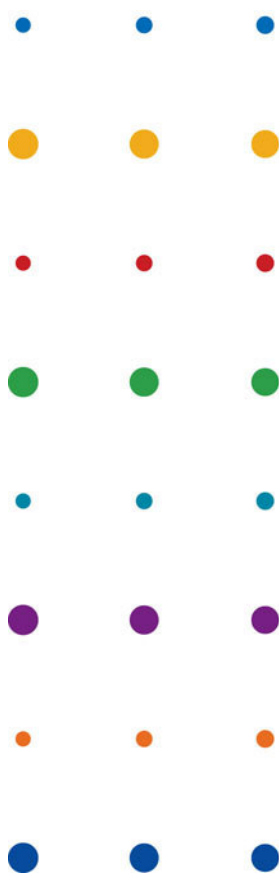


Bepaling bovenbouwcorrectie S&V raildemper

Relatie demperwerking en railruwheid



Raildempers

ProRail Kenniscentrum Spoorgeluid
IPG
maart 2007

Bepaling bovenbouwcorrectie S&V raildemper

Relatie demperwerking en railruwheid

Raildempers

dossier : X3312.02.001
registratienummer : DHV: MD-MO20061354
DeltaRail: DeltaRail/06/50460/010
versie : 4.0

ProRail Kenniscentrum Spoorgeluid
IPG
maart 2007

SAMENVATTING

De effectiviteit van de S&V HSL raildemper is vastgesteld op twee locaties: ten behoeve van de HSL uitgevoerd zijn metingen uitgevoerd in Rotterdam en voor de Zeeuwse lijn zijn metingen uitgevoerd bij Krabbendijke. Op deze beide locaties was er een groot verschil in railruwheid. De railruwheid op de locatie in Rotterdam lag boven de NL gemiddelde waarde, terwijl bij Krabbendijke de railruwheid juist erg laag en onder de NL gemiddelde waarde lag.

Om het akoestisch effect van de S&V HSL raildemper te kunnen toetsen aan de Prorail eis van 2 dB(A) zijn de resultaten op deze locatie gebruikt om door middel van interpolatie een demperwaarde (bovenbouwcorrectie) te bepalen die van toepassing is voor een representatieve situatie met Nederlandse gemiddelde railruwheid.

Voor de normalisatie van het gemeten effect is een regressieanalyse uitgevoerd, waarbij per octaafband de relatie is bepaald tussen de railruwheid en de geluidsreductie. Hierbij is uitgegaan van de resultaten van de metingen ten behoeve van de HSL uitgevoerd in Rotterdam [1] en op de Zeeuwse lijn uitgevoerd in Krabbendijke [2]. Na de interpolatie voor de normalisatie naar de NL gemiddelde railruwheid, is een SRM2 bovenbouwcorrectieterm in octaafbanden vastgesteld conform de Technische Regeling. Tevens is op basis van de gemiddelde reductie een SRM1 bovenbouwcorrectieterm vastgesteld. Deze bedraagt voor de S&V HSL raildemper 2.6 dB(A), waarmee voldaan wordt aan de Prorail eis van minimaal 2 dB(A).

INHOUD

BLAD

1	INLEIDING	4
2	UITGANGSPUNTEN	5
2.1	Relatie demperwerking en railruwheid	5
2.2	Toelating door ProRail	6
3	RESULTATEN SCHREY & VEIT RAILDEMPER	7
3.1	Spectrale resultaten metingen Krabbendijke	7
3.2	Dempereffect Schrey&Veit raildemper bij NL gemiddelde ruwheid	8
3.3	SRM 1 bovenbouwcorrectieterm voor de S&V raildempers	11
4	CONCLUSIES	12
5	COLOFON	14

Bijlage 1: Relatie railruwheid en geluidsreductie Corus raildemper

Bijlage 2: Individuele passages voor bepaling effectiviteit S&V raildemper

Bijlage 3: Relatie railruwheid en geluidsreductie per frequentieband.

Bijlage 4: Normalisatie naar Nederlands gemiddelde railruwheid

1 INLEIDING

Raildempers zijn als bronmaatregel een alternatieve maatregel ter reductie van de geluidemissie van railverkeer. Momenteel is alleen de Corus raildemper toegelaten door ProRail. Teneinde meer typen dempers toe laten laat ProRail proeven uitvoeren waarbij de effectiviteit in geluidsreductie van de dempers wordt vastgesteld.

De effectiviteit van de S&V HSL raildemper is vastgesteld op twee locaties: ten behoeve van de HSL zijn metingen uitgevoerd in Rotterdam en voor de Zeeuwse lijn zijn metingen uitgevoerd bij Krabbendijke. Op deze beide locaties was er een groot verschil in railruwheid. De railruwheid op de locatie in Rotterdam lag boven de NL gemiddelde waarde, terwijl bij Krabbendijke de railruwheid juist erg laag en onder de NL gemiddelde waarde lag. Beide metingen zijn uitgevoerd conform Meetmethode C van de Technische Regeling [7].

Om het akoestisch effect van de S&V HSL raildemper te kunnen toetsen aan de Prorail eis van 2 dB(A) zijn de resultaten op deze locatie gebruikt om door middel van interpolatie een demperwaarde (bovenbouwcorrectie) te bepalen die van toepassing is voor een representatieve situatie met Nederlandse gemiddelde railruwheid.

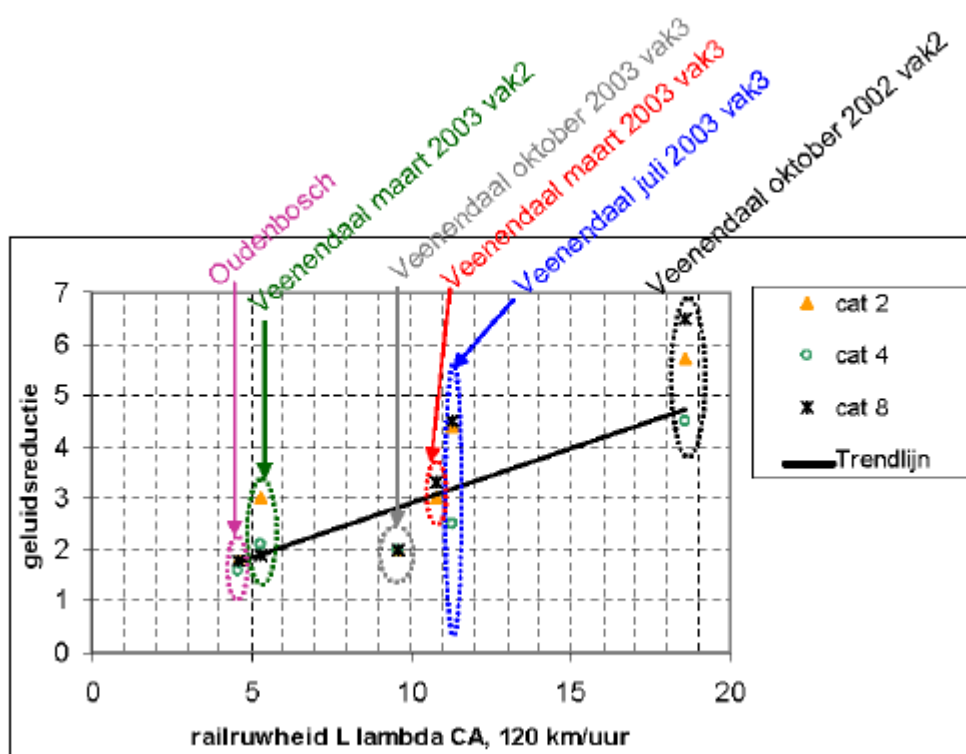
De resultaten van dit onderzoek moeten bijdragen aan de toelating van nieuwe typen raildempers als geluidreducerende maatregel op het Nederlandse spoor. Een eis voor de formele toelating is dat de toe te laten raildemper een geluidsreducerend effect moet hebben van tenminste 2 dB(A).

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 Relatie demperwerking en railruwheid

Op basis van eerdere ervaringen met raildempermetingen worden de resultaten van de geluidsmetingen genormaliseerd naar de gemiddelde Nederlandse railruwheid. Onder meer uit het onderzoek naar de akoestische effectiviteit van de Corus raildemper is gebleken dat er een relatie is tussen de railruwheid en de gemeten geluidsreductie van de raildemper. Dit is weergegeven in onderstaande figuur.

Bij de bepaling van de relatie tussen railruwheid en demperwerking is het verschil in geluidemissie ten gevolge van verschillen in railruwheid reeds gecorrigeerd. De relatie in figuur 1 is een gevolg van een verhoging van het dempereffect bij hogere trillingsniveaus van de spoorstaaf.



Figuur 1: Relatie tussen railruwheid en geluidsreductie Corusraildemper [5].

De gemeten geluidsreductie is voor deze demper genormaliseerd naar de gemiddelde Nederlandse ruwheid met behulp van een regressieanalyse, waarbij per octaafband de relatie is bepaald tussen de railruwheid en de geluidsreductie door de raildemper. In bijlage 1 is de relatie voor de Corus raildemper zowel in tabel als grafiekvorm weergegeven.

In deze rapportage is voor de S&V demper op gelijke wijze een demperwerking vastgesteld voor een situatie met Nederlandse gemiddelde railruwheid op basis van de beschikbare gegevens.

2.2 Toelating door ProRail

ProRail heeft in 2003 een programma van eisen opgesteld voor raildempers. Daarin is vastgelegd dat de raildempers het spoorgeluid zodanig dienen te reduceren dat bij de ter plekke geldende baanvaksnelheid een reductie van het totale (rol)geluid met tenminste 2 dB(A) optreedt. Deze vereiste reductie is ongeacht het type materieel en geldt bij een NL gemiddelde railruwheid.

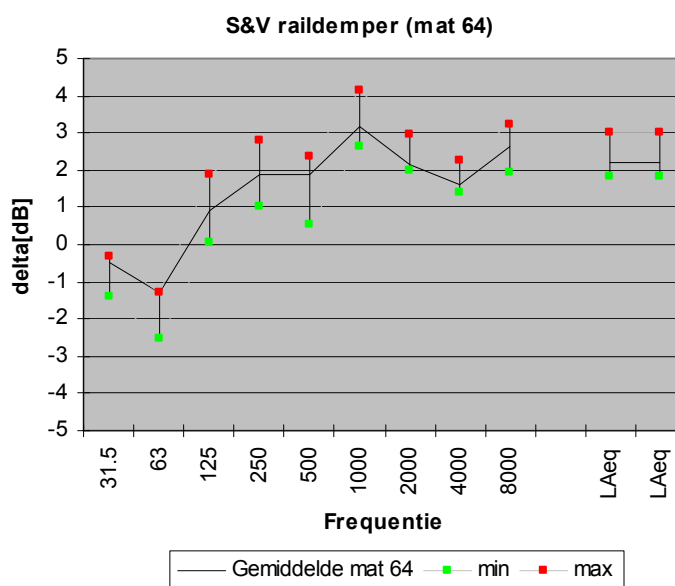
Voor de toetsing van de demperwerking zal worden uitgegaan van de eisen zoals vastgelegd in het programma van eisen. Daarbij wordt uitgegaan van een ééngetalswaarde voor de demperwerking bepaald zoals beschreven in Procedure C in de Technische Regeling [7].

3 RESULTATEN SCHREY & VEIT RAILDEMPER

3.1 Spectrale resultaten metingen Krabbendijke

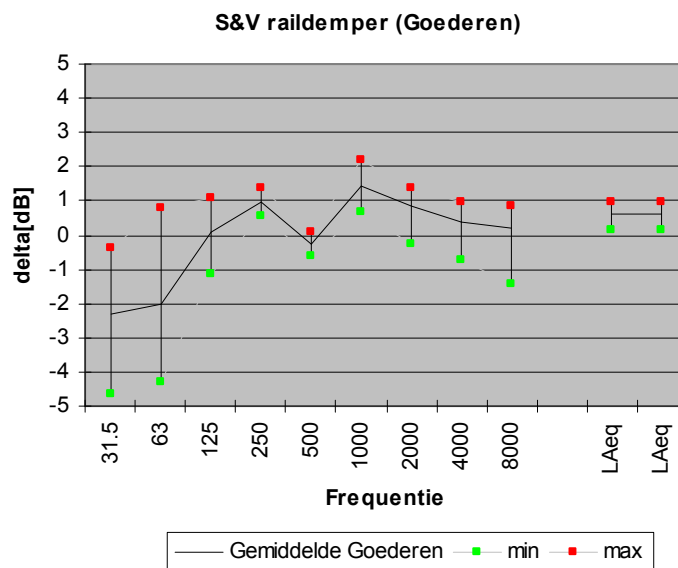
De demperwerking van de S&V demper wordt bepaald aan de hand van de beschikbare metingen bij hoge railruwheid in Rotterdam [1] en lage ruwheid bij Krabbendijke [2]. Allereerst wordt de betrouwbaarheid van de metingen aan de S&V raildemper bij Krabbendijke vastgesteld.

In figuur 2 is de gemiddelde gemeten geluidsreductie weergegeven tijdens passages van materieel 64. In deze grafiek is tevens de minimaal en maximaal gemeten waarde weergegeven. De grootste gemeten verschil zit in de frequentieband van 125 Hz en is 1.9 dB. In de frequentiebanden die voor het totale geluidsniveau in dB(A) bepalend zijn de onderlinge verschillen kleiner dan 1.5 dB.



Figuur 2: Gemiddelde geluidreductie S&V raildemper tijdens passages Mat. 64

In figuur 3 is de gemiddelde gemeten geluidsreductie weergegeven tijdens passages van het Goederenmaterieel. In deze grafiek is tevens de minimaal en maximaal gemeten waarde weergegeven. De grootste gemeten verschil zit in de frequentieband van 31.5 en 63 Hz en zijn respectievelijk 4.3 en 5.1 dB. De relatief grote verschillen worden veroorzaakt door de metingen 15 en 35. In de voor goederenmaterieel dB(A) niveau bepalende frequentiebanden 500 Hz tot en met 2000 Hz variëren de onderlinge verschillen tussen 0.7 en 1.6 dB.



Figuur 3: Gemiddelde geluidreductie S&V raildemper tijdens passages Goederen.

In bijlage 2 zijn afzonderlijke resultaten van deze metingen en de metingen in Rotterdam grafisch weergegeven. In de grafieken met passages materieel 64 zijn ook de resultaten van de metingen weergegeven die gebruikt zijn voor de snelheidstoets. Deze metingen zijn echter niet meegenomen in de bepaling van het gemiddelde.

3.2 Dempereffect Schrey&Veit raildemper bij NL gemiddelde ruwheid

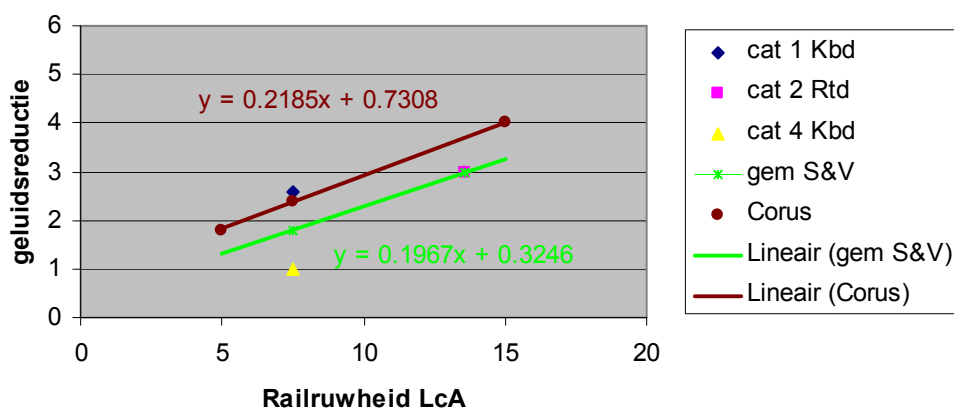
Om de resultaten van de S&V raildemper te kunnen normaliseren moeten de regressie coëfficiënten bepaald worden. Omdat in het onderzoek uitgevoerd in Rotterdam [1] het dempereffect slechts bij één railruwheid is vastgesteld is voor de in dat rapport beschreven raildempers de regressielijn gebruikt die bij het Corus-onderzoek is bepaald. Hierbij is aangenomen dat de in dit rapport beschreven raildempers een met de Corus-demper vergelijkbare dempingkarakteristiek hebben.

Op basis van de nu beschikbare resultaten voor de S&V demper bij verschillende railruwheden kan er ook voor deze demper de relatie tussen de demperwerking en de railruwheid worden vastgesteld. Daarom is in eerste instantie een vergelijking gemaakt tussen de relatie van de geluidreductie uitgedrukt in dB(A) en de railruwheid ($L_{\lambda CA}$). Deze vergelijking is weergegeven in figuur 4.

In figuur 4 is de relatie tussen de railruwheid en de geluidsreductie weergegeven voor de S&V raildemper op basis van de metingen in Rotterdam [1] bij een $L_{\lambda CA}$ van 13.6 en in Krabbendijke bij een $L_{\lambda CA}$ van 7.3. In deze figuur is ook de relatie tussen de railruwheid en de geluidsreductie weergegeven voor de Corus raildemper gemeten op de diverse locaties zoals beschreven het Prorail rapport "Railslijpen en -dempen" [5].

Uit deze figuur blijkt dat de S&V raildemper absoluut gezien ongeveer een 0.5 dB(A) lagere demping geeft, maar dat de toename van de demperwerking bij hogere railruwheid redelijk overeen komt. Uit de vergelijking komt een verschil tussen de Corus en S&V raildemper van 0.022 dB bij een verhoging van 1 in de $L_{\lambda CA}$ waarde.

LcA versus geluidsreductie



Figuur 4: Relatie tussen railruwheid en geluidsreductie Corus en S&V uitgedrukt in dB(A)

In bijlage 3 is de relatie tussen de railruwheid en de geluidsreductie per frequentieband zowel voor de Corus als voor de S&V raildemper per frequentieband weergegeven. Uit de in deze bijlagen weergegeven figuren blijkt dat met uitzondering van enkele frequentiebanden er aanzienlijke verschillen optreden tussen de Corus en de S&V raildemper.

Uit deze figuren is per frequentieband de relatie tussen railruwheid en geluidsreductie voor de Schrey & Veit raildemper bepaald en weergegeven in tabel 2.

<i>Octaafband [Hz]</i>	<i>Regressie lijn</i>
63	$Y = 0.52 X - 5.58$
125	$Y = 0.22 X - 1.18$
250	$Y = 0.32 X - 0.93$
500	$Y = 0.26 X - 1.11$
1000	$Y = 0.04 X + 2.20$
2000	$Y = 0.43 X - 1.48$
4000	$Y = -0.14X + 2.32$
8000	$Y = -0.18X + 2.78$

Tabel 2: Relatie tussen railruwheid en geluidsreductie voor de S&V raildemper

Uit de metingen zijn de dempereffecten van de beproefde raildempers zijn afgeleid en naar de gemiddelde Nederlandse ruwheid genormaliseerd. In tabel 3 zijn de resultaten per categorie en in octaafbanden weergegeven. Tevens is een gemiddeld reductiespectrum dat representatief wordt geacht voor de S&V raildemper op spoor met een NL gemiddelde railruwheid. Dit gemiddelde spectrum is tevens de bovenbouwcorrectieterm in octaafbanden voor SRM2 conform de Technische Regeling.

<i>Frequentie [Hz]</i>	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Cat 1 (Mat 64)	1.2	2.0	3.4	3.1	3.5	4.3	1.3	1.8
Cat 4 (Goederen)	0.5	1.1	2.5	1.0	1.8	3.3	-0.1	-0.7
Gemiddelde	0.8	1.6	3.0	2.1	2.7	3.8	0.6	0.5
Cat 8 (IRM)	0.7	1.0	3.1	2.1	2.5	3.9	0.8	1.5

Tabel 3: Genormaliseerde dempereffect (positief is een reductie).

In tabel 4 is het dempereffect in dB(A) weergegeven voor de categorieën 1 en 4. Deze reductie is bepaald op basis van de spectra voor het dempereffect in tabel 3.

De toetsing van de demperwerking aan het pve raildempers vindt plaats op basis van de ééngetalswaarde conform methode C van de Technische Regeling. Deze $C_{bb_raildemper,c}$ waarde is het gemiddelde effect van de raildemper in dB(A) en resulteert in een dempereffect van 2.6 dB(A).

Het resultaat voor categorie 8 is slechts ter informatie en wordt niet gebruikt in de bepaling van de demperwerking.

<i>Raildempers</i>	<i>C_{bb raildemper,c}</i>
Cat 1 (Mat 64)	3.4
Cat 4 (Goederen)	1.7
Gemiddelde cat 1 en 4	2.6
Cat 8 (IRM)	2.4

Tabel 4: Bovenbouwcorrectieterm (SRM1)

3.3 SRM 1 bovenbouwcorrectieterm voor de S&V raildempers

In aanvulling op de bovenbouwcorrectieterm voor SRM2 worden in deze paragraaf tevens de bovenbouwcorrectietermen voor SRM1 afgeleid. Hiervoor is een SRM2 model gemaakt, waarmee de immissie berekend is met een standaard bovenbouw (bb=1). Vervolgens worden de emissiegetallen per bronhoogte in de afzonderlijke frequentiebanden gecorrigeerd met het genormaliseerde dempereffect uit de tabel 3 en wordt wederom de immissie berekend. De verschillen in de zo verkregen dB(A)-waarden leveren de bovenbouwcorrectieterm voor SRM1. Voor categorie 9 zijn de hoger gelegen (aërodynamische) bronnen niet gecorrigeerd

In tabel 5 is de bovenbouwcorrectieterm (SRM1) voor de S&V demper per materieelcategorie weergegeven. In tabel 5 zijn ter vergelijking de bovenbouwcorrectietermen per materieeltype en het gemiddelde voor de Corus raildemper weergegeven. Deze resultaten zijn overgenomen uit de ProRail rapportage "Raildempen en -slijpen" [5].

categorie	S&V(hsl)			Corus	
	80	100	140	Cbtestc	Cbtestc
1	2.7	2.8	2.9	2.77	3.20
2	2.5	2.6	2.8	2.63	3.10
3	2.7	2.5	2.3	2.51	2.50
4	2.6	2.7	2.8	2.68	3.00
5	2.6	2.7	2.8	2.69	2.90
6	2.7	2.5	2.3	2.51	2.50
8	2.5	2.5	2.7	2.56	3.10
9m	2.3	2.2	1.9	2.15	2.1
9d	1.9	1.8	1.8	1.84	1.8
9c	2.0	2.0	1.9	1.94	1.9

Tabel 5: SRM1 bovenbouwcorrectieterm voor de S&V (hsl) raildempers.

4 CONCLUSIES

Om het gemeten effect te kunnen normaliseren is een regressieanalyse uitgevoerd, waarbij per octaafband de relatie is bepaald tussen de railruwheid en de geluidsreductie. Hierbij is uitgegaan van de resultaten van de metingen ten behoeve van de HSL uitgevoerd in Rotterdam [1] en op de Zeeuwse lijn uitgevoerd in Krabbendijke [2].

In de analyse is gebleken dat de ruwheidsafhankelijkheid van de geluidemissie voor de S&V HSL raildemper in dB(A) niveau sterk overeenkomt met die van de Corusdemper. Per octaafband zijn de verschillen echter zeer sterk. Om die reden is voor de normalisatie van de bovenbouwcorrectie van de deze raildemper naar NL gemiddelde railruwheid geen gebruik gemaakt van de ruwheidsafhankelijkheden van de Corus raildemper, hoewel die wel zijn gebaseerd op een groter aantal metingen en daardoor betrouwbaar zijn. Er is daarentegen uitgegaan van een "interpolatie" op basis van regressie tussen resultaten met hoge en lage railruwheid. Het aantal beschikbare metingen is beperkt, maar de reproduceerbaarheid van de metingen is dusdanig groot dat dit een betrouwbare methode levert. De bovenbouwcorrectieterm in dB(A) blijft echter wel gelijk.

De ruwheidsafhankelijkheid per octaafband lijkt een sterke afhankelijk te zijn van het type demper.

Na de interpolatie voor de normalisatie naar de NL gemiddelde railruwheid, is een SRM2 bovenbouwcorrectieterm in octaafbanden vastgesteld conform de Technische Regeling. Tevens is op basis van de gemiddelde reductie een SRM1 bovenbouwcorrectieterm vastgesteld. Deze bedraagt voor de S&V HSL raildemper 2.6 dB(A).

Referenties

- [1] Bepaling akoestische effectiviteit drie typen raildempers t.b.v. HSL-zuid”, Gerrit van Keulen AEAT/06/5400071/012, februari 2006.
- [2] Meetrapport geluidreductie raildempers S&V en Alom, Vaststelling op de Sloelijn bij Krabbendijke. Rik van Haaren, Gerrit van Keulen. DHV rapport MD-MO20061353, DeltaRail/06/50460/008, december 2006.
- [3] Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai '96, Ministerie van VROM, nov. 1996.
- [4] Bijlage IV bij Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006, CROW/Ministerie van VROM.
- [5] Railslijpen en dempen, Een alternatief voor geluidschermen langs spoorwegen, IPG-projecten 2.2.1 en 2.2.2, Gilles Janssen en Peter van Tol. IPG rapport ProRail mei 2005.
- [6] Programma van eisen betreffende raildempers, ProRail. Documentnummer: PVE00084, Uitgavedatum: 1-03-2003
- [7] Technische regeling emissiemeetmethoden railverkeer 2006, CROW/Ministerie van VROM, 21 december 2006.

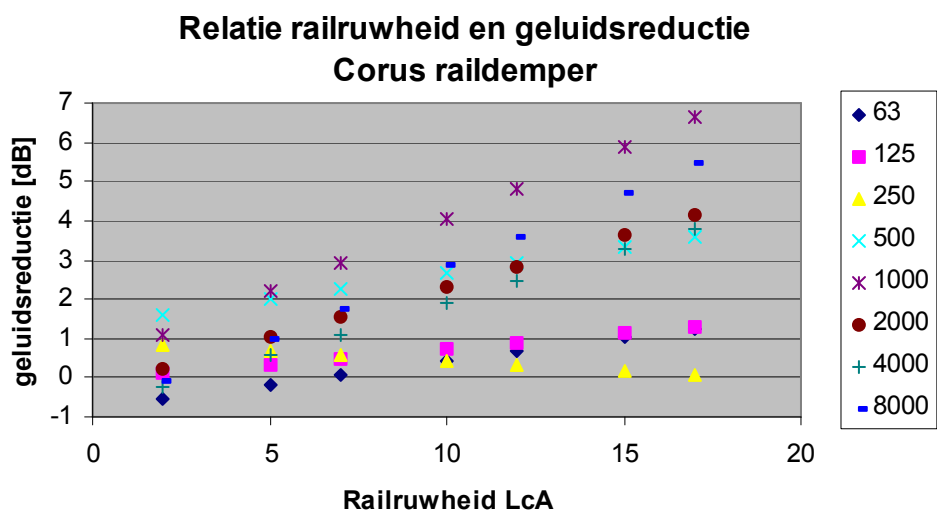
5 COLOFON

Opdrachtgever	: ProRail Kenniscentrum Spoorgeluid
Project	: Metingen geluidreductie raildempers S&V
Dossier	: X3312.02.001
Omvang rapport	: 14 pagina's
Auteur	: Rik van Haaren
Bijdrage	: Gerrit van Keulen (Delta Rail) Metingen (Delta Rail): B. Lefranc, Th. Hendriks, W. van der Velden, P. Zijlmans en G. van Keulen
Projectleider	: Rik van Haaren
Projectmanager	: Paul de Vos
Datum	: 22 maart 2007
Naam/Paraaf	:

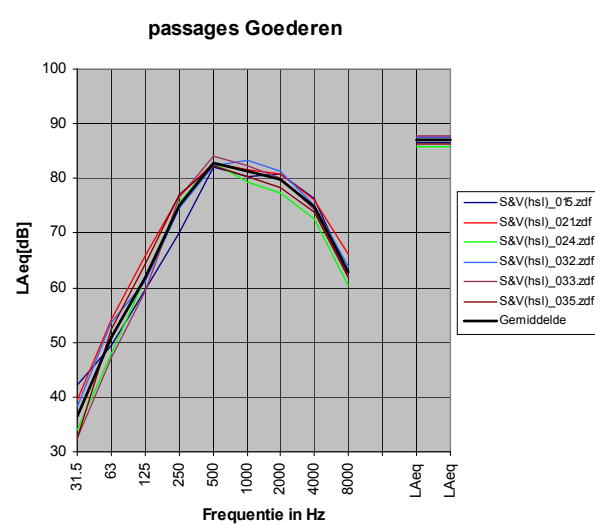
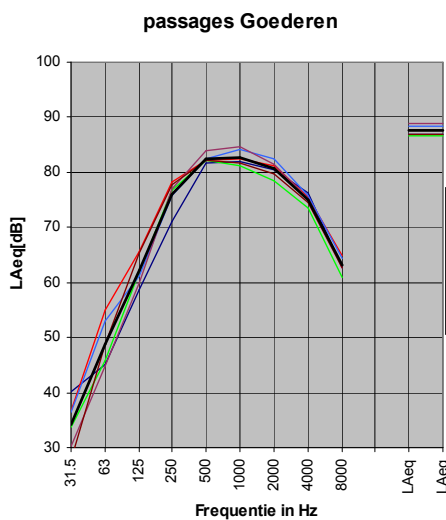
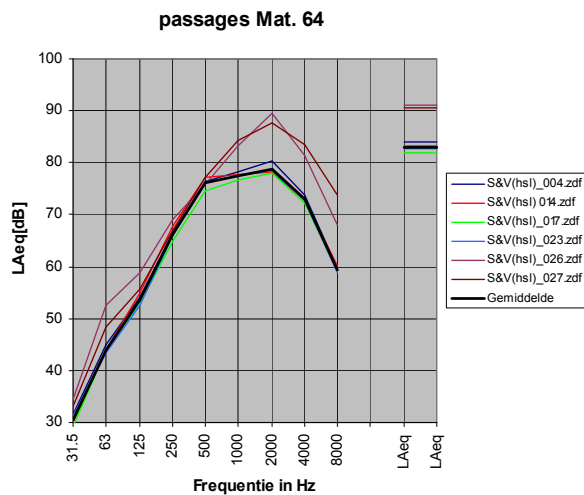
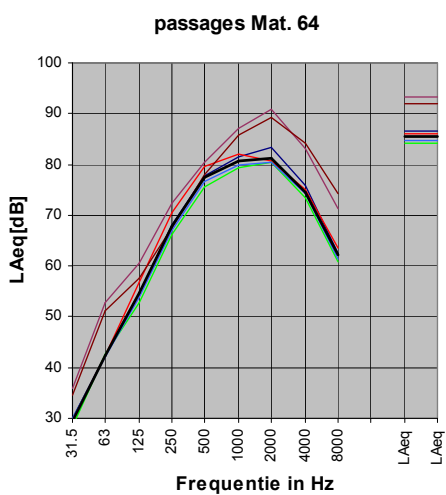
Bijlage 1: Relatie railruwheid en geluidsreductie Corus raildemper

Octaafband	Regressie lijn
63	$Y = 0.12X - 0.78$
125	$Y = 0.08X - 0.06$
250	$Y = -0.05X + 0.93$
500	$Y = 0.13X + 1.36$
1000	$Y = 0.37X + 0.35$
2000	$Y = 0.26X - 0.28$
4000	$Y = 0.27X - 0.79$
8000	$Y = 0.37X - 0.84$

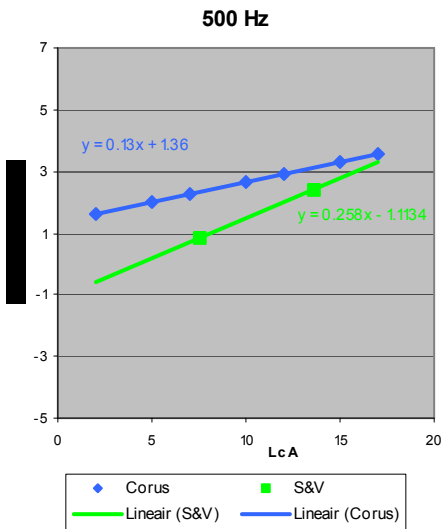
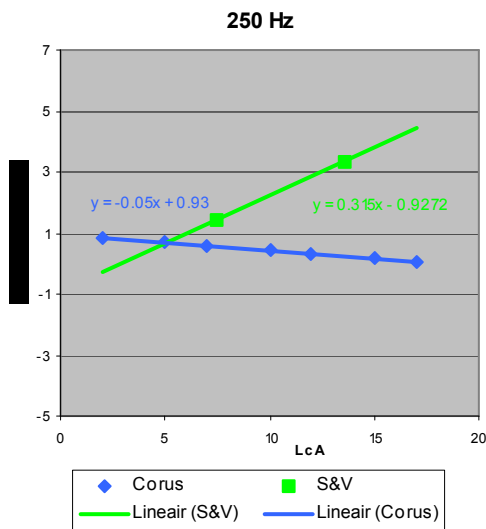
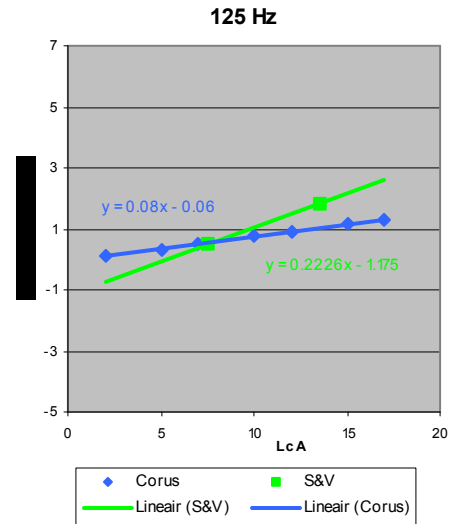
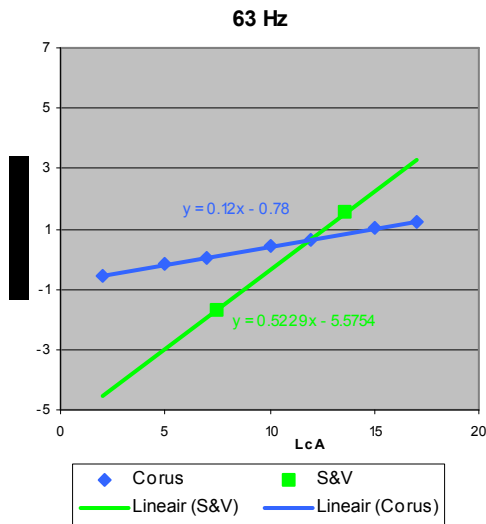
Tabel 1: Relatie tussen railruwheid en geluidsreductie voor de Corus raildemper

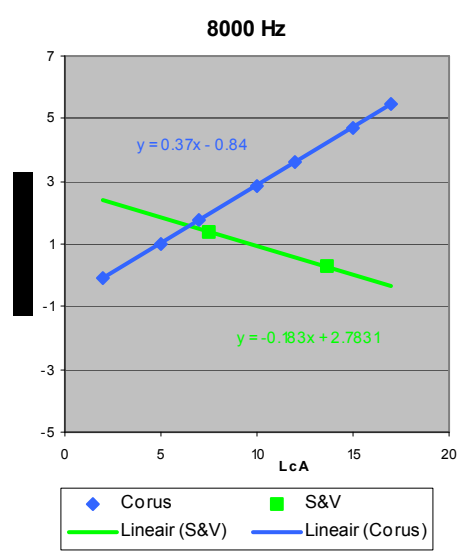
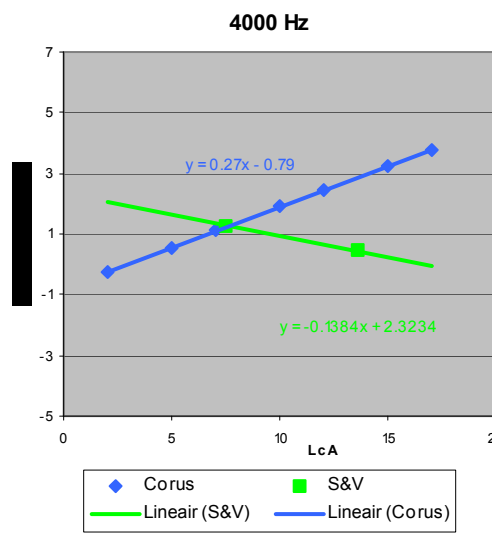
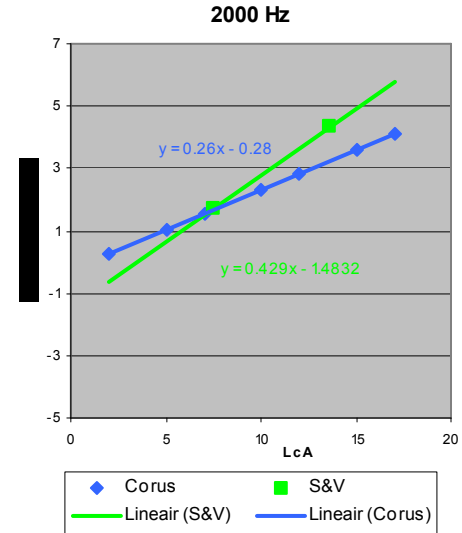
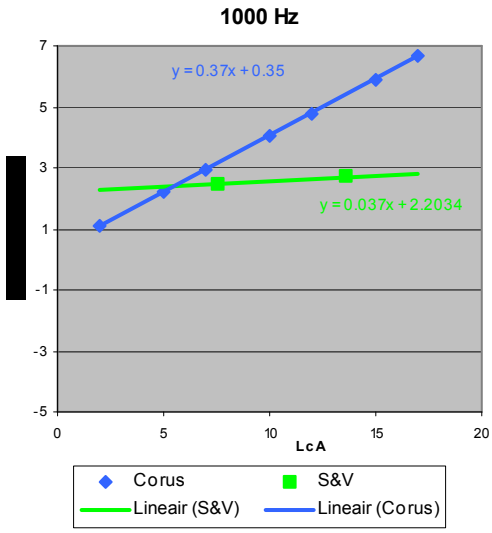


Bijlage 2: Individuele passages voor bepaling effectiviteit S&V raildemper



Bijlage 3: Relatie railruwheid en geluidsreductie per frequentieband.





Bijlage 4: Normalisatie naar Nederlands gemiddelde railruwheid

Resultaat railruwheidsmeting

Lca Proefvakken Krabbendijke

	Ref	S&Vgem2	JW_ Tifl 2	S&V(HSL)	S&Vgem 1	JW_ Tifl 1	
Lca (80)	4.2		5.2	7.6	7.3	7.1	9.2
Lca (120)	4.3		5.3	8.2	7.5	7.4	9.5
Lca (140)	4.3		5.3	8.4	7.5	7.4	9.5

Dempereffect ruwheidsgecorrigeerd

Cat 4 (Goederen)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LAeq
S&V (HSL)	-2.0	0.1	1.0	-0.3	1.6	1.2	0.6	0.2	1.0

meetdoor **LcA** **63** **125** **250** **500** **1000** **2000** **4000** **8000**
snede

S&V (hsl)	7.3	Ruwheidsregressie	-1.8	0.4	1.4	0.8	2.5	1.7	1.3	1.5
NI gem	12.2	Ruwheidsregressie	0.8	1.5	3.0	2.1	2.7	3.8	0.6	0.6
		delta	2.5	1.1	1.6	1.3	0.2	2.1	-0.7	-0.9
		Cat 4 (Goederen)	0.5	1.1	2.5	1.0	1.8	3.3	-0.1	-0.7

Dempereffect ruwheidsgecorrigeerd

Cat 1 (Mat 64)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LAeq
S&V (HSL)	-1.3	0.9	1.9	1.9	3.3	2.3	2.0	2.6	2.6

meetdoor **LcA** **63** **125** **250** **500** **1000** **2000** **4000** **8000**
snede

S&V (hsl)	7.5	Ruwheidsregressie	-1.7	0.5	1.5	0.8	2.5	1.7	1.3	1.4
NI gem	12.2	Ruwheidsregressie	0.8	1.5	3.0	2.1	2.7	3.8	0.6	0.6
		delta	2.4	1.0	1.5	1.2	0.2	2.0	-0.7	-0.8
		Cat 1 (Mat 64)	1.2	2.0	3.4	3.1	3.5	4.3	1.3	1.8

Dempereffect ruwheidsgecorrigeerd

Cat 8 (IRM)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	LAeq
S&V (HSL)	-1.8	0.0	1.6	0.8	2.3	1.9	1.5	2.3	1.8

meetdoor **LcA** **63** **125** **250** **500** **1000** **2000** **4000** **8000**
snede

S&V (hsl)	7.5	Ruwheidsregressie	-1.7	0.5	1.5	0.8	2.5	1.7	1.3	1.4
NI gem	12.2	Ruwheidsregressie	0.8	1.5	3.0	2.1	2.7	3.8	0.6	0.6
		delta	2.4	1.0	1.5	1.2	0.2	2.0	-0.7	-0.8
		Cat 8 (IRM)	0.7	1.0	3.1	2.1	2.5	3.9	0.8	1.5

DHV B.V.

*Ruimte en Mobiliteit
Laan 1914 nr. 35
3818 EX Amersfoort
Postbus 1132
3800 BC Amersfoort
T (033) 468 20 00
F (033) 468 28 01
E info@dhv.nl
www.dhv.nl*