd, hangen enkel af van de voor die spoorbrug vastgestelde toeslagwaarden in de 500 Hz en 1.000 Hz octaafband. De voor spoorvoertuigcategorie 8 vastgestelde waarden in die octaafbanden worden daartoe rekenkundig gemiddeld en afgerond op een geheel getal.

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Tabel 2.3.i1 ~~Geluidemissie Toeslagwaarden~~ bij betonnen en stalen bruggen

<b>Afgerond gemiddelde van de toeslag in de 500 Hz en 1.000 Hz octaafband</b>	<b>Spooroverdrachtsfunctie van Tabel 2.3.d</b>	<b>Brugoverdrachtsfunctie volgens spectrumnummer sn van Tabel 2.3.i2</b>
0 dB of minder	bb=1	sn=1
1 dB	bb=1	sn=2
2 dB	bb=1	sn=3
3 dB	bb=1	sn=4
4 dB	bb=1	sn=5
5 dB	bb=1	sn=6
6 dB	bb=8	sn=4
7 dB	bb=8	sn=5
8 dB	bb=8	sn=6
9 dB	bb=6	sn=5
10 dB	bb=6	sn=7
11 dB	bb=6	sn=8
12 dB of meer	bb=6	sn=9
<b>Bovenbouw op brug</b>	<b>Geluidtoeslag.csv</b>	<b>Cbridge</b>
directe bevestiging zonder ballastbed (veegloes)	10 dB	9 dB
directe bevestiging zonder ballastbed (veegenspoor)	12 dB	9 dB
houten dwarsligger zonder ballastbed	10 dB	9 dB
ballastspoor met dwarsliggers (veegloes)	5 dB	4 dB
ingegoten spoorstaaf zonder ballastbed (veegloes)	8 dB	8 dB
ingegoten spoorstaaf (stille brugontwerp)	Zoals bb = 2	2 dB
Afwijkend toeslagspectrum op basis van metingen	variabel	variabel*
Betonnen brug	ID-ontbreekt	1 dB

\* neem als Cbridge de toeslagwaarde bij 1 kHz, gemaximeerd op 9 dB

Tabel 2.3.i2 Brugoverdrachtsfuncties *L<sub>11</sub>bruggen*

Frequentie [Hz]	sn=1	sn=2	sn=3	sn=4	sn=5	sn=6	sn=7	sn=8	sn=9
50	76,2	78,2	80,2	82,2	83,2	84,2	85,2	87,2	89,2
63	78,1	80,1	82,1	84,1	85,1	86,1	87,1	89,1	91,1
80	82,0	84,0	86,0	88,0	89,0	90,0	91,0	93,0	95,0
100	85,0	87,0	89,0	91,0	92,0	93,0	94,0	96,0	98,0

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Frequentie [Hz]	sn=1	sn=2	sn=3	sn=4	sn=5	sn=6	sn=7	sn=8	sn=9
125	85,4	87,4	89,4	91,4	92,4	93,4	94,4	96,4	98,4
160	87,0	89,0	91,0	93,0	94,0	95,0	96,0	98,0	100,0
200	83,5	85,5	87,5	89,5	90,5	91,5	92,5	94,5	96,5
250	87,7	89,7	91,7	93,7	94,7	95,7	96,7	98,7	100,7
315	88,4	90,4	92,4	94,4	95,4	96,4	97,4	99,4	101,4
400	90,4	92,4	94,4	96,4	97,4	98,4	99,4	101,4	103,4
500	91,7	93,7	95,7	97,7	98,7	99,7	100,7	102,7	104,7
630	93,5	95,5	97,5	99,5	100,5	101,5	102,5	104,5	106,5
800	98,1	100,1	102,1	104,1	105,1	106,1	107,1	109,1	111,1
1.000	100,8	102,8	104,8	106,8	107,8	108,8	109,8	111,8	113,8
1.250	103,0	105,0	107,0	109,0	110,0	111,0	112,0	114,0	116,0
1.600	98,2	100,2	102,2	104,2	105,2	106,2	107,2	109,2	111,2
2.000	97,8	99,8	101,8	103,8	104,8	105,8	106,8	108,8	110,8
2.500	98,3	100,3	102,3	104,3	105,3	106,3	107,3	109,3	111,3
3.150	90,3	92,3	94,3	96,3	97,3	98,3	99,3	101,3	103,3
4.000	82,4	84,4	86,4	88,4	89,4	90,4	91,4	93,4	95,4
5.000	77,9	79,9	81,9	83,9	84,9	85,9	86,9	88,9	90,9
6.300	70,7	72,7	74,7	76,7	77,7	78,7	79,7	81,7	83,7
8.000	66,1	68,1	70,1	72,1	73,1	74,1	75,1	77,1	79,1
10.000	61,8	63,8	65,8	67,8	68,8	69,8	70,8	72,8	74,8

Voor betonnen bruggen wordt de brugoverdrachtsfunctie van sn=1 gebruikt in combinatie met de spooroverdrachtsfunctie horende bij bovenbouw die op de brug aanwezig is. 9 dB.

Voertuigparameters

Tabel 2.3.j Overzichtstabel parameterwaarden per voertuigtype

Voertuig-type	Voertuig-lengte	Na/voertuig	$L_{H,VEH}$	$L_{W,rijding}$	$A_3$	$L_{r,VEH}$
Cat 1	26	4	'920 mm'	'cat1   A'	'100 kN   920 mm'	De wielruwheid is voor elke categorie apart bepaald. De parameterwaarden staan in tabel 2.3.m
Cat 2	26,6	4	'920 mm'	nvt	'100 kN   920 mm'	
Cat 3	26,1	4	'920 mm'	'cat3   A'	'100 kN   920 mm'	
Cat 4	15	4	'920 mm'	nvt	'100 kN   920 mm'	
Cat 5	15	4	'920 mm'	'cat5   AB'	'100 kN   920 mm'	
Cat 6	26,2	4	'920 mm'	'cat6   AB'	'100 kN   920 mm'	
Cat 7	30	6	'680 mm'	nvt	'50 kN   680 mm'	
Cat 8	<del>22,7</del>	<del>3,334</del>	'920 mm'	'cat8   A'	'100 kN   920 mm'	
Cat 9*	199	25	'920 mm'	'cat9   AB'	'100 kN   920 mm'	
Cat 10	15	3	'A32'	'cat10   A'	'50 kN   680 mm'	
Cat 11	15	4	'920 mm'	nvt	'100 kN   920 mm'	
Cat 12	19,2	2,6	'840 mm'	'cat12   A'	'100 kN   920 mm'	
Trams	29	6	'680 mm'	nvt	'50 kN   680 mm'	

\* Enkel voor cat. 9 zijn ook aerodynamische bronvermogens beschikbaar: zie tabel 2.3.n

Tabel 2.3.k Voertuigoverdrachtsfuncties  $L_{H,VEH}$

$L_{H,VEH}$ Freq uentie [Hz]	'920 mm'	'840 mm'	'680 mm'	'A32'
50	75,4	75,4	75,4	62,7
63	77,3	77,3	77,3	67,6
80	81,1	81,1	81,1	70,6
100	84,1	84,1	84,1	80,4
125	83,3	82,8	82,8	84,4
160	84,3	83,3	83,3	89,0
200	86,0	84,1	83,9	87,9
250	90,1	86,9	86,3	87,7
315	89,8	87,9	88,0	81,4

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

<u>LH,VEH</u> Frequentie[Hz]	'920 mm'	'840 mm'	'680 mm'	'A32'
400	89,0	89,9	92,2	77,6
500	88,8	90,9	93,9	85,6
630	90,4	91,5	92,5	89,1
800	92,4	91,5	90,9	90,9
1,000	94,9	93,0	90,4	96,1
1,250	100,4	98,7	93,2	98,0
1,600	104,6	101,6	93,5	108,0
2,000	109,6	107,6	99,6	112,0
2,500	114,9	111,9	104,9	113,0
3,1650	115,0	114,5	108,0	105,0
4,000	115,0	114,5	111,0	107,0
5,000	115,5	115,0	111,5	103,0
6,3500	115,6	115,1	111,6	99,9
8,000	116,0	115,5	112,0	100,3
10,000	116,7	116,2	112,7	101,0



Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Tabel 2.3.1 Tractiegeluid *L<sub>w</sub>* per categorie

L <sub>w</sub> [dB(A)]	'cat1   A'		'cat3   A'		'cat5   AB'		'cat6   AB'		'cat8   A'		'cat9   AB'		'cat10   A'		'cat12   A'	
50	0,0	0	0,0	0	109,0	109,0	0,0	0,0	99,6	0	98,0	98,0	0,0	0	0	0
63	0,0	0	0,0	0	109,0	109,0	0,0	0,0	99,6	0	98,0	98,0	0,0	0	0	0
80	0,0	0	0,0	0	109,0	109,0	0,0	0,0	99,6	0	98,0	98,0	0,0	0	0	0
100	0,0	0	97,0	0	95,0	95,0	93,1	93,1	86,6	0	98,0	98,0	95,7	0	100,6	0
125	0,0	0	97,0	0	95,0	95,0	93,1	93,1	86,6	0	98,0	98,0	95,7	0	100,6	0
160	0,0	0	97,0	0	95,0	95,0	93,1	93,1	86,6	0	98,0	98,0	95,7	0	100,6	0
200	98,1	0	107,0	0	103,0	103,0	103,1	103,1	95,6	0	101,0	98,7	0,0	0	86,6	0
250	98,1	0	107,0	0	103,0	103,0	103,1	103,1	95,6	0	101,0	98,7	0,0	0	86,6	0
315	98,1	0	107,0	0	103,0	103,0	103,1	103,1	95,6	0	101,0	98,7	0,0	0	86,6	0
400	0,0	0	0,0	0	103,0	103,0	0,0	0,0	101,6	0	106,0	103,7	0,0	0	98,6	0
500	0,0	0	0,0	0	103,0	103,0	0,0	0,0	101,6	0	106,0	103,7	0,0	0	98,6	0
630	0,0	0	0,0	0	103,0	103,0	0,0	0,0	101,6	0	106,0	103,7	0,0	0	98,6	0
800	0,0	0	0,0	0	94,0	94,0	0,0	0,0	96,6	0	104,0	101,7	0,0	0	0	0
1.000	0,0	0	0,0	0	94,0	94,0	0,0	0,0	96,6	0	104,0	101,7	0,0	0	0	0
1.250	0,0	0	0,0	0	94,0	94,0	0,0	0,0	96,6	0	104,0	101,7	0,0	0	0	0
1.600	0,0	0	0,0	0	96,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0	94,0	91,7	0,0	0	0	0
2.000	0,0	0	0,0	0	96,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0	94,0	91,7	0,0	0	0	0
2.500	0,0	0	0,0	0	96,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0	94,0	91,7	0,0	0	0	0
3.150	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	95,0	92,7	0,0	0	0	0
4.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	95,0	92,7	0,0	0	0	0
5.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	95,0	92,7	0,0	0	0	0
6.300	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	92,0	89,7	0,0	0	0	0
8.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	92,0	89,7	0,0	0	0	0
1.0000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	92,0	89,7	0,0	0	0	0

Ingevoegde cellen

Ingevoegde cellen

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

| Tabel 2.3.m Wielruwheid L<sub>w,ext</sub> per voertuigtype

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

<del>Lr,VE</del> <del>HGolff</del> <del>engte</del> <del>[mm]</del>	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5	Cat 6	Cat 7	Cat 8	Cat 9	Cat 10	Cat 11	<del>Cat</del> <del>12</del>	Tram s
2,000	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	29,9	24,8	25,1	24,8	24,8	<del>24,0</del>	12,3
1,600	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	29,9	24,8	25,1	24,8	24,8	<del>24,0</del>	12,3
1,250	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	28,5	24,8	22,1	24,8	24,8	<del>24,0</del>	12,3
1,000	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	27,6	24,8	20,0	24,8	24,8	<del>24,0</del>	12,3
800	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	27,2	24,8	19,0	24,8	24,8	<del>24,0</del>	12,3
630	23,3	23,3	23,3	24,7	24,7	23,3	25,4	23,3	14,0	24,0	23,3	<del>24,0</del>	12,3
500	14,7	21,7	14,7	17,0	17,0	14,7	19,7	14,7	9,0	14,0	14,7	<del>22,0</del>	12,3
400	11,0	17,6	14,0	11,0	11,0	12,4	16,9	9,7	7,0	11,0	9,7	<del>20,0</del>	12,3
315	10,0	14,6	12,0	10,0	10,0	9,4	13,2	6,7	1,4	10,0	15,9	<del>21,0</del>	12,3
250	7,0	13,7	11,0	10,0	10,0	6,7	9,1	6,7	3,1	8,0	16,3	<del>17,0</del>	12,3
200	6,0	14,3	11,0	8,0	8,0	7,4	8,4	5,4	5,4	6,0	13,0	<del>14,0</del>	12,9
160	<del>5,25</del> <del>0</del>	<del>14,64</del> <del>4,5</del>	<del>10,14</del> <del>0,0</del>	<del>9,19</del> <del>0</del>	<del>9,19</del> <del>0</del>	<del>9,79</del> <del>6</del>	8,9	<del>8,38</del> <del>1</del>	<del>6,66</del> <del>4</del>	4,0	<del>13,14</del> <del>3,0</del>	<del>12,0</del>	10,9
125	<del>8,39</del> <del>0</del>	<del>14,74</del> <del>4,5</del>	<del>9,39</del> <del>2,0</del>	<del>12,24</del> <del>2,0</del>	<del>12,24</del> <del>2,0</del>	<del>7,16</del> <del>8</del>	6,1	<del>8,68</del> <del>3</del>	<del>6,46</del> <del>0</del>	2,0	<del>12,24</del> <del>2,0</del>	<del>11,0</del>	8,0
100	<del>7,47</del> <del>0</del>	<del>15,04</del> <del>4,7</del>	<del>4,94</del> <del>4</del>	<del>13,34</del> <del>3,0</del>	<del>13,34</del> <del>3,0</del>	<del>4,94</del> <del>4</del>	<del>7,06</del> <del>9</del>	<del>8,48</del> <del>0</del>	<del>4,64</del> <del>0</del>	<del>-3,4</del> <del>4,0</del>	<del>9,49</del> <del>0</del>	<del>10,0</del>	<del>5,25</del> <del>0</del>
80	<del>5,65</del> <del>3,9</del>	<del>14,34</del> <del>3,9</del>	<del>6,25</del> <del>1,8</del>	<del>12,24</del> <del>1,8</del>	<del>12,24</del> <del>1,8</del>	<del>6,25</del> <del>1,8</del>	<del>6,56</del> <del>6</del>	<del>6,56</del> <del>0</del>	<del>5,65</del> <del>0</del>	<del>-4,7</del> <del>6,0</del>	<del>8,58</del> <del>0</del>	<del>9,0</del>	<del>1,44</del> <del>0</del>
63	<del>6,56</del> <del>0</del>	<del>13,84</del> <del>3,4</del>	<del>4,74</del> <del>2</del>	<del>10,64</del> <del>0,2</del>	<del>10,64</del> <del>0,2</del>	<del>4,74</del> <del>2</del>	<del>3,63</del> <del>5</del>	<del>7,57</del> <del>0</del>	<del>6,56</del> <del>0</del>	<del>-6,4</del> <del>7,0</del>	<del>5,34</del> <del>8</del>	<del>8,0</del>	<del>-1,7</del> <del>2,0</del>
50	<del>7,67</del> <del>9</del>	<del>10,49</del> <del>9</del>	<del>4,63</del> <del>9</del>	<del>10,49</del> <del>9</del>	<del>9,69</del> <del>9</del>	<del>4,63</del> <del>9</del>	<del>-0,4</del> <del>1,0</del>	<del>4,74</del> <del>0</del>	<del>0,90</del> <del>9</del>	<del>-6,2</del> <del>9,0</del>	<del>4,74</del> <del>0</del>	<del>0,0</del>	<del>-3,9</del> <del>5,0</del>
40	<del>8,27</del> <del>0</del>	<del>10,99</del> <del>8</del>	<del>5,13</del> <del>8</del>	<del>8,67</del> <del>5</del>	<del>7,26</del> <del>0</del>	<del>5,13</del> <del>8</del>	<del>-0,9</del> <del>2,0</del>	<del>4,43</del> <del>0</del>	<del>1,80</del> <del>0</del>	<del>-6,5</del> <del>10,0</del>	<del>0,9</del> <del>1,0</del>	<del>-6,0</del>	<del>-6,1</del> <del>9,4</del>
31,5	<del>8,97</del> <del>0</del>	<del>8,97</del> <del>0</del>	<del>1,3</del> <del>1,9</del>	<del>8,97</del> <del>0</del>	<del>8,06</del> <del>0</del>	<del>1,3</del> <del>1,9</del>	<del>-0,9</del> <del>2,0</del>	<del>1,2</del> <del>2,0</del>	<del>3,54</del> <del>0</del>	<del>-7,2</del> <del>11,0</del>	<del>1,3</del> <del>1,9</del>	<del>-8,0</del>	<del>-7,2</del> <del>11,0</del>
25	<del>10,17</del> <del>0</del>	<del>10,57</del> <del>4</del>	<del>3,90</del> <del>1</del>	<del>9,26</del> <del>0</del>	<del>9,26</del> <del>0</del>	<del>3,90</del> <del>1</del>	<del>0,1</del> <del>2,0</del>	<del>2,3</del> <del>2,0</del>	<del>3,80</del> <del>0</del>	<del>-6,2</del> <del>13,0</del>	<del>3,1</del> <del>1,0</del>	<del>-2,0</del>	<del>-6,2</del> <del>13,0</del>
20	<del>11,38</del> <del>0</del>	<del>12,39</del> <del>0</del>	<del>4,74</del> <del>0</del>	<del>8,45</del> <del>0</del>	<del>8,45</del> <del>0</del>	<del>4,74</del> <del>0</del>	<del>0,5</del> <del>1,5</del>	<del>4,74</del> <del>0</del>	<del>3,90</del> <del>0</del>	<del>-7,3</del> <del>14,0</del>	<del>2,2</del> <del>2,0</del>	<del>-2,0</del>	<del>-7,6</del> <del>15,0</del>
16	<del>12,37</del> <del>0</del>	<del>12,37</del> <del>0</del>	<del>7,62</del> <del>0</del>	<del>12,37</del> <del>0</del>	<del>12,37</del> <del>0</del>	<del>7,62</del> <del>0</del>	<del>0,5</del> <del>2,2</del>	<del>5,4</del> <del>0,4</del>	<del>4,1</del> <del>2,0</del>	<del>-7,6</del> <del>16,0</del>	<del>3,3</del> <del>3,0</del>	<del>5,0</del>	<del>-7,8</del> <del>17,0</del>
12,5	<del>7,62</del> <del>1</del>	<del>6,64</del> <del>0</del>	<del>5,5</del> <del>0,2</del>	<del>8,43</del> <del>0</del>	<del>8,43</del> <del>0</del>	<del>5,5</del> <del>0,2</del>	<del>2,1</del> <del>2,0</del>	<del>1,2</del> <del>5,4</del>	<del>2,3</del> <del>3,9</del>	<del>-6,2</del> <del>17,0</del>	<del>5,70</del> <del>0</del>	<del>1,0</del>	<del>-6,2</del> <del>17,1</del>
10	<del>3,5</del> <del>3,0</del>	<del>5,3</del> <del>1,0</del>	<del>4,7</del> <del>1,7</del>	<del>4,4</del> <del>2,0</del>	<del>4,4</del> <del>2,0</del>	<del>4,7</del> <del>1,7</del>	<del>5,60</del> <del>0</del>	<del>-1,3</del> <del>10,0</del>	<del>0,3</del> <del>7,2</del>	<del>-4,6</del> <del>18,0</del>	<del>3,5</del> <del>3,0</del>	<del>-2,0</del>	<del>-4,7</del> <del>18,1</del>
8	<del>4,6</del> <del>2,7</del>	<del>4,3</del> <del>3,0</del>	<del>4,6</del> <del>2,7</del>	<del>5,2</del> <del>2,0</del>	<del>5,2</del> <del>2,0</del>	<del>4,6</del> <del>2,7</del>	<del>0,9</del> <del>5,2</del>	<del>-1,8</del> <del>12,0</del>	<del>-0,2</del> <del>9,1</del>	<del>-5,6</del> <del>19,0</del>	<del>2,4</del> <del>5,3</del>	<del>-2,0</del>	<del>-5,7</del> <del>19,1</del>
6,3	<del>-0,2</del> <del>8,7</del>	<del>-0,2</del> <del>8,7</del>	<del>0,8</del> <del>7,3</del>	<del>2,7</del> <del>5,0</del>	<del>2,7</del> <del>5,0</del>	<del>0,8</del> <del>7,3</del>	<del>-0,1</del> <del>5,9</del>	<del>-2,9</del> <del>13,0</del>	<del>0,3</del> <del>8,0</del>	<del>-7,6</del> <del>20,0</del>	<del>1,9</del> <del>6,0</del>	<del>-1,0</del>	<del>-7,8</del> <del>21,1</del>
5	<del>-1,5</del> <del>8,3</del>	<del>-1,5</del> <del>8,3</del>	<del>0,7</del> <del>5,7</del>	<del>0,4</del> <del>6,0</del>	<del>0,4</del> <del>6,0</del>	<del>0,7</del> <del>5,7</del>	<del>2,0</del> <del>3,9</del>	<del>-5,3</del> <del>14,0</del>	<del>-1,5</del> <del>8,3</del>	<del>-8,1</del> <del>21,0</del>	<del>-1,3</del> <del>8,0</del>	<del>-2,0</del>	<del>-8,3</del> <del>22,1</del>
4	<del>-5,6</del> <del>13,3</del>	<del>-5,6</del> <del>13,3</del>	<del>-0,2</del> <del>6,3</del>	<del>-4,1</del> <del>11,0</del>	<del>-0,8</del> <del>7,0</del>	<del>-0,2</del> <del>6,3</del>	<del>-1,4</del> <del>8,6</del>	<del>-7,1</del> <del>16,0</del>	<del>-4,1</del> <del>11,0</del>	<del>-8,0</del> <del>22,0</del>	<del>-4,1</del> <del>11,0</del>	<del>-6,0</del>	<del>-8,2</del> <del>23,1</del>
3,15	<del>-7,2</del> <del>14,1</del>	<del>-8,4</del> <del>16,1</del>	<del>-2,8</del> <del>8,4</del>	<del>-5,7</del> <del>12,0</del>	<del>-2,4</del> <del>8,0</del>	<del>-2,8</del> <del>8,4</del>	<del>-2,6</del> <del>10,2</del>	<del>-9,3</del> <del>18,0</del>	<del>-6,0</del> <del>12,4</del>	<del>-8,8</del> <del>24,1</del>	<del>-5,7</del> <del>12,0</del>	<del>-5,0</del>	<del>-8,8</del> <del>24,1</del>
2,5	<del>-</del> <del>12,1</del> <del>21,0</del>	<del>-</del> <del>11,6</del> <del>19,8</del>	<del>-7,9</del> <del>13,4</del>	<del>-9,1</del> <del>15,0</del>	<del>-6,0</del> <del>11,0</del>	<del>-7,9</del> <del>13,4</del>	<del>-2,3</del> <del>10,6</del>	<del>-</del> <del>11,7</del> <del>20,0</del>	<del>-6,8</del> <del>11,9</del>	<del>-9,0</del> <del>26,0</del>	<del>-9,1</del> <del>15,0</del>	<del>-5,0</del>	<del>-8,9</del> <del>25,1</del>
2	<del>-</del> <del>11,4</del> <del>22,0</del>	<del>-9,8</del> <del>18,1</del>	<del>-7,5</del> <del>14,4</del>	<del>-9,1</del> <del>17,0</del>	<del>-5,6</del> <del>12,0</del>	<del>-7,5</del> <del>14,4</del>	<del>-4,2</del> <del>11,6</del>	<del>-</del> <del>11,0</del> <del>21,0</del>	<del>-5,3</del> <del>11,6</del>	<del>-</del> <del>11,1</del> <del>27,0</del>	<del>-9,1</del> <del>17,0</del>	<del>-7,0</del>	<del>-</del> <del>11,0</del> <del>26,1</del>

Ingevoegde cellen

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

1,6	<del>-</del> <del>12,5-</del> <del>23,0</del>	<del>-9,8-</del> <del>17,3</del>	<del>-7,6-</del> <del>14,1</del>	<del>-</del> <del>10,3-</del> <del>18,0</del>	<del>-6,7-</del> <del>13,0</del>	<del>-7,6-</del> <del>14,1</del>	<del>-5,8-</del> <del>12,6</del>	<del>-</del> <del>12,5-</del> <del>23,0</del>	<del>-5,4-</del> <del>11,5</del>	<del>-</del> <del>12,6-</del> <del>27,1</del>	<del>-</del> <del>10,3-</del> <del>18,0</del>	<del>-10,0</del>	<del>-</del> <del>12,6-</del> <del>27,1</del>
1,25	<del>-</del> <del>13,5-</del> <del>23,0</del>	<del>-</del> <del>10,5-</del> <del>17,3</del>	<del>-8,1-</del> <del>14,1</del>	<del>-</del> <del>11,6-</del> <del>19,0</del>	<del>-8,0-</del> <del>14,0</del>	<del>-8,1-</del> <del>14,1</del>	<del>-4,1-</del> <del>12,7</del>	<del>-</del> <del>13,9-</del> <del>24,0</del>	<del>-5,9-</del> <del>11,5</del>	<del>-</del> <del>11,2-</del> <del>27,1</del>	<del>-</del> <del>11,6-</del> <del>19,0</del>	<del>-13,0</del>	<del>-</del> <del>11,4-</del> <del>28,1</del>
1	<del>-</del> <del>13,8-</del> <del>23,0</del>	<del>-</del> <del>10,8-</del> <del>17,3</del>	<del>-8,3-</del> <del>14,1</del>	<del>-</del> <del>12,4-</del> <del>20,0</del>	<del>-9,8-</del> <del>16,0</del>	<del>-8,3-</del> <del>14,1</del>	<del>-4,3-</del> <del>12,7</del>	<del>-</del> <del>14,7-</del> <del>26,0</del>	<del>-</del> <del>6,1-</del> <del>11,5</del>	<del>-</del> <del>11,5-</del> <del>27,1</del>	<del>-</del> <del>12,4-</del> <del>20,0</del>	<del>-15,0</del>	<del>-</del> <del>11,6-</del> <del>28,1</del>
0,8	<del>-</del> <del>13,9-</del> <del>23,0</del>	<del>-</del> <del>10,9-</del> <del>17,3</del>	<del>-8,4-</del> <del>14,1</del>	<del>-</del> <del>12,5-</del> <del>20,0</del>	<del>-</del> <del>11,3-</del> <del>18,0</del>	<del>-8,4-</del> <del>14,1</del>	<del>-4,5-</del> <del>12,7</del>	<del>-</del> <del>15,2-</del> <del>28,0</del>	<del>-</del> <del>6,2-</del> <del>11,5</del>	<del>-</del> <del>11,7-</del> <del>27,1</del>	<del>-</del> <del>12,5-</del> <del>20,0</del>	<del>-15,0</del>	<del>-</del> <del>11,9-</del> <del>28,1</del>

Tabel 2.3.n Aerodynamisch geluid  $L_{w,u}$  voor voertuigtype categorie 9

LW,0 Frequentie [Hz]	'Cat9 aero'		LW,0 Frequentie [Hz]	'Cat9 aero'	
	$L_{w,01}$	$L_{w,02}$		$L_{w,01}$	$L_{w,02}$
Alpha	50	50			
50	135,0	129,0	800	125,5	119,5
63	135,0	129,0	1.000	125,5	119,5
80	135,0	129,0	1.250	125,5	119,5
100	128,0	122,0	1.600	128,0	125,0
125	128,0	122,0	2.000	128,0	125,0
160	128,0	122,0	2.500	128,0	125,0
200	127,0	121,0	3.1650	123,0	117,0
250	127,0	121,0	4.000	123,0	117,0
3165	127,0	121,0	5.000	123,0	117,0
400	125,5	119,5	6.3500	119,0	113,0
500	125,5	119,5	8.000	119,0	113,0
630	125,5	119,5	10.000	119,0	113,0

## 2.4 Industrielawaai

### 2.4.1 Bronbeschrijving

#### Classificatie van brontypen (punt, lijn, diffuus)

De afmetingen van de industriebronnen zijn zeer uiteenlopend. Ze kunnen zowel grote industriële fabrieken als kleine geconcentreerde bronnen zijn, zoals klein gereedschap of fabrieksmachines. Daarom moet voor de specifieke ter beoordeling voorliggende bron een relevante modelleringstechniek worden gebruikt. Afhankelijk van de omvang en de wijze waarop verschillende individuele bronnen zich over een gebied uitstrekken, waarbij elke bron tot hetzelfde industrieterrein behoort, kunnen deze als puntbronnen, bronlijnen of diffuse bronnen worden gemodelleerd. In de praktijk worden de berekeningen van het geluidseffect altijd op puntbronnen gebaseerd, maar verschillende puntbronnen kunnen worden gebruikt om een bijzonder complexe bron weer te geven, die zich hoofdzakelijk over een lijn of gebied uitstrekt.

#### Aantal en plaats van equivalente geluidsbronnen

De werkelijke geluidsbronnen worden gemodelleerd door middel van equivalente geluidsbronnen die door een of meer puntbronnen worden weergegeven zodat het totale geluidsvermogen van de werkelijke bron overeenkomt met de som van de individuele geluidsvermogens die toe te schrijven zijn aan de verschillende puntbronnen.

De algemene regels die bij de bepaling van het aantal te gebruiken puntbronnen worden toegepast, zijn:

- lijn- of oppervlaktebronnen waarvan de grootste diameter minder dan de helft van de afstand tussen de bron en het waarneempunt is, kunnen als individuele puntbronnen worden gemodelleerd;

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

- bronnen waarvan de grootste afmeting meer dan de helft van de afstand tussen de bron en het waarneempunt is, moeten als een reeks incoherente puntbronnen in een lijn of als een reeks incoherente puntbronnen over een gebied worden gemodelleerd, zodanig dat voor elk van deze bronnen aan de voorwaarde van de halve afstand wordt voldaan. De verdeling over een gebied kan een verticale verdeling van puntbronnen omvatten;
- voor bronnen waarvan de grootste hoogteafmetingen meer dan 2 m bedragen of die vlakbij de grond zijn, moet bijzondere aandacht aan de hoogte van de bron worden besteed. Verdubbeling van het aantal bronnen, door ze alleen in de z-component te herverdelen, leidt niet noodzakelijkerwijs tot aanzienlijk betere resultaten voor deze bron;
- voor elke bron geldt dat een verdubbeling van het aantal bronnen over het brongebied (in alle dimensies) niet noodzakelijkerwijs tot aanzienlijk betere resultaten leidt.

Een vaste positie van de equivalente geluidsbronnen is niet mogelijk, gezien het grote aantal configuraties dat een industrieterrein kan hebben. Goede praktijken zijn normaliter van toepassing.

### Geluidsvermogensemissie

#### Algemeen

De volgende informatie omvat de volledige reeks invoergegevens voor berekeningen van geluidsvoortplanting met de methoden die voor geluidskartering worden gebruikt:

- uitgestraald geluidsvermogenspectrum in octaafbanden,
- bedrijfstijden (overdag, 's avonds, 's nachts, op basis van jaarlijks gemiddelde),
- locatie (coördinaten x, y) en hoogte (z) van de geluidsbron,
- soort bron (punt, lijn, diffuus),
- afmetingen en oriëntatie,
- bedrijfscondities van de bron,
- richteffect van de bron.

Het geluidsvermogen van de puntbron en diffuse bron moet worden gedefinieerd als:

- voor een puntbron, geluidsvermogen  $L_w$  en richteffect als een functie van de drie orthogonale coördinaten (x, y, z),
- voor een diffuse bron, geluidsvermogen per vierkante meter  $L_w/m^2$ , en geen richteffect (kan horizontaal of verticaal zijn).

Het geluidsvermogen van twee typen bronlijnen moet worden gedefinieerd als:

- bronlijnen die transportbanden, pijpleidingen enz., weergeven, geluidsvermogen per meter lengte  $L_w'$  en richteffect als een functie van de twee orthogonale coördinaten op de as van de bronlijn,
- ~~bronlijnen die rijdende voertuigen weergeven, elk gekoppeld aan geluidsvermogen  $L_w$  en richteffect als een functie van de twee orthogonale coördinaten op de as van de bronlijn en geluidsvermogen per meter  $L_w'$  afgeleid aan de hand van de snelheid en het aantal voertuigen die overdag, 's avonds en 's nachts op deze lijn rijden. De correctie voor de bedrijfsuren die moeten worden toegevoegd aan het geluidsbronvermogen om het gecorrigeerde geluidsvermogen te bepalen dat voor berekeningen over elke tijdsperiode,  $C_{w,cor}$  in dB, wordt gebruikt, wordt als volgt berekend:~~

$$C_{w,cor} = -10 \times \lg \left( \frac{l \times n}{1000 \times V \times T_p} \right) \quad (2.4.1)$$

~~waarbij:~~

~~V de snelheid van het voertuig [km/h] is;~~

~~n het aantal passages van de voertuigen per periode [-] is;~~

~~l de totale lengte van de bron [m] is-~~

- bronlijnen die rijdende voertuigen weergeven, worden berekend volgens formule 2.2.1

De invoer van de bedrijfsuren is essentieel voor de berekening van geluidsniveaus. De bedrijfsuren worden voor de dag-, avond- en nachtperiode gegeven en, als de voortplanting afwijkende meteorologische categorieën gebruikt die tijdens elke dag-, nacht- en avondperiode zijn gedefinieerd, wordt een verfijnde verdeling van de bedrijfsuren gegeven in deelperioden die congrueren met de verdeling van meteorologische categorieën. Deze informatie berust op een jaarlijks gemiddelde.

De correctie voor de bedrijfsuren, die aan het brongeluidsvermogen wordt toegevoegd om het gecorrigeerde geluidsvermogen te bepalen dat voor de berekeningen over elke tijdsperiode  $C_w$  in dB wordt gebruikt, wordt als volgt berekend:

$$C_w = 10 \times 10 \lg \left( \frac{T}{T_{ref}} \right) \quad (2.4.21)$$

waarbij:

$T$  de actieve brontijd per periode is op basis van een jaarlijks gemiddelde situatie, in uren;

$T_{ref}$  de referentieperiode in uren is (bv. dag is 12 uur, avond is 4 uur, nacht is 8 uur).

Voor de dominantere bronnen wordt de correctie van de jaarlijkse gemiddelde bedrijfsuren binnen minstens 0,5 dB tolerantie geschat om een aanvaardbare nauwkeurigheid (die gelijk is aan een onzekerheid van minder dan 10% in de definitie van de actieve brontijd) te verkrijgen.

#### *Richteffect van de bron*

Het richteffect van de bron is nauw verbonden met de positie van de equivalente geluidsbron naast of vlakbij oppervlakken. Omdat de voortplantingsmethode met de reflectie van het nabijgelegen oppervlak en de geluidsabsorptie ervan rekening houdt, is het noodzakelijk om de locatie van de nabijgelegen oppervlakken zorgvuldig in aanmerking te nemen. In het algemeen worden de volgende twee gevallen altijd onderscheiden:

- brongeluidsvermogen en richteffect worden ten opzichte van een bepaalde werkelijke bron bepaald en gegeven wanneer die zich in vrij veld bevindt (exclusief het terreineffect). Dit is in overeenstemming met de definities met betrekking tot de voortplanting, indien aangenomen wordt dat er zich geen nabijgelegen oppervlak op minder dan 0,01 m van de bron bevindt en dat oppervlakken op een afstand van 0,01 m of meer in de berekening van de voortplanting worden opgenomen;
- brongeluidsvermogen en richteffect worden ten opzichte van een bepaalde werkelijke bron bepaald en gegeven wanneer die in een specifieke locatie is geplaatst, en daarom zijn brongeluidsvermogen en richteffect in feite 'equivalent' omdat ze de modellering van het effect van de nabijgelegen oppervlakken bevatten. Dit wordt bepaald in het 'half-vrije veld' volgens de definities met betrekking tot de voortplanting. In dit geval worden de gemodelleerde nabijgelegen oppervlakken van de berekening van de voortplanting uitgesloten.

Het richteffect wordt in de berekening uitgedrukt als een factor  $\Delta L_{W,dir,xyz}(x,y,z)$  die aan het geluidsvermogen wordt toegevoegd om het juiste richtingsafhankelijke geluidsvermogen van een referentiegeluidsbron te verkrijgen, zoals gezien door de geluidsvoortplanting in de gegeven richting. De factor kan worden gegeven als een functie van de richtingsvector gedefinieerd door  $(x,y,z)$  met  $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ . Dit richteffect kan ook worden uitgedrukt door middel van andere coördinatensystemen zoals hoekige coördinatenstelsels.

## **2.5 Berekening van geluidsvoortplanting voor weg-, spoor- en industriebronnen**

### **2.5.1 Omvang en toepasselijkheid methode**

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

Dit document omschrijft een methode voor de berekening van de geluidsdemping tijdens de voortplanting ervan buitenshuis. Met de bekende kenmerken van de bron voorspelt deze methode het equivalente constante geluidsniveau op een waarneempunt dat overeenstemt met twee bepaalde soorten van atmosferische omstandigheden:

- voortplantingscondities met neerwaartse breking (positieve verticale gradiënt van effectieve geluidssnelheid) van de bron naar het waarneempunt,
- homogene atmosferische omstandigheden (geen verticale gradiënt van effectieve geluidssnelheid) over het gehele voortplantingsgebied.

De in dit document beschreven berekeningsmethode is van toepassing voor weg-, spoor- en industriebronnen. Deze methode is daarom met name van toepassing op de infrastructuur van wegen en spoorlijnen. Luchtvervoer wordt alleen in het toepassingsgebied van de methode opgenomen voor het lawaai dat tijdens grondoperaties wordt voortgebracht, waarbij de start en landing worden uitgesloten.

Industriële infrastructuren die impulsieve of sterk tonale geluiden voortbrengen zoals beschreven in ISO 1996-2: 2007, vallen niet onder het toepassingsgebied van deze methode.

De berekeningsmethode levert geen resultaten voor voortplantingscondities met opwaartse breking (negatieve verticale gradiënt van de effectieve geluidssnelheid), maar deze condities worden bij de berekening van  $L_{den}$  door homogene condities benaderd.

Voor de berekening van de demping door atmosferische absorptie in het geval van vervoersinfrastructuur, worden de temperatuur en vochtigheid volgens ISO 9613-1:1996 berekend. De methode levert resultaten per octaafband van 63 Hz tot 8 000 Hz. De berekeningen worden voor elk van de middenfrequenties verricht.

~~Gedeeltelijke afdekkingen en obstakels~~Objecten die, wanneer gemodelleerd, met meer dan 15° aflopen in verhouding tot de verticaal aflopen, blijven buiten het toepassingsgebied worden niet als reflecterende objecten beschouwd, maar worden in aanmerking genomen bij alle andere aspecten van deze berekeningsmethode de voortplanting, zoals grondeffecten en diffractie.

Een enkel scherm wordt als een enkele diffractieberekening berekend, twee of meer schermen in een enkel pad worden als een volgende set van enkele diffracties behandeld door toepassing van de procedure die nader wordt omschreven.

### 2.5.2 Gebruikte definities

Alle afstanden, hoogten, afmetingen in dit document worden in meter (m) uitgedrukt. De notatie  $MN$  staat voor de afstand in 3 dimensies (3D) tussen de punten  $M$  en  $N$ , gemeten volgens een rechte lijn die deze punten verbindt.

Het is gebruikelijk dat werkelijke hoogten verticaal worden gemeten in een richting loodrecht op het horizontale vlak. Hoogten van punten boven de plaatselijke grond worden aangeduid met  $h$ , absolute hoogten van punten en de absolute hoogte van de grond worden aangeduid met de letter  $H$ .

Om het werkelijke reliëf van de grond langs een voortplantingspad in aanmerking te nemen, is het begrip 'equivalente hoogte' ingevoerd, aangeduid met de letter  $z$ . Dit vervangt de werkelijke hoogten in de vergelijkingen van het grondeffect.

De geluidsniveaus, aangeduid met de hoofdletter  $L$ , worden uitgedrukt in decibel (dB) per frequentieband wanneer index  $A$  wordt weggelaten. De geluidsniveaus in decibel dB(A) krijgen de index  $A$ .

De som van de geluidsniveaus als gevolg van wederzijds incoherente bronnen wordt aangeduid met het teken  $\oplus$  in overeenstemming met de volgende definitie:

$$L_1 \oplus L_2 = 10^{-L_g} \lg \left[ 10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} \right] \quad (2.5.1)$$

### 2.5.3 Geometrische overwegingen

#### Segmentatie van de bron

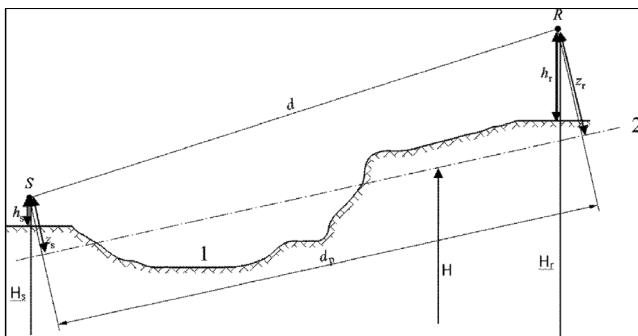
Werkelijke bronnen worden beschreven door een reeks puntbronnen of, bij spoorverkeer en wegverkeer, door incoherente bronlijnen. De voortplantingsmethode gaat ervan uit dat lijn- of diffuse bronnen voorafgaand zijn gesplitst om door een aantal equivalente puntbronnen te worden weergegeven. Dit kan bij voorbewerking van de brongegevens zijn opgetreden of in de pathfinder-component van de berekeningssoftware zijn ontstaan. De wijze waarop dit is gebeurd, valt buiten het toepassingsgebied van de onderhavige methode.

#### Voortplantingspaden

De methode werkt op een geometrisch model dat bestaat uit een reeks verbonden grond- en obstakeloppervlakken. Een verticaal voortplantingspad wordt op een of meerdere verticale vlakken ten opzichte van het horizontale vlak ingezet. Voor trajecten die reflecties op verticale vlakken omvatten die niet orthogonaal op het incidentvlak zijn, wordt daarna een ander verticaal vlak in aanmerking genomen, waaronder het **weerkaats-tegereflecteerde** deel van het voortplantingspad. In deze gevallen, waar meerdere verticale vlakken worden gebruikt om het gehele traject van de bron naar het waarneempunt te beschrijven, worden de verticale vlakken vervolgens afgevlakt, net als een uitvouwend Chinees kamerscherm.

#### Aanmerkelijke hoogten boven de grond

De equivalente hoogten worden verkregen van het gemiddelde grondvlak tussen de bron en het waarneempunt. Dit vervangt de werkelijke grond met een fictief vlak dat het gemiddelde profiel van de grond weergeeft.



Figuur 2.5.a, Equivalente hoogten in verhouding tot de grond

- 1: Werkelijk reliëf
- 2: Gemiddeld vlak

De equivalente hoogte van een punt is zijn orthogonale hoogte in verhouding tot het gemiddelde grondvlak. De equivalente bronhoogte  $z_s$  en de equivalente hoogte van het waarneempunt  $z_o$  kan daarom worden gedefinieerd. De afstand tussen de bron en het waarneempunt geprojecteerd over het gemiddelde grondvlak wordt aangeduid met  $d_p$ .

Als de equivalente hoogte van een punt negatief wordt, dat wil zeggen als het punt zich onder het gemiddelde grondvlak bevindt, wordt een hoogte van nul aangehouden en dan is het equivalente punt identiek aan zijn eventuele spiegelpunt.



## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

### Berekening van het gemiddelde grondvlak

In het vlak van het pad kan de topografie (waaronder terrein, heuvels, spoortaluds en andere kunstmatige obstakels, gebouwen,...) aan de hand van een geordende verzameling van afzonderlijke punten  $(x_k, H_k); k \in \{1, \dots, n\}$  worden beschreven. Deze reeks punten definieert een polylijn of, op gelijke wijze, een reeks rechtlijnige segmenten  $H_k = a_k x + b_k$ ,  $x \in [x_k, x_{k+1}]; k \in \{1, \dots, n\}$ , waarbij:

$$\begin{cases} a_k = (H_{k+1} - H_k) / (x_{k+1} - x_k) \\ b_k = (H_k \cdot x_{k+1} - H_{k+1} \cdot x_k) / (x_{k+1} - x_k) \end{cases} \quad (2.5.2)$$

Het gemiddelde vlak wordt weergegeven door de rechte lijn  $Z = ax + b; x \in [x_1, x_n]$ , die aan de polylijn is aangepast door middel van een benadering van het kleinste kwadraat. De vergelijking van de gemiddelde lijn kan analytisch worden uitgewerkt.

Met behulp van:

$$\begin{cases} A = \frac{2}{3} \sum_{k=1}^{n-1} a_k (x_{k+1}^3 - x_k^3) + \sum_{k=1}^{n-1} b_k (x_{k+1}^2 - x_k^2) \\ B = \sum_{k=1}^{n-1} a_k (x_{k+1}^2 - x_k^2) + 2 \sum_{k=1}^{n-1} b_k (x_{k+1} - x_k) \end{cases} \quad (2.5.3)$$

worden de coëfficiënten van de rechte lijn verkregen door:

$$\begin{cases} a = \frac{3(2A - B(x_n + x_1))}{(x_n - x_1)^3} \\ b = \frac{2(x_n^3 - x_1^3)}{(x_n - x_1)^4} B - \frac{3(x_n + x_1)}{(x_n - x_1)^3} A \end{cases} \quad (2.5.4)$$

waarbij segmenten met  $x_{k+1} = x_k$  buiten beschouwing worden gelaten bij de beoordeling van vergelijking 2.5.3.

### Reflecties door gevels en andere verticale obstakels

Bijdragen van reflectie worden in aanmerking genomen door de invoering van spiegelbronnen, zoals hieronder beschreven.

#### 2.5.4 Model voor geluidsvoortplanting

Voor een waarneempunt R worden de berekeningen uitgevoerd in overeenstemming met de volgende stappen:

- 1) op elk voortplantingspad:
  - berekening van de demping in gunstige omstandigheden,
  - berekening van de demping in homogene omstandigheden,
  - berekening van langdurig geluidsniveau voor elk pad.
- 2) accumulatie van de langdurige geluidsniveaus voor alle paden die invloed hebben op een specifiek waarneempunt, zodat het totale geluidsniveau op het waarneempunt kan worden berekend.

Opgemerkt wordt dat alleen demping ten gevolge van het grondeffect ( $A_{ground}$ ) en diffractie ( $A_{dif}$ ) door meteorologische omstandigheden wordt beïnvloed.

#### 2.5.5 Berekeningsproces

### Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Voor een puntbron  $S$  van richtingsafhankelijk geluidsvermogen  $L_{W,0,dir}$  en voor een specifieke frequentieband wordt het equivalente constante geluidsniveau op het waarneempunt  $R$  in de gegeven atmosferische omstandigheden volgens de onderstaande vergelijkingen verkregen.

*Geluidsniveau in gunstige omstandigheden ( $L_F$ ) voor een pad ( $S,R$ )*

$$L_F = L_{W,0,dir} - A_F \quad (2.5.5)$$

De term  $A_F$  geeft de totale demping weer langs het voortplantingspad in gunstige omstandigheden, en wordt als volgt uitgesplitst:

$$A_F = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,F} \quad (2.5.6)$$

waarbij

$A_{div}$  de demping door geometrische divergentie is;

$A_{atm}$  de demping door atmosferische absorptie is;

$A_{boundary,F}$  de demping door de grens van het voortplantingsmedium in gunstige omstandigheden is.

De volgende termen kunnen erin vervat zijn:

- $A_{ground,F}$ , de demping door de grond in gunstige omstandigheden;
- $A_{dif,F}$ , de demping door diffractie in gunstige omstandigheden.

Voor een bepaald pad en bepaalde frequentieband zijn de volgende twee scenario's mogelijk:

- ofwel  $A_{ground,F}$  wordt zonder diffractie ( $A_{dif,F} = 0$  dB) en  $A_{boundary,F} = A_{ground,F}$  berekend;
- ofwel  $A_{dif,F}$  wordt berekend. Het grondeffect wordt in aanmerking genomen in de  $A_{dif,F}$  vergelijking zelf ( $A_{ground,F} = 0$  dB). Dit levert dus  $A_{boundary,F} = A_{dif,F}$  op.

*Geluidsniveau in homogene omstandigheden ( $L_H$ ) voor een pad ( $S,R$ )*

De procedure is volkomen identiek aan het geval van gunstige omstandigheden in het vorige gedeelte.

$$L_H = L_{W,0,dir} - A_H \quad (2.5.7)$$

De term  $A_H$  geeft de totale demping weer langs het voortplantingspad in homogene omstandigheden, en wordt als volgt uitgesplitst:

$$A_H = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,H} \quad (2.5.8)$$

waarbij

$A_{div}$  de demping door geometrische divergentie is;

$A_{atm}$  de demping door atmosferische absorptie is;

$A_{boundary,H}$  de demping door de grens van het voortplantingsmedium in homogene omstandigheden

is. De volgende termen kunnen erin vervat zijn:

- $A_{ground,H}$ , de demping door de grond in homogene omstandigheden;
- $A_{dif,H}$ , de demping door diffractie in homogene omstandigheden.

Voor een bepaald pad en bepaalde frequentieband zijn de volgende twee scenario's mogelijk:

- ofwel  $A_{ground,H}$  ( $A_{dif,H} = 0$  dB) wordt zonder diffractie en  $A_{boundary,H} = A_{ground,H}$  berekend;
- ofwel  $A_{dif,H}$  ( $A_{ground,H} = 0$  dB) wordt berekend. Het grondeffect wordt in de vergelijking  $A_{dif,H}$  zelf in aanmerking genomen. Dit levert dus  $A_{boundary,H} = A_{dif,H}$  op.

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

*Statistische benadering in stedelijke gebieden voor een pad (S,R)*

In stedelijke gebieden is een statistische benadering van de berekening van de geluidsvoortplanting achter de eerste lijn gebouwen eveneens toegestaan, mits deze methode naar behoren wordt gedocumenteerd, met inbegrip van relevante informatie over de kwaliteit van de methode. Deze methode kan de berekening van  $A_{boundary,H}$  en  $A_{boundary,F}$  vervangen door een benadering van de totale demping voor het rechtstreekse pad en alle weerkaatsingen, reflecties. De berekening wordt op de gemiddelde dichtheid en gemiddelde hoogte van alle gebouwen in het gebied gebaseerd.

*Langdurig geluidsniveau voor een pad (S,R)*

Het 'langdurige' geluidsniveau langs een pad, uitgaande van een bepaalde puntbron, wordt verkregen uit de logaritmische som van de gewogen geluidsenergie in homogene omstandigheden en de geluidsenergie in gunstige omstandigheden.

Deze geluidsniveaus worden gewogen door het gemiddelde optreedfrequentie  $p$  van gunstige omstandigheden in de richting van het pad (S,R):

$$L_{LT} = 10 \times \lg \left( p \times 10^{L_F/10} + (1-p) \times 10^{L_H/10} \right) \quad (2.5.9a)$$

NB: De gebeurteniswaarden voor  $p$  worden in procentenfracties uitgedrukt. Dus indien de frequentie van optreden 82% is, krijgt de vergelijking (2.5.9a)  $p = 0,82$ .

*Optreedfrequentie per richting en periode*

De gebeurteniswaarden voor  $p$  zijn richtingsafhankelijk, in sectorhoeken van 20 graden, en periode afhankelijk. De waarden  $p$  per zijn weergegeven in tabel 2.5.a worden berekend met de volgende formules:

Tabel 2.5.a Waarden  $p$

Sectorhoek (van t/m) $p =$	Dag (2.5.9b)		Avond	Nacht
	$\{0,34 - 0,1 \sin(\xi + 35) + 0,045 \sin^2(\xi + 35)$ voor de dagperiode	$\{0,40 - 0,1 \sin(\xi + 60) + 0,035 \sin^2(\xi + 60)$ voor de avond en nachtperiode		
<del>35-10</del>	0,29	0,32	0,32	
<del>10-30</del>	0,29	0,33	0,33	
<del>30-50</del>	0,28	0,33	0,33	0,35
<del>50-70</del>	0,29	0,35	0,35	0,36
<del>70-90</del>	0,29	0,36	0,36	0,37
<del>90-110</del>	0,30	0,38	0,38	0,39
<del>110-130</del>	0,31	0,39	0,39	0,41
<del>130-150</del>	0,34	0,43	0,43	0,44
<del>150-170</del>	0,38	0,46	0,46	0,48
<del>170-190</del>	0,42	0,50	0,50	0,51
<del>190-210</del>	0,46	0,52	0,52	0,53
<del>210-230</del>	0,48	0,53	0,53	0,54
<del>230-250</del>	0,49	0,52	0,52	0,53
<del>250-270</del>	0,47	0,48	0,48	0,49
<del>270-290</del>	0,44	0,44	0,44	0,44
<del>290-310</del>	0,39	0,39	0,39	0,39
<del>310-330</del>	0,35	0,36	0,36	0,36
<del>330-350</del>	0,31	0,33	0,33	0,33

Verwijderde cellen  
Verwijderde cellen

De voortplantingsrichtingen als sectorhoeken zijn voortplantingsrichting  $\xi$  is als volgt gedefinieerd:

Tabel 2.5. b2 Voorplantingsrichting

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Hoek (°)	Van	Naar
0	Noord	Zuid
90	Oost	West
180	Zuid	Noord
270	West	Oost

Langdurig geluidsniveau op punt R voor alle paden

Het totale langdurige geluidsniveau op het waarneempunt voor een frequentieband wordt verkregen aan de hand van de energetische optelling van bijdragen van alle N-paden, met inbegrip van alle typen:

$$L_{tot,LT} = 10 \cdot \lg \left( \sum_n 10^{\frac{L_{n,LT}}{10}} \right) \quad (2.5.10)$$

waarbij:

$n$  de index van de paden tussen  $S$  en  $R$  is.

Het in aanmerking nemen van reflectie door middel van spiegelbronnen wordt hieronder beschreven. De procentuele frequentie van gunstige omstandigheden bij reflectie van een pad op een verticaal obstakel wordt geacht identiek te zijn aan de frequentie van het rechtstreekse pad. Als  $S'$  de spiegelbron van  $S$  is, wordt het optreedfrequentie  $p'$  van het pad ( $S', R$ ) beschouwd als gelijk te zijn aan optreedfrequentie  $p$  van het pad ( $S, R$ ).

Langdurig geluidsniveau op punt R in decibels A (dBA)

Het totale geluidsniveau in decibels A (dBA) wordt verkregen door de niveaus in elke frequentieband op te tellen:

$$L_{Aeq,LT} = 10 \cdot \lg \left( \sum_i 10^{\frac{(L_{tot,LT} + AWC_{f,i})}{10}} \right) \quad (2.5.11)$$

waarbij  $i$  de index van de frequentieband is.  $AWC$  is de A-gewogen correctie volgens de internationale norm IEC 61672-1:2003 als volgt:

Frequentie [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
$AWC_{f,i}$ [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,0	-1,1

Dit niveau  $L_{Aeq,LT}$  vormt het eindresultaat, d.w.z. het A-gewogen geluidsdrukniveau over lange termijn op het waarneempunt op een bepaald referentietijdsinterval (bijvoorbeeld dag, avond, nacht of een kortere periode tijdens de dag, avond of nacht).

**2.5.6 Berekening van geluidsvoortplanting voor weg-, spoor-, industriebronnen**

*Geometrische divergentie*

De demping door geometrische divergentie,  $A_{div}$ , komt overeen met een vermindering van het geluidsniveau door de voortplantingsafstand. Voor een puntbron in vrij veld wordt de demping in dB verkregen door:

$$A_{div} = 20 \cdot \lg(d) + 11 \quad (2.5.12)$$

waarbij  $d$  de rechtstreekse schuine afstand in 3D is tussen de bron en het waarneempunt is.

*Atmosferische absorptie*

## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

De demping door atmosferische absorptie  $A_{atm}$  tijdens voortplanting over een afstand  $d$  wordt verkregen in dB door de vergelijking:

$$A_{atm} = \alpha_{atm} \cdot d / 1,000 \quad (2.5.13)$$

waarbij:

$d$  de rechtstreekse 3D schuine afstand tussen de bron en het waarneempunt is;  
 $\alpha_{atm}$  de coëfficiënt van atmosferische demping in dB/km op de nominale middenfrequentie voor elke frequentieband is, in overeenstemming met ISO 9613-1.

De waarden van de  $\alpha_{atm}$  coëfficiënt worden gegeven voor een temperatuur van 15 °C, een relatieve luchtvochtigheid van 70 % en een atmosferische druk van 101 325 Pa. Zij worden met de nauwkeurige middenfrequenties van de frequentieband berekend. Deze waarden voldoen aan ISO 9613-1. Het meteorologische gemiddelde op lange termijn wordt gebruikt indien meteorologische gegevens beschikbaar zijn.

Tabel 2.5.eb De luchtdempingscoëfficiënt lucht als functie van de octaafband

Octaafband	$\alpha_{atm}$ [dB/km]
63	0,105
125	0,376
250	1,124
500	2,358
1_000	4,079
2_000	8,777
4_000	26,608
8_000	94,962

### Grondeffect

De demping door het grondeffect is hoofdzakelijk het gevolg van de interferentie tussen het weerkaaatstegereflecteerde geluid en het geluid dat zich rechtstreeks van de bron naar het waarneempunt voortplant. Het is fysiek verbonden aan de akoestische absorptie van de grond waarboven de geluidsgolf zich voortplant. Het is echter ook sterk afhankelijk van atmosferische omstandigheden tijdens voortplanting, omdat straalafbuiging de hoogte van het pad boven de grond wijzigt en de effecten van de grond en het land in de buurt van de bron meer of minder versterkt.

In het geval dat de voortplanting tussen de bron en het waarneempunt door een obstakel in het voortplantingsvlak wordt beïnvloed, wordt het grondeffect aan de kant van de bron en het waarneempunt afzonderlijk berekend. In dit geval verwijzen  $z_s$  en  $z_r$  naar de equivalente positie van de bron en/of het waarneempunt, zoals aangegeven hieronder waar de berekening van de diffractie  $A_{dif}$  wordt gepresenteerd.

### Akoestische karakterisering van grond

De akoestische absorptie-eigenschappen van de grond houden voornamelijk verband met zijn porositeit. Compacte grond is in het algemeen weerkaaatstendreflecterend en poreuze grond is absorberend.

Voor operationele berekeningen wordt de akoestische absorptie van een grond weergegeven met een dimensieloze coëfficiënt  $G$ , tussen 0 en 1.  $G$  is onafhankelijk van de frequentie. Tabel 2.5.dc

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

geeft de  $G$  -waarden voor de grond in de openlucht. Het gemiddelde van de coëfficiënt  $G$  over een pad krijgt in het algemeen waarden tussen 0 en 1.

Tabel 2.5. ~~de~~  $G$ -waarden voor verschillende soorten grond

Beschrijving	Type	(kPa · s/m <sup>2</sup> )	$G$ -waarde
Zeer zacht (sneeuw of mosachtig)	A	12,5	1
Zachte bosgrond (kort, dicht heideachtig of dik mos)	B	31,5	1
Niet-compacte, losse grond (veen, gras, losse aarde)	C	80	1
Normale niet-compacte grond (bosbodem, weiden)	D	200	1
Compact land en grind (compacte gazons, parkland)	E	500	0,7
Compacte dichte grond (grindweg, parkeer- plaats)	F	2-000	0,3
Harde oppervlakken (veelal normaal asfalt, beton)	G	20-000	0
Zeer harde en dichte oppervlakken (dicht asfalt, beton, water)	H	200-000	0

$G_{path}$  wordt gedefinieerd als de fractie van absorberende grond die over het gehele pad aanwezig is.

Wanneer de bron en het waarneempunt vlakbij elkaar zijn zodat  $d_p \leq 30(z_s + z_r)$ , is het verschil tussen de grondsoort nabij de bron en de grondsoort nabij het waarneempunt te verwaarlozen. Daarom wordt om met deze opmerking rekening te houden de grondfactor  $G_{path}$  uiteindelijk als volgt gecorrigeerd:

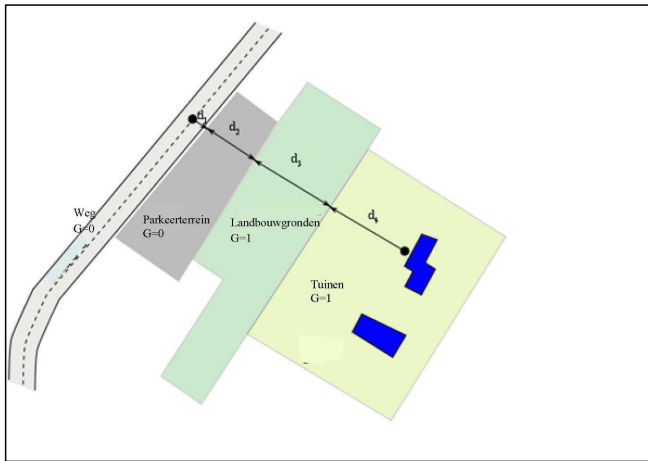
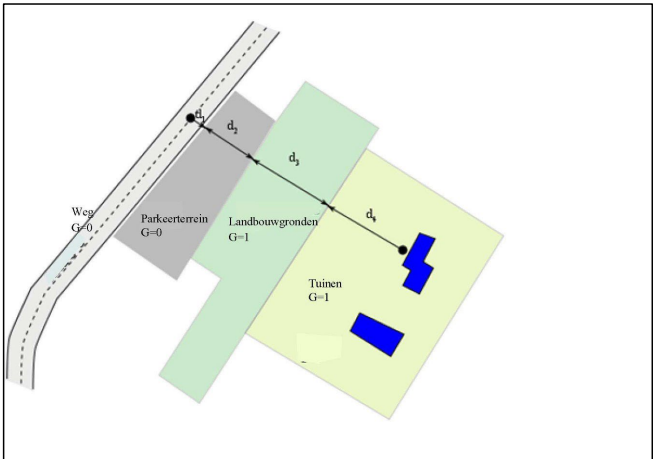
$$\left\{ \begin{array}{ll} G_{path} \frac{d_p}{30(z_s + z_r)} + G_s \left( 1 - \frac{d_p}{30(z_s + z_r)} \right) & \text{als } d_p \leq 30(z_s + z_r) \\ G_{path} & \text{anders} \end{array} \right. \quad (2.5.14)$$

waarbij  $G_s$  de grondfactor van het brongebied is.  $G_s = 0$  voor ~~wegplatforms (1)~~ wegdekken<sup>4</sup>, betonplaten spoor.  $G_s = 1$  voor ~~ballastsporen~~ sporen in ballastbed. Er is geen algemeen antwoord in het geval van industriële bronnen en fabrieken.

$G$  kan in verbandinggerelateerd worden gebracht met aan de stromingsweerstand.

<sup>4</sup> De absorptie van poreuze wegdekken wordt in het emissiemodel in aanmerking genomen.

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen



$$d_p = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$G_{path} = (0 \cdot d_1 + 0 \cdot d_2 + 1 \cdot d_3 + 1 \cdot d_4) / d_p = (d_3 + d_4) / d_p$$

Figuur 2.5.b, Bepaling van de grondcoëfficiënt  $G_{path}$  over een voortplantingspad

$$d_p = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$G_{path} = (0 \cdot d_1 + 0 \cdot d_2 + 1 \cdot d_3 + 1 \cdot d_4) / d_p = (d_3 + d_4) / d_p$$

De afstanden  $d_n$  worden bepaald door een 2D-projectie op het horizontale vlak.

De volgende twee subsecties over berekeningen in homogene en gunstige omstandigheden introduceren de generieke  $\bar{G}_w$  en  $\bar{G}_m$  notaties voor de absorptie van de grond. Tabel 2.5.d geeft het verband tussen deze notaties en de variabelen  $G_{path}$  en  $G'_{path}$ .

Tabel 2.5.d Verband tussen  $\bar{G}_w$  en  $\bar{G}_m$  ( $G_{path}$ ,  $G'_{path}$ )

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

	Homogene omstandigheden			Gunstige omstandigheden		
	$A_{ground}$	$\Delta_{ground(S,D)}$	$\Delta_{ground(O,R)}$	$A_{ground}$	$\Delta_{ground(S,D)}$	$\Delta_{ground(O,R)}$
$\bar{G}_w$	$G'_{path}$			$G_{path}$		
$\bar{G}_m$	$G'_{path}$			$G_{path}$		

Berekeningen in homogene omstandigheden

De demping door het grondeffect in homogene omstandigheden wordt berekend op basis van de volgende vergelijkingen:

indien  $G_{path} \neq 0$  of  $G'_{path} \neq 0$

$$A_{ground,H} = \max \left( -10 \log \left[ 4 \frac{k^2}{d_p^2} \left( z_s^2 - \sqrt{\frac{2C_f}{k} z_s + \frac{C_f}{k}} \right) \left( z_r^2 - \sqrt{\frac{2C_f}{k} z_r + \frac{C_f}{k}} \right) \right], A_{ground,H,min} \right) \quad (2.5.15)$$

waarbij

$$k = \frac{2\pi f_m}{c}$$

$f_m$  de nominale middenfrequentie is van de frequentieband in kwestie, in Hz,  $c$  de snelheid van het geluid in de lucht is, gelijk aan 340 m/s, en  $C_f$  wordt bepaald door:

$$C_f = d_p \frac{1 + 3w d_p e^{-\sqrt{w} d_p}}{1 + w d_p} \quad (2.5.16)$$

waarbij de waarden van  $w$  worden verkregen door de onderstaande vergelijking:

$$w = 0,0185 \frac{f_m^{2,5} G_w^{-2,6}}{f_m^{1,5} G_w^{-2,6} + 1,3 \cdot 10^3 f_m^{0,75} G_w^{-1,3} + 1,16 \cdot 10^6} \quad (2.5.17)$$

$\bar{G}_w$  kan gelijk zijn aan  $G_{path}$  of  $G'_{path}$ , afhankelijk van het feit of het grondeffect met of zonder diffractie wordt berekend, en volgens de aard van de grond onder de bron (werkelijke of afgebogen bron). Dit wordt in de volgende subsecties vermeld en is in tabel 2.5.b.d samengevat.

$$A_{ground,H,min} = -3(1 - \bar{G}_m \bar{G}_{max}) \quad (2.5.18)$$

is de ondergrens van  $A_{ground,H}$ .

Voor een pad ( $S_p, R$ ) in homogene omstandigheden zonder diffractie:

$$\bar{G}_w = G'_{path}$$

$$\bar{G}_m = G'_{path}$$

Met diffractie, raadpleeg de sectie over diffractie voor de definities van  $\bar{G}_w$  en  $\bar{G}_m$ .

indien  $G_{path} = 0$ :  $A_{ground,H} = A_{ground} = -3$  dB

De term  $-3(1 - \bar{G}_m \bar{G}_{max})$  houdt rekening met het feit dat wanneer de bron en het waarneempunt ver van elkaar liggen, het eerste reflectievlak zich niet langer op het platform maar op natuurlijke grond bevindt.



Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

*Berekening in gunstige omstandigheden*

Het grondeffect in gunstige omstandigheden wordt berekend met de vergelijking van  $A_{ground,H}$ , mits de volgende wijzigingen worden gemaakt:

Indien  $G_{path} \neq 0$

- a) In de vergelijking ~~van  $A_{ground,H}$~~  2.5.15 ( $A_{ground,H}$ ) worden de hoogten  $z_s$  en  $z_r$  vervangen door respectievelijk  $z_s + \delta z_s + \delta z_T$  en  $z_r + \delta z_r + \delta z_T$ , waarbij

$$\begin{cases} \delta z_s = a_0 \left( \frac{z_s}{z_s + z_r} \right)^2 \frac{d_p^2}{2} \\ \delta z_r = a_0 \left( \frac{z_r}{z_s + z_r} \right)^2 \frac{d_p^2}{2} \end{cases} \quad (2.5.19)$$

$a_0 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1}$  is het omgekeerde van de kromtestraal

$$\delta z_T = 6 \cdot 10^{-3} \frac{d_p}{z_s + z_r}$$

- b) De ondergrens van  $A_{ground,F}$  (berekend met ongewijzigde hoogten) is afhankelijk van de geometrie van het pad:

$$A_{ground,F,min} = \begin{cases} -3(1 - \overline{G_m}) & \text{als } d_p \leq 30(z_s + z_r) \\ -3(1 - \overline{G_m}) + \left( 1 + 2 \left( 1 - \frac{30(z_s + z_r)}{d_p} \right) \right) & \text{anders} \end{cases} \quad (2.5.20)$$

Indien  $G_{path} = 0$ :  $A_{ground,F} = A_{ground,F,min}$

De hoogtecorrecties  $\delta z_s$  en  $\delta z_r$  brengen het effect van de afbuiging van de geluidstralen over.  $\delta z_T$  verdisconteert het effect van de turbulentie.

$\overline{G_m}$  kan ook gelijk zijn aan of  $G_{path}$  of  $G'_{path}$ , afhankelijk van het feit of het grondeffect met of zonder diffractie wordt berekend, en volgens de aard van de grond onder de bron (werkelijke of afgebogen bron). Dit wordt in de volgende subsecties nader bepaald.

Voor een pad ( $S, R$ ) in gunstige omstandigheden zonder diffractie:

$$\overline{G_w} = G_{path} \text{ in vergelijking (2.5.17)}$$

$$\overline{G_m} = G'_{path}$$

Met diffractie, raadpleeg de volgende sectie voor de definities van  $\overline{G_w}$  en  $\overline{G_m}$

*Diffractie*

Gewoonlijk wordt de diffractie aan de bovenkant van elk obstakel op het voortplantingspad onderzocht. Als het pad 'hoog genoeg' over de diffractierand loopt, kan  $A_{dif} = 0$  worden vastgesteld en een rechtstreeks zicht worden berekend, met name door de beoordeling van  $A_{ground}$ .

In de praktijk worden de volgende specificaties in aanmerking genomen in het unieke verticale vlak dat zowel de bron als het waarneempunt bevat (een uitvouwend Chinees kamerscherm in het geval van een traject met reflecties). De rechtstreekse straal van de bron naar het waarneempunt is een rechte lijn onder homogene voortplantingscondities en een gebogen lijn (boog waarvan de straal afhankelijk is van de lengte van de rechtstreekse straal) onder gunstige voortplantingscondities.

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Als de rechtstreekse straal niet is geblokkeerd, wordt voor elke rand D gezocht die het grootste padverschil  $\delta$  oplevert (de kleinste absolute waarde, omdat deze padverschillen negatief zijn).

DiffRACTIE wordt in aanmerking genomen als

- dit padverschil groter is dan  $-\lambda/20$ ; en

- als aan het "Rayleigh criterium" is voldaan.

Dit is het geval als  $\delta$  groter is dan  $\lambda/4 - \delta^*$ , waarbij  $\delta^*$  het padverschil is dat met deze zelfde rand D is berekend, maar gerelateerd is aan de gespiegelde bron  $S^*$  berekend met het gemiddelde grondvlak aan de bronkant en aan het gespiegelde waarneempunt  $R^*$  berekend met het gemiddelde grondvlak aan de waarneemkant. Om  $\delta^*$  te berekenen worden alleen de punten  $S^*$ , D en  $R^*$  in aanmerking genomen – andere randen die het pad  $S^* \rightarrow D \rightarrow R^*$  blokkeren, worden verwaarloosd. Voor de bovenstaande overwegingen wordt de golflengte  $\lambda$  berekend met behulp van de nominale middenfrequentie van de frequentieband het padverschil  $\delta$  vergeleken met de hoeveelheid  $-\lambda/20$ . Als een obstakel geen diffractie produceert, wat bijvoorbeeld volgens het criterium van Rayleigh wordt bepaald, hoeft  $A_{diff}$  niet voor de frequentieband in kwestie te worden berekend. Met andere woorden, in dit geval geldt dat  $A_{diff} = 0$ . Anders wordt  $A_{diff}$  en een geluidssnelheid van 340 m/s.

Als aan deze twee voorwaarden is voldaan, wordt de bronkant door rand D van de waarneemkant gescheiden, worden twee afzonderlijke gemiddelde grondvlakken berekend en wordt  $A_{diff}$  berekend zoals beschreven in de rest van dit deel. Anders wordt voor dit pad geen demping door diffractie overwogen, wordt een gemeenschappelijk gemiddeld grondvlak voor het pad  $S \rightarrow R$  berekend, en  $A_{ground}$  zonder diffractie ( $A_{diff} = 0$  dB) berekend. Deze regel geldt in zowel in homogene als in gunstige omstandigheden, voor zowel enkele als meervoudige diffractie.

Wanneer voor een specifieke frequentieband een berekening volgens de in deze sectie beschreven procedure wordt gemaakt, wordt  $A_{ground}$  vastgesteld als gelijk te zijn aan 0 dB voor de berekening van de totale demping. Het grondeffect wordt rechtstreeks in de vergelijking van de algemene diffractieberekening in aanmerking genomen.

De hier voorgestelde vergelijkingen worden gebruikt om de diffractie op dunne schermen, dikke schermen, gebouwen, bermen (natuurlijke of kunstmatige) en door de randen van dijken, ingravingen en viaducten te verwerken.

Wanneer verscheidene diffractie-obstakels op een voortplantingspad worden aangetroffen, worden ze behandeld als een meervoudige diffractie door toepassing van de procedure die in de volgende sectie over de berekening van het padverschil wordt beschreven.

De hier gepresenteerde procedures worden voor de berekening van dempingen in zowel homogene als gunstige omstandigheden gebruikt. Bij de berekening van het padverschil en voor de berekening van de grondeffecten voor en na diffractie wordt rekening gehouden met straalbuiging.

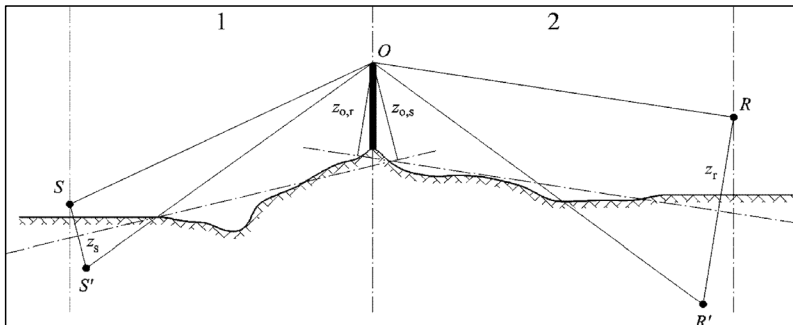
### Algemene beginselen

Figuur 2.5.c illustreert de algemene methode voor berekening van de demping door diffractie. Deze methode is gebaseerd op het opsplitsen van het voortplantingspad in twee delen: het pad van de 'bronkant', gelegen tussen de bron en het diffractiepunt, en het pad van 'waarneemkant', gelegen tussen het diffractiepunt en het waarneempunt.

Het volgende wordt berekend:

- een grondeffect, bronkant,  $\Delta_{ground}(S,O)$
- een grondeffect, waarneemkant,  $\Delta_{ground}(O,R)$
- en drie diffracties:
  - tussen de bron S en het waarneempunt R:  $\Delta_{diff}(S,R)$
  - tussen de spiegelbron  $S^*$  en R:  $\Delta_{diff}(S^*,R)$
  - tussen S en de spiegelontvanger  $R'$ :  $\Delta_{diff}(S,R')$ .

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen



Figuur 2.5.c, Geometrie van een berekening van de demping door diffractie

1: Bronkant

2: Waarneemkant

waarbij:

$S$  de bron is;

$R$  het waarneempunt is;

$S'$  de spiegelbron is in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de bronkant;

$R'$  de spiegelontvanger is in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de waarneemkant;

$O$  het diffractiepunt is;

$z_s$  de equivalente hoogte is van de bron  $S$  in verhouding tot het gemiddelde vlak aan de bronkant;

$z_{o,s}$  de equivalente hoogte is van het diffractiepunt  $O$  in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de bronkant;

$z_r$  de equivalente hoogte is van het waarneempunt  $R$  in verhouding tot het gemiddelde vlak aan de waarneemkant;

$z_{o,r}$  de equivalente hoogte is van het diffractiepunt  $O$  in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de waarneemkant.

De onregelmatigheid van de grond tussen de bron en het diffractiepunt en tussen het diffractiepunt en het waarneempunt wordt in aanmerking genomen door middel van equivalente hoogten berekend in verhouding tot het gemiddelde grondvlak, eerst de bronkant en vervolgens de waarneemkant (twee gemiddelde grondvlakken), volgens de methode beschreven in de subsectie over aanmerkelijke hoogten boven de grond (figuur 2.5.a).

*Zuivere diffractie*

Voor zuivere diffractie, zonder grondeffecten, wordt de demping verkregen door:

$$\Delta_{diff} = \begin{cases} 10 \lg \left( 3 + \frac{40}{\lambda} C'' \delta \right) & \text{als } \frac{40}{\lambda} C'' \delta \geq -2 \\ 0 & \text{anders} \end{cases} \quad (2.5.21)$$

$\lambda$  de golflengte is op de nominale middenfrequentie van de frequentieband in kwestie;

$\delta$  het padverschil is tussen het gebogen pad en het rechtstreekse pad (zie de volgende subsectie over de berekening van het padverschil);

$C''$  een coëfficiënt is die wordt gebruikt om rekening te houden met meervoudige diffracties:

$C'' = 1$  voor een enkele diffractie.

Voor meervoudige diffractie, indien  $e$  de totale afstand langs het pad is, ~~01 tot 02 + 02 tot 03 + 03 tot 04~~ van de 'elastiekmethode', (zie figuren 2.5.d tussen het eerste en 2.5.f het laatste diffractiepunt (gebruik bij gunstige omstandigheden gebogen stralen) en als  $e$  hoger is dan 0,3 m (anders geldt  $C'' = 1$ ), wordt deze coëfficiënt gedefinieerd door:

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$$c'' = \frac{1 + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2}{\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2} \quad (2.5.22)$$

De waarden van  $\Delta_{dif}$  worden vastgelegd:

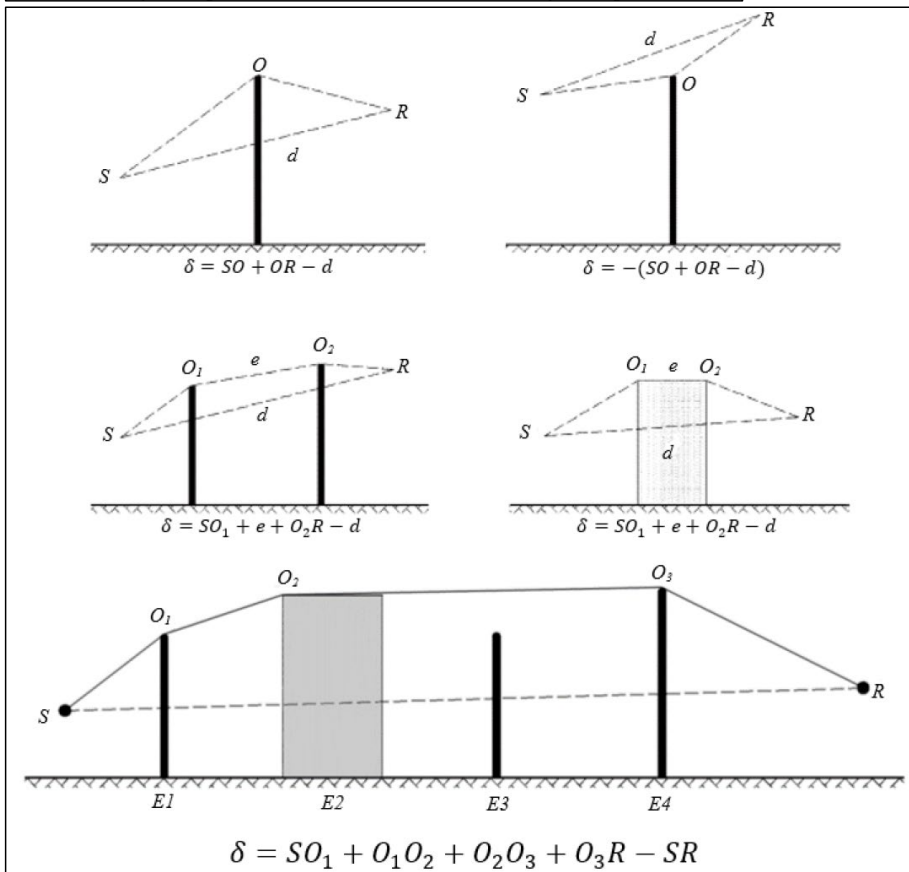
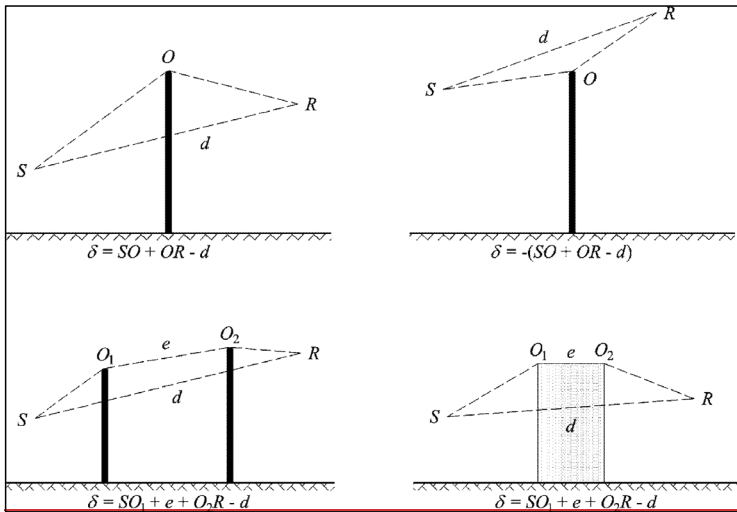
- indien  $\Delta_{dif} < 0$ :  $\Delta_{dif} = 0$  dB
- indien  $\Delta_{dif} > 25$ :  $\Delta_{dif} = 25$  dB voor een diffractie op een horizontale rand en alleen op de term  $\Delta_{dif}$  die in de berekening van  $A_{dif}$  voorkomt. Deze bovengrens wordt niet toegepast in de  $\Delta_{dif}$ -termen die in de berekening van  $\Delta_{ground}$  **interveniëren gebruikt worden**, of voor een diffractie op een verticale rand (laterale diffractie) in het geval van kartering van industrielawaai.

### *Berekening van het padverschil*

Het padverschil  $\delta$  wordt berekend in een verticaal vlak dat de bron en het waarneempunt bevat. Dit is een benadering met betrekking tot het beginsel van Fermat. De benadering blijft hier van toepassing (bronlijnen). Het padverschil  $\delta$  wordt zoals in de volgende figuren berekend, op basis van de aangetroffen situaties.

### *Homogene omstandigheden*

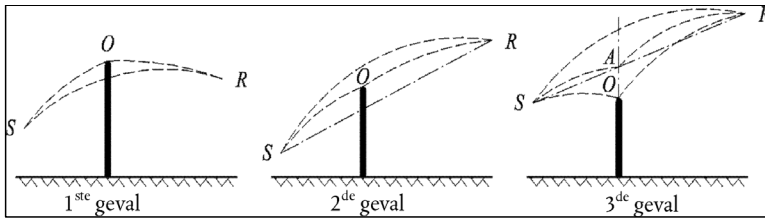
Omgevingsregeling - werkversie - bijlagen



Figuur 2.5.d, Berekening van het padverschil in homogene omstandigheden.  $O$ ,  $O_1$ ,  $O_2$  en  $O_3$  zijn de diffractiepunten

Opmerking: voor elke configuratie wordt de uitdrukking van  $\delta$  gegeven.

Gunstige omstandigheden



Figuur 2.5.e, Berekening van het padverschil in gunstige omstandigheden (enkele diffractie)

In gunstige omstandigheden wordt in aanmerking genomen dat de drie gebogen geluidsstralen  $\widehat{SO-OR}$ ,  $\widehat{SO, OR}$  en  $\widehat{SR}$  een identieke kromtestraal  $\Gamma$  hebben, gedefinieerd door:

$$\Gamma = \max \Gamma = \max(1-0,000,8d) \quad (2.5.23)$$

Waarbij  $d$  wordt gedefinieerd door de 3D-afstand tussen de bron en het waarneempunt van het opgevouwen pad.

De lengte van de kromming van een geluidsstraal  $MN$  wordt in gunstige omstandigheden aangeduid als  $\widehat{MN}$ . Deze lengte is gelijk aan:

$$\widehat{MN} = 2 \Gamma \arcsin\left(\frac{MN}{2\Gamma}\right) \quad (2.5.24)$$

In beginsel dienen drie scenario's in aanmerking te worden genomen in de berekening van het padverschil in gunstige omstandigheden  $\delta_F$  (zie figuur 2.5.e). In de praktijk volstaan twee vergelijkingen:

als de rechte geluidstraal  $SR$  door het obstakel (1e en 2e geval in figuur 2.5.e) wordt gemaskeerd:

$$\delta_F = \widehat{SO} + \widehat{OR} - \widehat{SR} \quad (2.5.25)$$

als de rechte geluidstraal  $SR$  niet door het obstakel (3e geval in figuur 2.5.e) wordt gemaskeerd:

$$\delta_F = 2\widehat{SA} + 2\widehat{AR} - \widehat{SO} - \widehat{OR} - \widehat{SR} \quad (2.5.26)$$

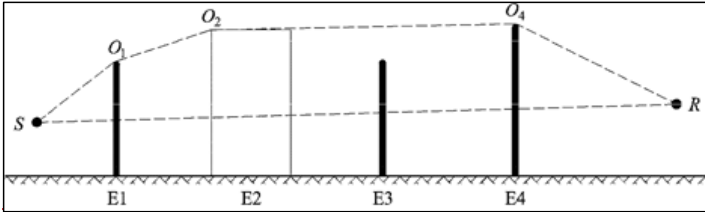
waarbij  $A$  het snijpunt van de rechte geluidstraal  $SR$  en het verlengde van het diffractie veroorzakende obstakel is.

Voor de meervoudige diffracties in gunstige omstandigheden:

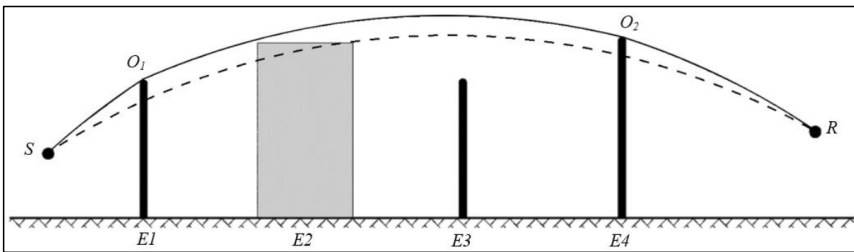
- bepaal het convexe omhulsel gedefinieerd door de verschillende mogelijke diffractieranden;
- elimineer de diffractieranden die zich niet op de grens van het convexe omhulsel bevinden;
- bereken  $\delta_F$  op basis van de lengten van de gebogen geluidsstraal door het gebogen pad in net zo veel gebogen segmenten te verdelen als er nodig zijn (zie figuur 2.5.f)

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

$$\delta_F = \hat{S}O + \sum_{i=1}^{n-1} O_i \hat{O}_{i+1} + \hat{O}_n R - \hat{S}R \quad (2.5.27)$$



Onder gunstige omstandigheden bestaat het voortplantingspad in het verticale voortplantingsvlak altijd uit segmenten van een cirkel waarvan de straal wordt verkregen door de 3D-afstand tussen de bron en het waarneempunt, d.w.z. alle segmenten van een voortplantingspad hebben dezelfde kromtestraal. Als de directe-boogverbinding tussen de bron en het waarneempunt geblokkeerd is, wordt het voortplantingspad gedefinieerd als de kortste convexe combinatie van bogen die alle obstakels omhult. Convex betekent in dit verband dat op elk diffractiepunt het uitgaande straalsegment naar beneden wordt afgebogen ten opzichte van het inkomende straalsegment.



Figuur 2.5.f, Voorbeeld van berekening van het padverschil in gunstige omstandigheden, in het geval van meervoudige diffracties

In het scenario dat in figuur 2.5.f wordt afgebeeld is het padverschil:

$$\delta_F = \hat{S}O_1 + O_1 \hat{O}_2 + O_2 \hat{O}_4 + \hat{O}_4 R - \hat{S}R \quad (2.5.28)$$

**Berekening van de demping  $A_{dif}$**

De demping door diffractie, waarbij de grondeffecten aan de bronkant en waarneemkant in aanmerking worden genomen, wordt berekend op basis van de volgende algemene vergelijkingen:

$$A_{dif} = \Delta_{dif(S,R)} + \Delta_{ground(S,O)} + \Delta_{ground(O_n,R)} \quad (2.5.29)$$

waarbij:

- $\Delta_{dif(S,R)}$  de demping is door de diffractie tussen de bron S en het waarneempunt R,
- $\Delta_{ground(S,O)}$  de demping is door het grondeffect aan de bronkant, gewogen door de diffractie aan de bronkant. Daarbij wordt er van uitgegaan dat  $O = O_1$  in het geval van meervoudige diffracties zoals in figuur 2.5.f,
- $\Delta_{ground(O_n,R)}$  de demping is door het grondeffect aan de waarneemkant, gewogen door de diffractie aan de waarneemkant (zie de volgende subsectie over de berekening van de term  $\Delta_{ground(O_n,R)}$ ).

**Berekening van de term  $\Delta_{ground(S,O)}$**

### Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$$\Delta_{ground(S,O)} = -20 \times \lg \left( 1 + \left( 10^{-A_{ground(S,O)}/20} - 1 \right) \cdot 10^{-\left( \Delta_{dif(S,R)} - \Delta_{dif(S,R)} \right) / 20} \right) \quad (2.5.30)$$

waarbij:

- $A_{ground(S,O)}$  de demping is door het grondeffect tussen de bron S en het diffractiepunt O. Deze term wordt berekend zoals aangegeven in de vorige subsectie over berekeningen in homogene omstandigheden en in de vorige subsectie over berekening in gunstige omstandigheden, met de volgende hypothesen:
  - $Z_r = Z_{o,s}$ ,
  - $G_{path}$  tussen S en O wordt berekend,
  - In homogene omstandigheden:  $\bar{G}_w = G'_{path}$  in vergelijking (2.5.17),  $\bar{G}_m = G'_{path}$  in vergelijking (2.5.18),
  - In gunstige omstandigheden:  $\bar{G}_w = G_{path}$  in vergelijking (2.5.17),  $\bar{G}_m = G'_{path}$  in vergelijking (2.5.20),
  - ~~$\Delta_{dif(S,R)}$~~   $\Delta_{dif(S,R)}$  is de demping ~~is~~ door de diffractie tussen de spiegelbron S' en R, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie,
  - $\Delta_{dif(S,R)}$  is de demping ~~is~~ door de diffractie tussen S en R, berekend als bij in de vorige subsectie over zuivere diffractie.

In het bijzondere geval dat de bron onder het gemiddelde grondvlak ligt:  $\Delta_{dif(S,R)} = \Delta_{dif(S,R)}$  en  $\Delta_{ground(S,O)} = A_{ground(S,O)}$ .

Berekening van de term  $\Delta_{ground(O,R)}$

$$\Delta_{ground(O,R)} = -20 \times \lg \left( 1 + \left( 10^{-A_{ground(O,R)}/20} - 1 \right) \cdot 10^{-\left( \Delta_{dif(S,R)} - \Delta_{dif(S,R)} \right) / 20} \right) \quad (2.5.31)$$

waarbij:

- $A_{ground(O,R)}$  de demping is door het grondeffect tussen het diffractiepunt O en het waarneempunt R. Deze term wordt berekend zoals aangegeven in de vorige subsectie over berekening in homogene omstandigheden en in de vorige subsectie over berekening in gunstige omstandigheden, met de volgende hypothesen:
  - $Z_s = Z_{o,r}$ ,
  - $G_{path}$  wordt berekend tussen O en R.

De correctie  $G'_{path}$  hoeft hier niet in aanmerking te worden genomen omdat de bron in kwestie het diffractiepunt is. Daarom wordt  $G_{path}$  wel in de berekening van grondeffecten gebruikt, inclusief voor de ondergrensterm van de vergelijking die dan  $-3(1 - G_{path})$  wordt.

- In homogene omstandigheden:  $\bar{G}_w = G_{path}$  in vergelijking (2.5.17),  $\bar{G}_m = G_{path}$  in vergelijking (2.5.18);
- In gunstige omstandigheden:  $\bar{G}_w = G_{path}$  in vergelijking (2.5.17),  $\bar{G}_m = G_{path}$  in vergelijking (2.5.20);
- $\Delta_{dif(S,R)}$  is de demping ~~is~~ door de diffractie tussen S en de spiegelontvanger R', berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie;
- $\Delta_{dif(S,R)}$  is de demping door de diffractie tussen S en R, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie.

#### Scenario's met verticale rand

Vergelijking (2.5.21) kan worden gebruikt voor de berekening van de diffracties op verticale randen (laterale diffracties) in het geval van industrielaawai. In dit geval wordt  $A_{dif} = \Delta_{dif(S,R)}$  weggenomen en blijft de term  $A_{ground}$  behouden. Bovendien worden  $A_{atm}$  en  $A_{ground}$  berekend op



## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

basis van de totale lengte van het voortplantingspad.  $A_{div}$  wordt nog steeds berekend vanaf de rechtstreekse afstand  $d$ . De vergelijkingen (2.5.8) en (2.5.6) worden respectievelijk:

$$A_H = A_{div} + A_{atm}^{path} + A_{ground,H}^{path} + \Delta_{dif,H(S,R)} \quad (2.5.32)$$

$$A_F = A_{div} + A_{atm}^{path} + A_{ground,F}^{path} + \Delta_{dif,H(S,R)} \quad (2.5.33)$$

Laterale diffractie wordt ~~wet~~ alleen in aanmerking genomen in gevallen waarin aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De bron is een echte puntbron – niet geproduceerd door segmentatie van een uitgebreide bron zoals een bronlijn of diffuse bron.
- De bron is geen gespiegelde bron die is geconstrueerd om een reflectie te berekenen.
- De rechtstreekse straal tussen de bron en het waarneempunt ligt volledig boven het terreinprofiel.
- In het verticale vlak met S en R is het padverschil  $\delta$  groter dan 0, d.w.z. de rechtstreekse straal wordt geblokkeerd. Daarom kan in sommige situaties laterale diffractie in aanmerking worden genomen onder homogene omstandigheden in vergelijking (2.5.33) gebruikt voortplantingscondities, maar niet onder gunstige voortplantingscondities.

Als aan al deze voorwaarden is voldaan, wordt naast het gebogen voortplantingspad in het verticale vlak met de bron en het waarneempunt rekening gehouden met maximaal twee lateraal gebogen voortplantingspaden. Het laterale vlak is gedefinieerd als het vlak dat loodrecht staat op het verticale vlak en ook de bron en het waarneempunt bevat. De snijvlakken met dit laterale vlak zijn opgebouwd uit alle obstakels die door de rechtstreekse straal van de bron naar het waarneempunt worden doorsneden. In het laterale vlak bepaalt de kortste convexe verbinding tussen de bron en het waarneempunt, bestaande uit rechthoekige segmenten en die deze snijvlakken omvat, de verticale randen die in aanmerking worden genomen bij de constructie van het lateraal gebogen voortplantingspad.

Om de demping door het grondeffect voor een lateraal gebogen voortplantingspad te berekenen, wordt het gemiddelde grondvlak tussen de bron en het waarneempunt berekend, rekening houdend met het grondprofiel dat verticaal onder het voortplantingspad ligt. Als in de projectie op een horizontaal vlak een lateraal voortplantingspad de projectie van een gebouw doorsnijdt, wordt dit in aanmerking genomen in de berekening van  $G_{path}$  (meestal met  $G = 0$ ) en in de berekening van het gemiddelde grondvlak met de verticale hoogte van het gebouw.

### Reflecties op verticale obstakels

#### Demping door absorptie

De reflecties op verticale obstakels worden door middel van spiegelbronnen behandeld. Reflecties op gevels van gebouwen en geluidweringen worden dus op deze wijze behandeld.

Een obstakel wordt als verticaal beschouwd indien de helling ervan in verhouding tot de verticaal minder dan 15° is.

Bij de behandeling van reflecties op objecten waarvan de helling ten opzichte van de verticaal meer dan of gelijk aan 15° is, wordt het object buiten beschouwing gelaten.

Obstakels waarvan ten minste een dimensie minder dan 0,5 m is, worden bij de berekening van reflectie buiten beschouwing gelaten, met uitzondering van speciale configuraties (5).

<sup>5</sup> Een netwerk van kleine obstakels in een vlak en op regelmatige intervallen vormt een voorbeeld van een bijzondere configuratie

## Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

Oppervlakken van objecten worden alleen als reflecterend beschouwd als ze minder dan 15° aflopen in verhouding tot de verticaal. Reflecties worden alleen in aanmerking genomen voor paden in het verticale voortplantingsvlak, dus niet voor lateraal gebogen paden. Voor de invallende en gereflecteerde paden, en in de veronderstelling dat het reflecterend oppervlak verticaal is, wordt het punt van reflectie (dat op het reflecterende object ligt) geconstrueerd met behulp van rechte lijnen onder homogene, en gebogen lijnen onder gunstige voortplantingscondities. De hoogte van het reflecterende object moet, gemeten door het punt van reflectie en gezien vanuit de richting van de invallende straal, ten minste 0,5 m bedragen. Na projectie op een horizontaal vlak moet de breedte van het reflecterende object, gemeten door het punt van reflectie en gezien vanuit de richting van de invallende straal, ten minste 0,5 m bedragen.

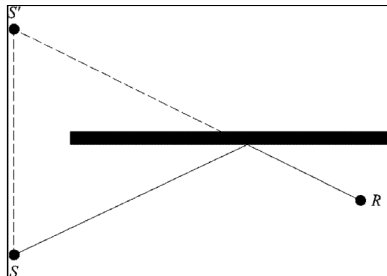
NB: reflecties op de grond worden hier niet behandeld. Deze worden bij de berekeningen van demping door de grens (grond, diffractie) in aanmerking genomen.

Als  $L_{WS}$  het vermogensniveau van de bron  $S$  is, en  $\alpha_r$  de absorptiecoëfficiënt van het oppervlak van het obstakel is zoals gedefinieerd door EN1793-1:2013, dan is het vermogensniveau van de spiegelbron  $S'$  gelijk aan:

$$L_{WS'} = L_{WS} + 10 \cdot \log(1 - \alpha_r) = L_{WS} + A_{refl} \quad (2.5.34)$$

waarbij  $0 \leq \alpha_r < 1$

De hierboven beschreven voortplantingsdempingen worden dan op dit pad (spiegelbron, waarneempunt) als voor een rechtstreeks pad toegepast.



Figuur 2.5.g, Spiegelende reflecties op een obstakel behandeld volgens de spiegelbronmethode ( $S$ : bron,  $S'$ : spiegelbron,  $R$ : waarneempunt)

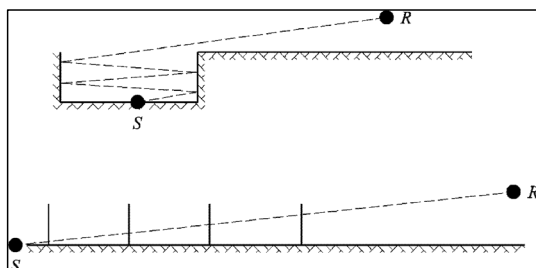
Demping door ~~retrodiffractie~~retro-diffractie

In het geometrische onderzoek van geluidspaden hangt het aandeel van de energie dat door een verticaal obstakel (muur, gebouw) wordt ~~weerkast~~gereflecteerd af van de afstand van het punt waar de straal aankomt tot de bovenste rand van het obstakel. Dit verlies van akoestische energie wanneer de straal wordt ~~weerkast~~gereflecteerd, wordt demping door retro-diffractie genoemd.

In het geval van mogelijk meerdere reflecties tussen twee verticale wanden wordt ten minste de eerste reflectie in aanmerking genomen.

Bij een open tunnelbak (zie bijvoorbeeld figuur 2.5.h) wordt de demping door retro-diffractie toegepast op elke reflectie op de steunmuren.

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen



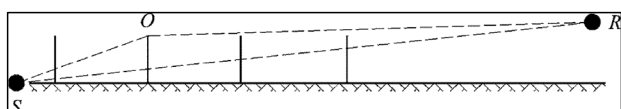
Figuur 2.5.h, Geluidsstraal die vier keer in een baan in een open tunnelbak wordt ~~weerkwaatsge~~reflecteerd: werkelijk dwarsprofiel (boven), opengevouwven dwarsdoorsnede (onder)

In deze afbeelding bereikt de geluidsstraal het waarneempunt 'door achtereenvolgens door de steunmuren van de open tunnelbak te gaan', die daarom met openingen kunnen worden vergeleken.

Bij de berekening van voortplanting door een opening is het geluidsveld op het waarneempunt de som van het directe veld en het door de randen van de opening gebogengediffracteerde veld. Dit gebogengediffracteerde veld zorgt voor de continuïteit van de overgang tussen het lichtegebied met direct zicht en het donkereschaduw gebied. Wanneer de straal de rand van de opening nadert, wordt het directe veld gedempt. De berekening is identiek aan die van de demping door een geluidsscherm in het vrije gebied.

Het padverschil  $\delta'$  in verband met elke retro-diffractie is het tegenovergestelde van het padverschil tussen  $S$  en  $R$  relatief op elke bovenrand  $O$ , en dit in een weergave volgens een ingezette dwarsdoorsnede (zie figuur 2.5.i).

$$\delta' = -(SO + OR - SR) \quad (2.5.35)$$



Figuur 2.5.i, Het padverschil voor de tweede reflectie

Het 'min'-teken van vergelijking (2.5.35) betekent dat het waarneempunt hier in het lichte gebied met direct zicht in aanmerking wordt genomen.

Demping via retro-diffractie  $\Delta_{retrodif}$  wordt verkregen met behulp van vergelijking (2.5.36), die lijkt op vergelijking (2.5.21) met bewerkte notaties.

$$\Delta_{retrodif} = \begin{cases} 10 \cdot \lg \left( 3 + \frac{40}{\lambda} \delta' \right) & \text{als } \frac{40}{\lambda} \delta' \geq -2 \\ 0 & \text{anders} \end{cases} \quad (2.5.36)$$

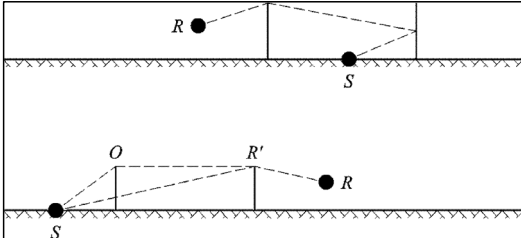
Deze demping wordt toegepast op de rechtstreekse straal telkens wanneer die 'door' een muur of gebouw gaat (reflecteert). Het vermogensniveau van de beeldspiegel bron  $S'$  wordt dus:

$$L_{W'} = L_W + 10 \cdot \lg(1 - \alpha_r) - \Delta_{retrodif} \quad (2.5.37)$$

In complexe voortplantingsconfiguraties kunnen diffracties tussen reflecties of tussen het waarneempunt en de reflecties bestaan. In dit geval wordt de retro-diffractie door de wanden geschat door het pad tussen de bron en het eerste diffractiepunt  $R'$  (dat derhalve in vergelijking

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen

(2.5.35) als het waarneempunt wordt beschouwd) in aanmerking te nemen. Dit beginsel wordt weergegeven in figuur 2.5.j.



Figuur 2.5.j, Het padverschil in de aanwezigheid van een diffractie: werkelijke dwarsdoorsnede (boven), opgevouwen dwarsdoorsnede (onder)

In het geval van meerdere reflecties worden de reflecties door elke individuele reflectie toegevoegd.

Wanneer er een reflecterend geluidsscherm of reflecterend obstakel in de buurt van het spoor is, worden de geluidsstralen van de bron achtereenvolgens gereflecteerd door dit obstakel en door het zijvlak van het spoorvoertuig. Onder deze omstandigheden gaan de geluidsstralen tussen het obstakel en de carrosserie van het spoorvoertuig door voordat ze van de bovenrand van het obstakel worden afgebogen.

Om rekening te houden met meerdere reflecties tussen een spoorwegvoertuig en een nabijgelegen obstakel, wordt het geluidsvermogen van een enkele equivalente bron berekend. In deze berekening worden grondeffecten genegeerd.

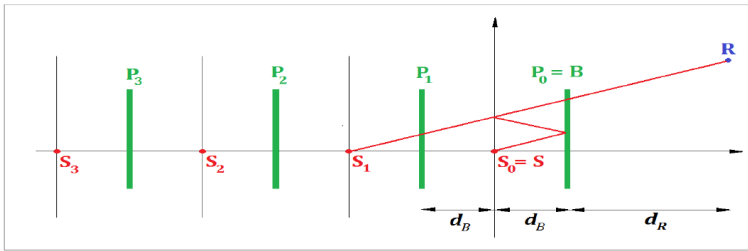
Voor het afleiden van het geluidsvermogen van de equivalente bron gelden de volgende definities:

- De oorsprong van het coördinatensysteem is de linker railkop
- Een echte bron bevindt zich op S ( $d_s=0, h_s$ ), waarbij  $h_s$  de hoogte van de bron ten opzichte van de railkop is
- Het vlak  $h=0$  definieert de carrosserie van het voertuig
- Een verticaal obstakel met de bovenkant bij B ( $d_B, h_B$ )
- Een waarneempunt dat zich bevindt op een afstand  $d_R > 0$  achter het obstakel waar R de coördinaten ( $d_B+d_R, h_R$ ) heeft

De binnenzijde van het obstakel heeft absorptiecoëfficiënten  $\alpha(f)$  per octaafband. De carrosserie van het spoorvoertuig heeft een equivalente reflectiecoëfficiënt  $C_{ref}$ . Normaal gesproken is  $C_{ref}$  gelijk aan 1. Alleen in het geval van open, platte goederenwagens kan een waarde van 0 worden gebruikt. Als  $d_B > 5h_B$  of  $\alpha(f) > 0,8$  is, wordt er geen rekening gehouden met de interactie van de trein en het scherm.

In deze configuratie kunnen meerdere reflecties tussen de carrosserie van het spoorvoertuig en het obstakel worden berekend met behulp van spiegelbronnen die zich op  $S_n(d_n = -2n \cdot d_B, h_n = h_s)$ ,  $n=0,1,2,\dots,N$  bevinden; zoals weergegeven in figuur 2.5.k.

Omgevingsregeling – werkversie – bijlagen



figuur 2.5.k. Weergave van de modellering meervoudige reflecties tussen trein en geluidscherm.

Het geluidsvermogen van de equivalente bron wordt uitgedrukt door:

$$L_{W,eq} = 10 \lg \left( \sum_{n=0}^N 10^{L_{W,n}/10} \right) \quad (2.5.38)$$

Waar het geluidsvermogen van de gedeeltelijke bronnen wordt verkregen door:

$$L_{W,n} = L_W + \Delta L_{geo,n} + \Delta L_{dif,n} + \Delta L_{abs,n} + \Delta L_{ref,n} + \Delta L_{retrodif,n} \quad (2.5.39)$$

Met:

- $L_W$  het geluidsvermogen van de echte bron
- $\Delta L_{geo,n}$  een correctieterm voor geometrische uitbreiding
- $\Delta L_{dif,n}$  een correctieterm voor diffractie door de bovenkant van het obstakel
- $\Delta L_{abs,n}$  een correctieterm voor de absorptie aan de binnenzijde van het obstakel
- $\Delta L_{ref,n}$  een correctieterm voor de reflectie van de carrosserie van het spoorvoertuig
- $\Delta L_{retrodif,n}$  een correctieterm voor de eindige hoogte van het obstakel als een reflecterend object

De correctie voor geometrische uitbreiding wordt verkregen door

$$\Delta L_{geo,n} = 20 \lg \left( \frac{r_0}{r_n} \right) \quad (2.5.40)$$

$$r_n = |S_n R| = \sqrt{(d_n - (d_b + d_R))^2 + (h_n - h_R)^2} \quad (2.5.41)$$

De correctie voor diffractie door de bovenkant van het obstakel wordt verkregen door (2.5.42):

$$\Delta L_{dif,n} = D_0 - D_n \quad (2.5.42)$$

Waarbij  $D_n$  de demping door diffractie is, berekend met formule (2.5.21) waarin  $C'' = 1$  voor het pad dat de bron  $S_n$  verbindt met het waarneempunt R, rekening houdend met diffractie aan de bovenkant van het obstakel B:

$$\delta_n = \pm (|S_n B| + |BR| - |S_n R|) \quad (2.5.43)$$

De correctie voor absorptie aan de binnenzijde van het obstakel wordt verkregen door:

$$\Delta L_{abs,n} = 10 \cdot n \cdot \lg(1 - \alpha) \quad (2.5.44)$$

De correctie voor de reflectie van de carrosserie van het spoorvoertuig wordt verkregen door:

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

$$\Delta L_{ref,n} = 10 \cdot n \cdot \lg(C_{ref}) \quad (2.5.45)$$

De correctie voor de eindige hoogte van het reflecterend obstakel wordt door middel van retro-diffractie in aanmerking genomen. Het straalpad dat overeenkomt met een afbeelding in de orde van  $N > 0$  wordt  $n$  maal gereflecteerd door het obstakel. In de dwarsdoorsnede vinden deze reflecties plaats op de afstanden  $d_i = -(2i - q)d_b, i = 1, 2, \dots, n$ . Met  $P_i (d = d_i, h = h_b), i = 1, 2, \dots, n$  als de bovenkant van deze reflecterende oppervlakken. Op elk van deze punten wordt een correctieterm berekend als:

$$\Delta L_{retrodif,n} = \begin{cases} -\sum_{i=1}^n \Delta L_{retrodif,n,i} & \text{als } n > 0 \\ 0 & \text{als } n = 0 \end{cases} \quad (2.5.46)$$

Waarbij  $\Delta L_{retrodif,n,i}$  wordt berekend voor een bron op positie  $S_n$ , de bovenkant van een obstakel op  $P_i$  en een waarneempunt op positie  $R'$ . De positie van het equivalente waarneempunt  $R'$  wordt verkregen door  $R'=R$  als het waarneempunt zich boven de zichtlijn van  $S_n$  van naar  $B$  bevindt; anders wordt de positie van het equivalente waarneempunt ingenomen op de zichtlijn verticaal boven het echte waarneempunt; dat zijn

$$d_{R'} = d_R \quad (2.5.47)$$

$$h_{R'} = \max \left( h_R, h_B \frac{d_B + d_R - d_n}{d_B - d_n} \right) \quad (2.5.48)$$

## **2.6 ~~Geluidsniveau en bevolking aan gebouwen toewijzen~~ Blootstelling aan lawaai**

### Bepaling van het aan lawaai blootgestelde gebied

De beoordeling van het aan lawaai blootgestelde gebied is gebaseerd op geluidsbeoordelingspunten op 4 m ± 0,2 m boven de grond, die overeenkomen met de in hoofdstuk 2.5 gedefinieerde waarneempunten, berekend op een raster voor afzonderlijke bronnen.

Voor de rasterpunten die zich binnen een gebouw bevinden wordt een geluidniveau toegekend dat gelijk is aan dat van de stilste nabijgelegen geluidswaarneempunt buiten dat gebouw.

Afhankelijk van de rasterresolutie wordt aan elk berekeningspunt in het raster het bijbehorende oppervlak toegewezen. Bijvoorbeeld, met een raster van 10 m x 10 m vertegenwoordigt elk beoordelingspunt een oppervlakte van 100 vierkante meter die wordt blootgesteld aan het berekende geluidsniveau.

### Toewijzing van geluidsbeoordelingspunten aan gebouwen die geen woningen bevatten

De beoordeling van de blootstelling aan lawaai van gebouwen die geen woningen bevatten, zoals scholen en ziekenhuizen, is gebaseerd op geluidsbeoordelingspunten op 4 m ± 0,2 m boven de grond, die overeenkomen met de in 2.5 bepaalde waarneempunten.

Voor de beoordeling van gebouwen die geen woningen bevatten worden de waarneempunten op ongeveer 0,1 m vóór de gevels van de gebouwen geplaatst. Reflecties van de desbetreffende gevel wordt bij de berekening buiten beschouwing gelaten. Het gebouw wordt vervolgens in verband gebracht met het waarneempunt op de gevels met de hoogste geluidsbelasting.

### Bepaling van de geluidsbelasting waaraan woningen en bewoners worden blootgesteld

Voor de beoordeling van geluidsbelasting van de bevolking worden alleen woongebouwen in aanmerking genomen. Er worden geen personen toegewezen aan andere gebouwen die niet als woning worden gebruikt, zoals scholen, ziekenhuizen, kantoorgebouwen of fabrieken. ~~De toewijzing van de bevolking aan de woongebouwen berust op de meest recente officiële gegevens (afhankelijk van de desbetreffende regelingen van de lidstaat).~~

### Bepaling van het aantal inwoners van een gebouw

Het aantal inwoners per wooneenheid is gelijk aan de 'gemiddelde huishoudensgrootte' volgens de meest recente publicatie van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Het aantal inwoners per gebouw is de som van het aantal inwoners van alle wooneenheden in het gebouw.

### Toekenning van waarneempunten aan gevels van gebouwen

~~De beoordeling van de geluidsbelasting van de bevolking is gebaseerd op waarneempunten op 4 m hoogte boven het terreinniveau vóór de gevels van woongebouwen.~~

~~Voor de berekening van het aantal inwoners wordt hetzij de volgende geval 1-procedure, hetzij de geval 2-procedure voor geluidsbronnen op de grond gebruikt.~~

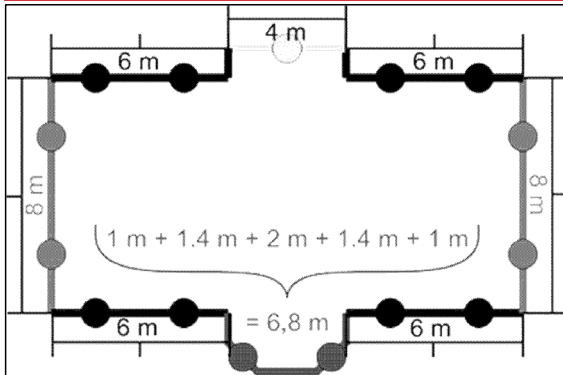
### Toewijzing van geluidsbeoordelingspunten aan woningen en bewoners

De beoordeling van de blootstelling aan geluidsbelasting van woningen en bewoners is gebaseerd op geluidsbeoordelingspunten op 4 m ± 0,2 m boven de grond, die overeenkomen met de in hoofdstuk 2.5, gedefinieerde waarneempunten.

Om voor de geluidsbronnen wegen, spoorwegen en industrie het aantal woningen en bewoners te berekenen, worden waarneempunten op ongeveer 0,1 m vóór de gevels van woongebouwen geplaatst. Reflecties van de desbetreffende gevel worden bij de berekening buiten beschouwing gelaten. Voor het plaatsen van de waarneempunten wordt een van de onderstaande twee procedures gebruikt.

**GEVAL 1**

**Geval 1: gevels die in regelmatige intervallen zijn verdeeld op elke gevel**

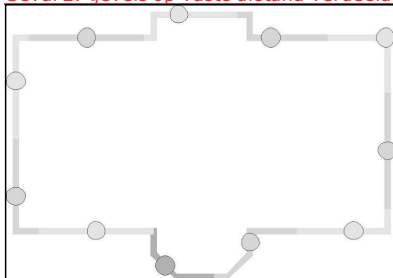


Figuur 2.6.a, Voorbeeld van waarneemlocaties in de omgeving van een gebouw volgens de **GEVALgeval-1-procedure**

- a) Segmenten van meer dan 5 m lengte worden verdeeld in regelmatige intervallen met de langst mogelijke lengte, maar minder dan of gelijk aan 5 m. Waarneempunten worden in het midden van elk regelmatig interval geplaatst.
- b) Overige segmenten van meer dan 2,5 m lengte worden door één waarneempunt in het midden van elk segment weergegeven.
- c) Overige aangrenzende segmenten met een totale lengte van meer dan 5 m worden als polylijn-objecten behandeld op een wijze die vergelijkbaar is met die welke in a) en b) wordt beschreven.
- d) Het aantal aan een waarneempunt toegekende inwoners wordt gewogen door de lengte van de weergegeven gevel zodat de som over alle waarneempunten het totale aantal inwoners vertegenwoordigt.
- e) Alleen voor gebouwen met een woonoppervlak dat op een enkele woning per verdieping duidt, wordt het geluidsniveau van de meest blootgestelde gevel rechtstreeks voor de statistieken en met betrekking tot het aantal inwoners gebruikt.

**GEVAL 2**

**Geval 2: gevels op vaste afstand verdeeld van het begin van de veelhoek**



Figuur 2.6.b, Voorbeeld van waarneemlocaties in de omgeving van een gebouw volgens de **GEVALgeval-2-procedure**

- a) Gevels worden afzonderlijk beschouwd of vanaf de startpositie om de 5 m verdeeld, waarbij een waarneempositie halverwege de gevel of het 5 m-segment wordt geplaatst.



## Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen

b) Het waarneempunt van het resterende deel bevindt zich in het middelpunt daarvan. Het aantal aan een waarneempunt toegekende inwoners wordt gewogen door de lengte van de weergegeven gevel zodat de som over alle waarneempunten het totale aantal inwoners vertegenwoordigt.

Alleen voor gebouwen met een woonoppervlak dat op een enkele woning per verdieping duidt, wordt het geluidsniveau van de meest blootgestelde gevel rechtstreeks voor de statistieken en met betrekking tot het aantal inwoners gebruikt.

### Toewijzing van woningen en bewoners aan waarneempunten

Wanneer informatie over de locatie van woningen binnen de voetafdruk van het gebouw beschikbaar is, worden die woningen en bewoners toegewezen aan het waarneempunt op de meest blootgestelde gevel van die woning. Het kan hierbij bijvoorbeeld gaan om vrijstaande woningen, twee-onder-een-kap- en terraswoningen, of flatgebouwen, waarbij de interne indeling van het gebouw bekend is, of voor gebouwen met een vloeroppervlakte die een enkele woning per verdieping aan geeft, of voor gebouwen met een vloeroppervlakte en -hoogte die een enkele woning per gebouw aan geeft.

Wanneer er geen informatie beschikbaar is over de locatie van woningen binnen de voetafdruk van het gebouw, zoals hierboven uitgelegd, wordt een van de twee volgende methoden gebruikt om per gebouw de blootstelling aan lawaai van de woningen en de bewoners in de gebouwen te schatten.

a) Uit de beschikbare informatie blijkt dat de woningen in een flatgebouw zo zijn ingedeeld dat ze een enkele gevel hebben die aan lawaai wordt blootgesteld.

In dit geval wordt de toewijzing van het aantal woningen en bewoners aan waarneempunten gewogen op basis van de lengte van de vertegenwoordigde gevel volgens de procedure van geval 1 of geval 2, zodat de som van alle waarneempunten het totale aantal woningen en bewoners die aan het gebouw zijn toegewezen, vertegenwoordigt.

b) Uit de beschikbare informatie blijkt dat woningen in een flatgebouw zo zijn ingedeeld dat er meer dan een enkele gevel aan lawaai wordt blootgesteld, of dat er geen informatie beschikbaar is over het aantal gevels van de woningen dat aan lawaai wordt blootgesteld.

In dit geval wordt voor elk gebouw de reeks van bijbehorende waarneemlocaties verdeeld in een onderste en bovenste helft op basis van de mediaanwaarde<sup>6</sup> van de berekende beoordeelingsniveaus voor elk gebouw. In het geval van een oneven aantal waarneempunten wordt de procedure toegepast met uitzondering van de waarneemlocatie met het laagste geluidsniveau.

Voor elk waarneempunt in de bovenste helft van de gegevensreeks wordt het aantal woningen en de bewoners gelijkelijk verdeeld, zodat de som van alle waarneempunten in de bovenste helft van de gegevensreeks het totale aantal woningen en bewoners vertegenwoordigt. Er worden geen woningen of bewoners toegewezen aan de waarneempunten in de onderste helft van de gegevensreeks<sup>7</sup>.

### 3. Meetmethoden

Eventuele metingen, om welke reden dan ook, worden verricht in overeenstemming met de beginselen voor gemiddelde lange termijn metingen zoals vermeld in ISO 1996-1: 2003 en ISO 1996-2: 2007.

<sup>6</sup> De mediaanwaarde is de waarde die de bovenste helft (50 %) van een gegevensreeks scheidt van de onderste helft (50 %).

<sup>7</sup> De onderste helft van de gegevensreeks kan worden gelijkgesteld met de aanwezigheid van relatief rustige gevels. Indien vooraf bekend is, bijvoorbeeld op basis van de locatie van gebouwen ten opzichte van de dominante geluidsbronnen, welke meetpuntlocaties plaats zullen maken voor de hoogste/laagste geluidsniveaus, is het niet nodig om het geluid voor de onderste helft te berekenen.

Omgevingsregeling –werkversie – bijlagen