



M+P - raadgevende ingenieurs
Müller-BBM groep

RAPPORT

Geluidmetingen aan 10 voegovergangen op rijkswegen

geluid
trillingen
lucht
bouwfysica

stiller wegverkeer
stiller railverkeer
industrie en bedrijven
luchtkwaliteit
ruimtelijke ordening
bouwakoestiek en -fysica



M+P - raadgevende ingenieurs
Müller-BBM groep
geluid trillingen lucht bouwfysica

Wolfskamerweg 47, Vught
Postbus 2094
5260 CB Vught

T 073-658 9050
F 073-658 9051
Vught@mp.nl
www.mp.nl

RAPPORT

Geluidmetingen aan 10 voegovergangen op rijkswegen

Opdrachtgever
Rijkswaterstaat Bouwdienst
Postbus 20000
3502 LA UTRECHT

Rapportnummer
M+P.RWSBWD.06.01.1

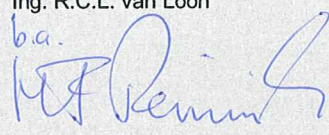
Revisie
0

Datum
6 december 2006

Opdrachtnummer
BDX-8476

Pagina
1 van 49


Ing. R.C.L. van Loon


Ir. J. Hooghwerff

Samenvatting

In opdracht van de Bouwdienst Rijkswaterstaat verricht M+P – raadgevende ingenieurs onderzoek naar de akoestische eigenschappen van diverse voegovergangen op rijkswegen in Nederland.

Het onderzoek bestaat uit het uitvoeren van metingen volgens de "Leidraad geluideisen aan voegovergangen". In deze leidraad wordt gebruik gemaakt van de Statistical Pass-by (SPB) methode om een karakterisering te geven van de geluideigenschappen van een voegovergang. Binnen dit onderzoek worden ook metingen gedaan met de Close Proximity (CPX) methode. In totaal zullen voor dit onderzoek 30 voegovergangen worden gemeten. Dit rapport beslaat fase I van het onderzoek. In Fase I betreft het meten, analyseren en rapporteren van 10 voegovergangen.

Doel van het onderzoek is enerzijds om inzicht te krijgen in de geluideigenschappen van allerlei verschillende (typen) voegovergangen, anderzijds om de werkbaarheid van de leidraad te toetsen en voorstellen te doen voor verbetering van de leidraad.

Bij toepassing van de leidraad zou boven het kunstwerk 60 % van de gemeten voegen voldoen aan de gestelde eisen. Onder het kunstwerk voldoet 50% aan de eisen van de leidraad. Wat opvalt is dat op twee locaties waar een geluidscherm staat het geluid niet voldoen aan de leidraad onder het kunstwerk. Op de derde locatie met een geluidscherm was het stoorniveau te hoog zodat het voeggeluid niet gemeten kon worden.

Er zijn nu toe te weinig CPX-metingen gedaan om te beoordelen of de CPX-meting een alternatief kan zijn voor de SPB-methode.. Wel is gebleken dat bij herhaling van de meting de maximale geluidsniveaus kunnen variëren tot ruim 2 dB(A). Het is daarom aan te raden bij de beoordeling van voegovergangen met de CPX-methode de meting een aantal keer te herhalen.

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Meetmethoden	5
2.1	SPB-methode	5
2.2	CPX-methode	7
3	Toetsing aan de leidraad	9
3.1	Geluideis boven het kunstwerk	9
3.2	Geluideis onder het kunstwerk	10
4	Resultaten	12
4.1	SPB-resultaten	12
4.2	CPX-resultaten	23
5	Analyse	25
5.1	SPB-metingen	25
5.1.1	Leidraad	25
5.1.2	Bespreking per locatie	25
5.1.3	CPX-metingen	28
6	Conclusie en aanbevelingen	29
7	Literatuur	30
BIJLAGE A	SPB-resultaten aan 10 voegovergangen	31

1 Inleiding

In opdracht van de Bouwdienst Rijkswaterstaat verricht M+P – raadgevende ingenieurs onderzoek naar de akoestische eigenschappen van diverse voegovergangen op rijkswegen in Nederland.

Het onderzoek bestaat uit het uitvoeren van metingen volgens de leidraad “Geluideisen aan voegovergangen” [1]. In deze leidraad wordt gebruik gemaakt van de Statistical Pass-by (SPB) methode [2] om een karakterisering te geven van de geluideigenschappen van een voegovergang. Omdat de SPB-methode niet in alle situaties uitvoerbaar is, worden in dit onderzoek ook metingen gedaan met de Close Proximity (CPX) methode [3]. In totaal zullen voor dit onderzoek 30 voegovergangen worden gemeten. De 30 voegovergangen zijn door de Bouwdienst Rijkswaterstaat geselecteerd en vastgelegd in het contractdocument BDX-08476 “Overeenkomst betreffende het uitvoeren van geluidsmetingen bij voegovergangen in een selectie van kunstwerken gelegen in heel Nederland in beheer bij Rijkswaterstaat” [4]. Doel van het onderzoek is enerzijds om inzicht te krijgen in de geluideigenschappen van allerlei verschillende (typen) voegovergangen, anderzijds om de werkbaarheid van de leidraad te toetsen en voorstellen te doen voor verbetering van de leidraad.

Het project is opgedeeld in twee fasen. Fase I beslaat het meten, analyseren en rapporteren van 10 voegovergangen. Fase II betreft het meten en analyseren van de resterende 20 voegovergangen en het opstellen van een eindrapportage.

In het onderhavige rapport zijn de resultaten weergegeven van de geluidmetingen welke uitgevoerd zijn in fase I.

2 Meetmethoden

2.1 SPB-methode

De methode van de geluidniveaumetingen komt grotendeels overeen met de Statistical Pass-By (SPB-) methode. De SPB-methode is gestandaardiseerd in de internationale norm ISO 11819-1 [2]. De SPB-methode is een meetmethode waarbij een microfoon op 7,5 m uit het hart van de rijbaan wordt geplaatst (zie figuur 1), in deze situatie ter hoogte van de voegovergang. In de directe omgeving van de microfoon mogen geen grote reflecterende elementen aanwezig zijn, zoals geluidschermen of grote verkeersborden.



figuur 1 Meetopstelling ter bepaling van het geluidniveau volgens de SPB-methode

Bij iedere voertuigpassage worden het maximale A-gewogen geluidniveau en de voertuigsnelheid geregistreerd. Er wordt gemeten op een in Nederland voorgeschreven hoogte van 5,0 meter. Voor een voldoende nauwkeurige bepaling moeten bij de meting ten minste 100 lichte motorvoertuigen gemeten worden.

Bij een geluidmeting aan voegovergangen is het nodig om ook onder het kunstwerk een meting uit te voeren. Onder het kunstwerk wordt het maximale geluidniveau van een passage 3 meter onder het wegdek gemeten, op maximaal 20 meter afstand van de voegovergang. Voor een voldoende nauwkeurige bepaling moeten ten minste 50 zware motorvoertuigen gemeten worden.

Deze resultaten worden verwerkt in een scatterdiagram, waarin het maximale geluidniveau van een passage als functie van de logaritme van de snelheid staat weergegeven. Uit dit scatterdiagram wordt de best passende lineaire functie bepaald.

Voor de regressielijn in het scatterdiagram geldt:

$$(1) \quad L_{A,max} = a + b \cdot \log \frac{v}{v_0}$$

met:

$L_{A,max}$: het maximale geluidniveau in [dB(A)]

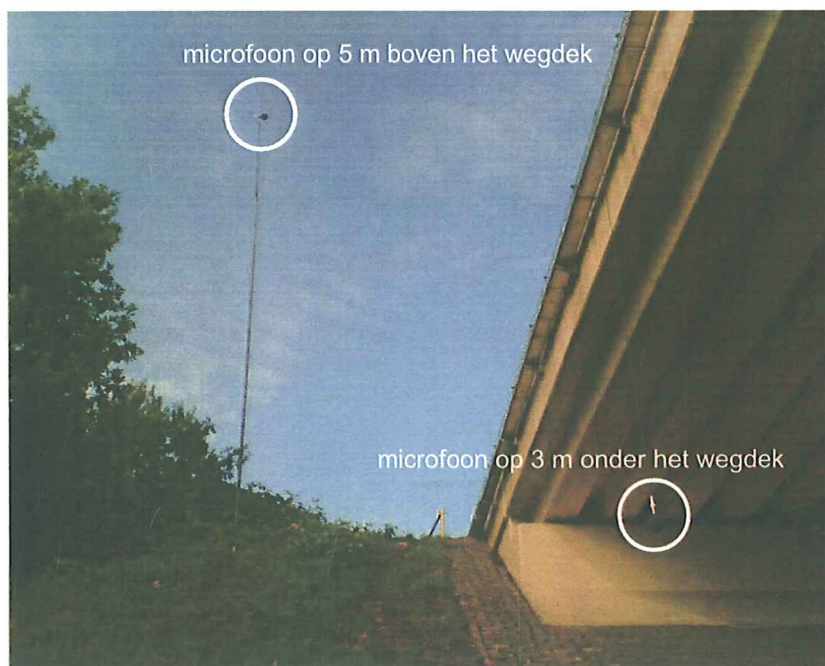
a, b : de regressiecoëfficiënten

v : snelheid in [km/h]

v_0 : referentiesnelheid in [km/h]

De in het scatterdiagram aangegeven zone rondom de regressielijn markeert het gebied, waarbinnen met een betrouwbaarheid van 95% de werkelijke waarde voor de regressielijn ligt. De regressiewaarde is geldig bij die snelheid waarbij het 95%-betrouwbaarheidsinterval kleiner of gelijk is dan 0,3 dB(A) voor lichte motorvoertuigen en kleiner of gelijk aan 0,8 voor zware motorvoertuigen.

Naast het meten van het maximale optredende geluidniveau per passage wordt ook de spectrale verdeling in 1/3-octaaftanden gemeten.



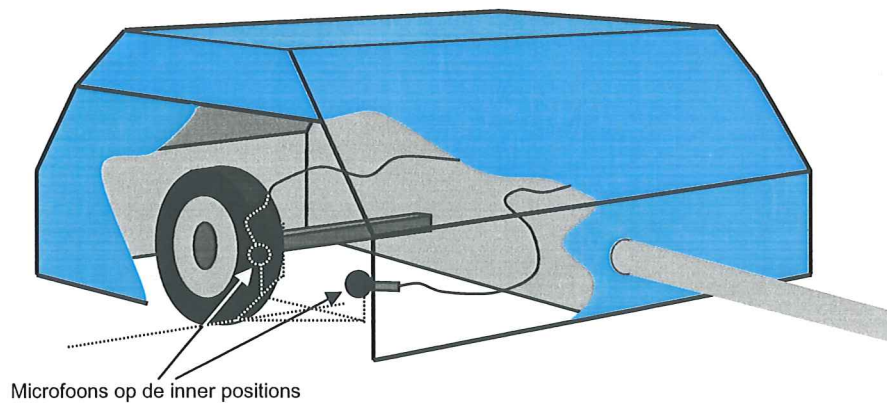
figuur 2

Microfoonposities voor een meting aan een voegovergang

2.2

CPX-methode

Met de Close-Proximity (CPX) methode volgens ISO/CD 11819-2 [3] wordt het geluidniveau dicht bij de band gemeten met twee microfoons. Hierdoor wordt alleen het rolgeluid gemeten. Tegelijkertijd wordt de voertuigsnelheid gemeten. De standaardbanden en de microfoons zijn in een trailer gemonteerd. De microfoonposities betreffen de "inner" posities zoals vastgelegd in ISO/CD 11819-2. In figuur 3 en figuur 4 staat een schematisch overzicht, respectievelijk een foto van de M+P CPX - trailer.



figuur 3

Opstelling ter bepaling van het geluidniveau volgens de CPX-methode



figuur 4

De M+P CPX - trailer

De metingen zijn uitgevoerd volgens de zogenaamde survey-methode. Hierbij is gemeten met twee standaardbanden, namelijk band A en band D.



band A	Avon ZV1
band B	Avon Enviro CR322
band C	Avon Turbogrip CR65
band D	Dunlop SP Arctic

figuur 5 CPX-banden volgens ISO/CD 11819-2

Per wegvak wordt het geluidniveau L_p gemeten als functie van de positie. In afwijking van de standaard is de meetresolutie van 8 maal per seconde verhoogd naar 32 maal per seconde. De metingen zijn uitgevoerd bij de nominale snelheid van 80 km/h. Dit betekent dat per 0,7 m een geluidniveau is bepaald.

De meetresultaten zijn gecorrigeerd voor de werkelijk gereden snelheden met C_v volgens:

(2)
$$C_v = -b \cdot \log(v / v_{ref})$$

met:
 C_v : snelheidscorrectie [dB(A)]
 b : de snelheidsexponent [dB(A)]
 v : de werkelijk gereden snelheid [km/h]
 v_{ref} : de referentiesnelheid [km/h]

Per band is het gemiddelde A-gewogen geluidniveau bepaald over het hele wegvak, L_A , en L_D .

De L_A geeft resultaten die het meest representatief zijn voor het band/wegdek geluid van lichte motorvoertuigen. Voor L_D zijn de resultaten representatief voor het band/wegdek geluid van middelzware en zware motorvoertuigen.

3 Toetsing aan de leidraad

In de leidraad "Geluideisen aan voegovergangen" is zowel voor boven als onder het kunstwerk een geluideis gedefinieerd. Indien de gemeten waarde de geluideis overschrijdt, voldoet de voeg niet volgens de leidraad. Het gemeten geluidniveau wordt voor de toetsing afgerond naar de dichtst bijgelegen gehele waarde. De geluideis wordt berekend voor de representatieve voertuigsnelheid in de concrete situatie. Meestal is dit de op 10 km/h afgeronde gemiddelde voertuigsnelheid.

3.1 Geluideis boven het kunstwerk

Voor de geluideis van een voegovergang boven het kunstwerk geldt de volgende formule:

$$(3) \quad L_{A,max,lv} = L_{lv} + W + C_{wegdek,lv} + 5 \text{ dB(A)}$$

Aan de symbolen in formule (3) wordt op de volgende manier invulling gegeven:

- $L_{A,max,lv}$: het maximale SPB-niveau voor lichte motorvoertuigen gemeten op 5,0 meter boven het kunstwerk waaraan de voegovergang mag voldoen;
- L_{lv} : de SPB-waarde van het referentiewegdek voor lichte motorvoertuigen voor de voor die weg representatieve voertuigsnelheid, zoals opgenomen in het Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaï 2002 (RMW 2002) [5];
- W : een correctie voor het feit dat de referentiewaarde en de wegdekcorrectie gebaseerd zijn op initiële eigenschappen; door veroudering van het wegdek zal gemiddeld een hoger geluidniveau gemeten worden, deze correctie wordt voor dichte wegdektypen (met $C_{wegdek} \geq 0$) gesteld op 1 dB(A) en voor de overige wegdektypen op 2 dB(A);
- $C_{wegdek,lv}$: wegdekcorrectie voor lichte motorvoertuigen bij dezelfde voertuigsnelheid als genomen bij L_{lv} . De waarden van $C_{wegdek,lv}$ zijn opgenomen in CROW-publicatie 200 [6], of in het geval er sprake is van een producentgebonden wegdekproduct, via de CROW-website www.stillerverkeer.nl.

De aldus berekende geluideis wordt naar boven afgerond op een geheel getal.

Voor de situaties bij de gemeten voegovergangen in fase I van het onderhavige project geldt dat de representatieve snelheid varieert van 90 tot 110 km/h. De SPB-waarde voor het referentiewegdek (L_{lv}) bij die snelheden zijn weergegeven in tabel I.

tabel I

SPB-waarde voor het referentiewegdek (RMW 2002) voor lichte motorvoertuigen van 90 t/m 110 km/h

	SPB-niveau [dB(A)]		
	90 km/h	100 km/h	110 km/h
referentiewegdek (RMW 2002)	76,5	78,0	79,3

Op alle locaties van de voegovergangen was het aanwezige wegdek ZOAB of 2-laags ZOAB. Dat betekent dat voor alle situaties W gelijk is aan 2 dB(A). De wegdekcorrectie ($C_{wegdek,lv}$) voor ZOAB en 2-laags ZOAB zijn weergegeven in tabel II.

tabel II Wegdekcorrectie voor lichte motorvoertuigen van ZOAB van 90 t/m 110 km/h

	$C_{wegdek,lv}$ [dB(A)]		
	90 km/h	100 km/h	110 km/h
ZOAB	-3,0	-3,4	-3,7
2-laags ZOAB	-5,3	-5,6	-5,8

3.2 Geluideis onder het kunstwerk

Voor de geluideis van een voegovergang onder het kunstwerk geldt de volgende formule:

$$(4) \quad L_{A,max,zv} = L_{zv} + W + C_{wegdek,zv} - Y$$

Met:

- $L_{A,max,zv}$: het maximale SPB-niveau voor zware motorvoertuigen gemeten op 3 meter onder het kunstwerk waaraan de voegovergang mag voldoen;
- L_{zv} : de SPB-waarde van het referentiewegdek voor zware motorvoertuigen voor de voor die weg representatieve voertuigsnelheid, zoals opgenomen in het RMW 2002;
- W : een correctie voor het feit dat de referentiewaarde en de wegdekcorrectie gebaseerd zijn op initiële eigenschappen; door veroudering van het wegdek zal gemiddeld een hoger geluidniveau gemeten worden, deze correctie wordt voor dichte wegdektypen (met $C_{wegdek} \geq 0$) gesteld op 1 dB(A) en voor de overige wegdektypen op 2 dB(A);
- $C_{wegdek,zv}$: wegdekcorrectie voor zware motorvoertuigen bij de representatieve voertuigsnelheid van zware motorvoertuigen. De waarden van $C_{wegdek,zv}$ zijn opgenomen in CROW-publicatie 200, of in het geval er sprake is van een producentgebonden wegdekproduct, via de CROW-website www.stillerverkeer.nl;
- $Y = 10$ dB(A) als geen geluidscherm aanwezig is en $Y = 20$ dB(A) als er een geluidscherm aanwezig is.

Voor de situaties bij de gemeten voegovergangen in fase I van dit project geldt dat de representatieve snelheid 70 of 80 km/h is. De SPB-waarde voor het referentiewegdek (L_{zv}) bij die snelheden zijn weergegeven in tabel III.

tabel III *SPB-waarde voor het referentiewegdek (RMW 2002) voor zware motorvoertuigen bij 70 t/m 90 km/h*

	SPB-niveau [dB(A)]		
	70 km/h	80 km/h	90 km/h
referentiewegdek (RMW 2002)	83,5	84,8	85,9

Voor alle situaties is de correctie voor de wegdekveroudering (W) gelijk is aan 2 dB(A). De wegdekcorrectie (C_{wegdekzv}) van ZOAB en 2-laags ZOAB voor zware motorvoertuigen is weergegeven in tabel IV.

tabel IV *Wegdekcorrectie voor zware motorvoertuigen van ZOAB van 70 en 80 km/h*

	C_{wegdekzv} [dB(A)]		
	70 km/h	80 km/h	90 km/h
ZOAB	-3,9	-4,3	-4,6
2-laags ZOAB	-6,3	-6,2	-6,2

4 Resultaten

4.1 SPB-resultaten

In de eerste fase van het project zijn aan 10 voegovergangen metingen verricht conform de leidraad "Geluideisen aan voegovergangen". In tabel V staat een overzicht van de gemeten voegovergangen met een omschrijving, een overzichtsfoto, een detailfoto en de SPB-meetresultaten per voegovergang. De voegovergangen zijn op dezelfde wijze genummerd als in bijlage 1 van het contractdocument BDX-08476: "Statistische gegevens te onderzoeken voegovergangen" [4].

Van de SPB-metingen zijn de gemeten geluidniveaus op 5,0 meter boven het wegdek voor lichte motorvoertuigen en de gemeten geluidniveaus 3,0 meter onder het wegdek voor zware motorvoertuigen weergegeven. Alleen de resultaten waarbij voldaan wordt aan de eis voor het betrouwbaarheidsinterval zijn gepresenteerd. De resultaten van de regressie-analyse van de meting is in de vorm van scatterdiagrammen weergegeven in bijlage A. Op basis van de SPB-resultaten is elke voeg getoetst aan de geluideisen volgens de leidraad.

Tijdens de metingen is van alle voegovergangen de vlakheid visueel beoordeeld en is een beoordeling gedaan van de aansluiting tussen de wegverharding en de voegovergang. De waarnemingen ten aanzien van de vlakheid zijn als volgt geclassificeerd:

- vlakheid goed;
- vlakheid matig;
- vlakheid slecht.

De waarnemingen ten aanzien van de aansluiting met de aanliggende wegverharding zijn geclassificeerd met:

- voegovergang hoger gesitueerd dan aanliggende verharding;
- voegovergang lager gesitueerd dan aanliggende verharding.

Naast de visuele waarnemingen is van elk kunstwerk het geluid ook subjectief beoordeeld. Hierbij is gelet op het geluid van de voeg boven het kunstwerk ten opzichte van aanliggende wegdek. Onder het kunstwerk wordt gelet op de verhouding van het stoorlawaai ten opzichte van het geluid van de voeg.

De bevindingen van de visuele waarnemingen en de subjectieve beoordelingen van het geluid zijn eveneens in tabel V opgenomen.

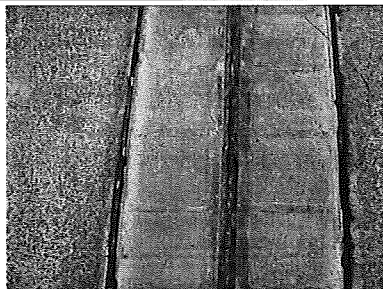
Voor locatie 17 en 18 zijn geen gegevens gepresenteerd voor de zware motorvoertuigen. Omdat het stoorlawaai onder het kunstwerk fors hoger was dan de geluidniveaus van de voegovergangen zijn de resultaten niet meegenomen in de analyse.

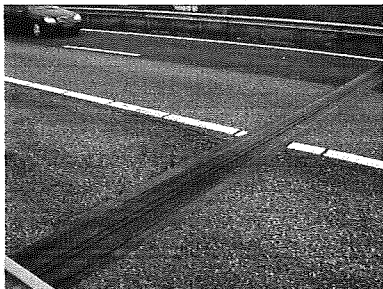
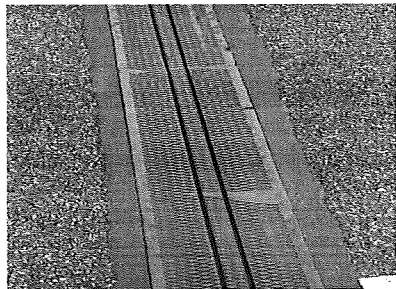
tabel V

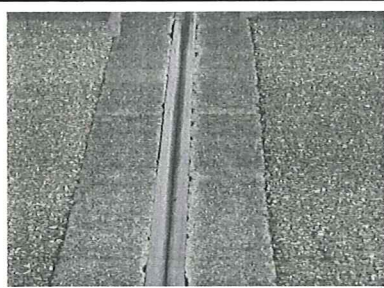
Resultaten van de geluidmetingen aan de voegovergangen

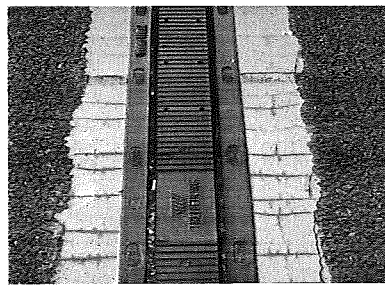
locatie	overzicht	detail					
volgnummer 10; kunstwerk Julianalaan; A27, Raamsdonkveer							
meetplaats	landhoofd zuid, rijrichting Utrecht						
familie/ type voeg	nosing/ enkele kleine voeg						
topcode	44G-104						
wegdektype	ZOAB						
visuele beoordeling	vlakheid matig						
aangrenzende verharding	hoger gesitueerd						
subjectieve waarneming	zowel boven als onder het kunstwerk lawaaiig						
geluidscherm aanwezig	nee						
bijzonderheden	geen						
SPB-meting							
datum	9 oktober 2006						
luchttemperatuur	15 °C						
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)]					
		70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h	
boven kunstwerk (+5 m)	119 lv				83,8		
onder kunstwerk (-3 m)	65 zv	74,6	76,8	78,7			
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk							
representatieve snelheid	100 km/h						
geluideis	82 [dB(A)]						
overschrijding van de eis	2 dB(A)						
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk							
representatieve snelheid	80 km/h						
geluideis	73 [dB(A)]						
overschrijding van de eis	4 dB(A)						

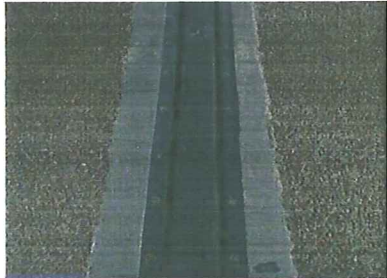
locatie	overzicht	detail				
volgnummer 11; brug Zuid Willemsvaart; A50, Veghel						
meetplaats	landhoofd zuid, rijrichting Eindhoven					
familie/ type voeg	matten/ algaflex gewapende voeg T100					
topcode	45G-105					
wegdektype	ZOAB en tweelaags ZOAB					
visuele beoordeling	vlakheid goed					
aangrenzende verharding	hoger gesitueerd					
subjectieve waarneming	boven het kunstwerk goed hoorbaar door het stille wegdek, onder het kunstwerk nauwelijks waarneembaar					
geluidscherm aanwezig	nee					
bijzonderheden	voeg ligt niet loodrecht op de rijrichting					
SPB-meting						
datum	20 oktober 2006					
luchttemperatuur	16 °C					
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)]				
		80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h	120 km/h
boven kunstwerk (+5 m)	130 lv			78,1	79,2	80,3
onder kunstwerk (-3 m)	56 zv	63,7	63,9			
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk						
representatieve snelheid	110 km/h					
geluideis	81 [dB(A)]					
overschrijding van de eis	-2 dB(A)					
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk						
representatieve snelheid	80 km/h					
geluideis	71 [dB(A)]					
overschrijding van de eis	-7 dB(A)					

locatie	overzicht	detail
volgnummer 12; Aireborne brug; A2, Best		
meetplaats	landhoofd zuid, rijrichting 's-Hertogenbosch	
familie/ type voeg	nosing/ renovatiemodel met achterstrip	
topcode	51B-113	
wegdektype	tweelaags ZOAB	
visuele beoordeling	vlakheid goed	
aangrenzende verharding	hoger gesitueerd	
subjectieve waarneming	boven het kunstwerk goed hoorbaar door stille wegdek maar niet lawaaiig, onder het kunstwerk normaal hoorbaar	
geluidscherm aanwezig	ja	
bijzonderheden	geen	
SPB-meting		
datum	12 oktober 2006	
luchttemperatuur	20 °C	
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)]
		80 km/h 90 km/h 100 km/h 110 km/h 120 km/h
boven kunstwerk (+5 m)	104 lv	80,5
onder kunstwerk (-3 m)	50 zv	69,1
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk		
representatieve snelheid	100 km/h	
geluideis	80 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	1 dB(A)	
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk		
representatieve snelheid	80 km/h	
geluideis	61 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	8 dB(A)	

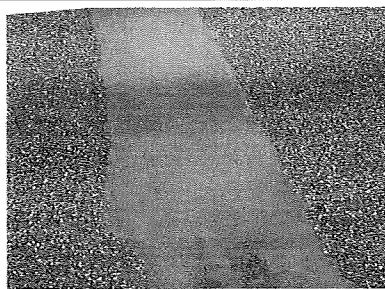
locatie	overzicht	detail				
volgnummer 13; kunstwerk Verbindingsweg A58-A2, Best						
meetplaats	landhoofd west, rijrichting 's-Hertogenbosch					
familie/ type voeg	matten/ gewelfde voegen					
topcode	51B-114					
wegdektype	ZOAB					
visuele beoordeling	vlakheid matig					
aangrenzende verharding	lager gesitueerd					
subjectieve waarneming	boven het kunstwerk normaal, onder het kunstwerk zeer lawaaiig					
geluidscherm aanwezig	nee					
bijzonderheden	geen					
SPB-meting						
datum	12 oktober 2006					
luchttemperatuur	17 °C					
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)]				
		80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h	120 km/h
boven kunstwerk (+5 m)	103 lv			79,8	80,9	
onder kunstwerk (-3 m)	63 zv	84,2	86,0			
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk						
representatieve snelheid	110 km/h					
geluideis	83 [dB(A)]					
overschrijding van de eis	-2 dB(A)					
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk						
representatieve snelheid	80 km/h					
geluideis	73 [dB(A)]					
overschrijding van de eis	11 dB(A)					

locatie	overzicht	detail
volgnummer 14; kunstwerk Verbindingsweg A58-A2, Best		
meetplaats	landhoofd oost, rijrichting 's-Hertogenbosch	
familie/ type voeg	nosing/ kunsthars met VA voegprofiel	
topcode	51B-114	
wegdektype	ZOAB	
visuele beoordeling	vlakheid matig	
aangrenzende verharding	hoger gesitueerd	
subjectieve waarneming	boven het kunstwerk vrij lawaaiige voeg, onder het kunstwerk stil	
geluidscherm aanwezig	nee	
bijzonderheden	de achtergrondniveaus onder het kunstwerk zijn hoog door het verkeer op de rijbaan A2-A58 richting Son	
SPB-meting		
datum	12 oktober 2006	
luchttemperatuur	17 °C	
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)] 80 km/h 90 km/h 100 km/h 110 km/h 120 km/h
boven kunstwerk (+5 m)	124 lv	84,0 84,6
onder kunstwerk (-3 m)	60 zv	71,9
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk		
representatieve snelheid	110 km/h	
geluideis	83 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	2 dB(A)	
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk		
representatieve snelheid	90 km/h	
geluideis	74 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	-2 dB(A)	

locatie	overzicht	detail
volgnummer 15; kunstwerk Vogelberg; A2, Maarheeze		
meetplaats	landhoofd noord, rijrichting Eindhoven	
familie/ type voeg	matten/ gewapende mattenvoegen	
topcode	57F-110	
wegdektype	ZOAB	
visuele beoordeling	vlakheid goed	
aangrenzende verharding	gelijk met de voeg	
subjectieve waarneming	boven en onder het kunstwerk normaal	
geluidscherm aanwezig	ja	
bijzonderheden	geen	
SPB-meting		
datum	18 oktober 2006	
luchttemperatuur	15 °C	
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)] 80 km/h 90 km/h 100 km/h 110 km/h 120 km/h
boven kunstwerk (+5 m)	105 lv	82,0
onder kunstwerk (-3 m)	62 zv	71,9 73,3
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk		
representatieve snelheid	110 km/h	
geluideis	83 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	-1 dB(A)	
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk		
representatieve snelheid	80 km/h	
geluideis	63 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	9 dB(A)	

locatie	overzicht	detail
volgnummer 16; kunstwerk Vogelberg; A2, Maarheeze		
meetplaats	landhoofd noord, rijrichting Weert	
familie/ type voeg	matten/ gewapende mattenvoegen	
topcode	57F-110	
wegdektype	ZOAB	
visuele beoordeling	vlakheid goed	
aangrenzende verharding	hoger gesitueerd	
subjectieve waarneming	boven en onder het kunstwerk normaal	
geluidscherm aanwezig	nee	
bijzonderheden	geen	
SPB-meting		
datum	25 oktober 2006	
luchttemperatuur	14 °C	
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)] 80 km/h 90 km/h 100 km/h 110 km/h 120 km/h
boven kunstwerk (+5 m)	109 lv	80,2 80,9
onder kunstwerk (-3 m)	57 zv	70,5
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk		
representatieve snelheid	110 km/h	
geluideis	83 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	-2 dB(A)	
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk		
representatieve snelheid	80 km/h	
geluideis	73 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	-2 dB(A)	

locatie	overzicht	detail
volgnummer 17; kunstwerk Molenberg; A2, Heeze		geen foto
meetplaats	landhoofd noord, rijrichting Eindhoven	
familie/ type voeg	flexibele/ bitumineus	
topcode	57E-101	
wegdektype	ZOAB	
visuele beoordeling	vlakheid matig	
aangrenzende verharding	gelijk met de voeg	
subjectieve waarneming	boven het kunstwerk stil, onder het kunstwerk niet waarneembaar	
geluidscherm aanwezig	ja	
bijzonderheden	hoog achtergrondniveau (60-70 dB(A)) onder het kunstwerk door de aanwezigheid van een kruising en op- en afritten naar de A2;	
SPB-meting		
datum	3 november 2006	
luchttemperatuur	9 °C	
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)] 80 km/h 90 km/h 100 km/h 110 km/h 120 km/h
boven kunstwerk (+5 m)	101 lv	78,9 79,4 79,9
onder kunstwerk (-3 m)	-	<65
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk		
representatieve snelheid	110 km/h	
geluideis	83 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	-4 dB(A)	
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk		
representatieve snelheid	80 km/h	
geluideis	63 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	-	

locatie	overzicht	detail
volgnummer 18; kunstwerk Molenberg; A2, Heeze		
meetplaats	landhoofd noord, rijrichting Weert	
familie/ type voeg	flexibele/ bitumineus	
topcode	57E-101	
wegdektype	ZOAB	
visuele beoordeling	vlakheid matig	
aangrenzende verharding	gelijk met de voeg	
subjectieve waarneming	zowel boven als onder het kunstwerk een stille voeg	
geluidscherm aanwezig	nee	
bijzonderheden	hoog achtergrondniveau (60-70 dB(A)) onder het kunstwerk door de aanwezigheid van een kruising en op- en afritten naar de A2	
SPB-meting		
datum	3 november 2006	
luchttemperatuur	9 °C	
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)] 80 km/h 90 km/h 100 km/h 110 km/h 120 km/h
boven kunstwerk (+5 m)	101 lv	77,2 78,0 78,6
onder kunstwerk (-3 m)	-	<65
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk		
representatieve snelheid	110 km/h	
geluideis	83 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	-5 dB(A)	
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk		
representatieve snelheid	80 km/h	
geluideis	73 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	-	

locatie	overzicht	detail
volgnummer 29; Zuiderbrug; A73, Venlo		
meetplaats	landhoofd west, rijrichting Blerick	
familie/ type voeg	lamellen/ lamellenvoeg	
topcode	58E-104	
wegdektype	ZOAB	
visuele beoordeling	vlakheid goed	
aangrenzende verharding	lager gesitueerd	
subjectieve waarneming	zowel boven als onder het kunstwerk lawaaiige voeg	
geluidscherm aanwezig	nee	
bijzonderheden	Naast de rijbaan is een vluchtstrook en fietspad aanwezig, hierdoor is de microfoonpositie onder het kunstwerk ver verwijderd van de voeg	
SPB-meting		
datum	27 oktober 2006	
luchttemperatuur	14 °C	
	aantal gemeten voertuigen	SPB-niveau [dB(A)] 70 km/h 80 km/h 90 km/h 100 km/h 110 km/h
boven kunstwerk (+5 m)	111 lv	82,0 83,3
onder kunstwerk (-3 m)	55	69,1 72,0
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad boven het kunstwerk		
representatieve snelheid	90 km/h	
geluideis	81 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	1 dB(A)	
Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad onder het kunstwerk		
representatieve snelheid	70 km/h	
geluideis	72 [dB(A)]	
overschrijding van de eis	-3 dB(A)	

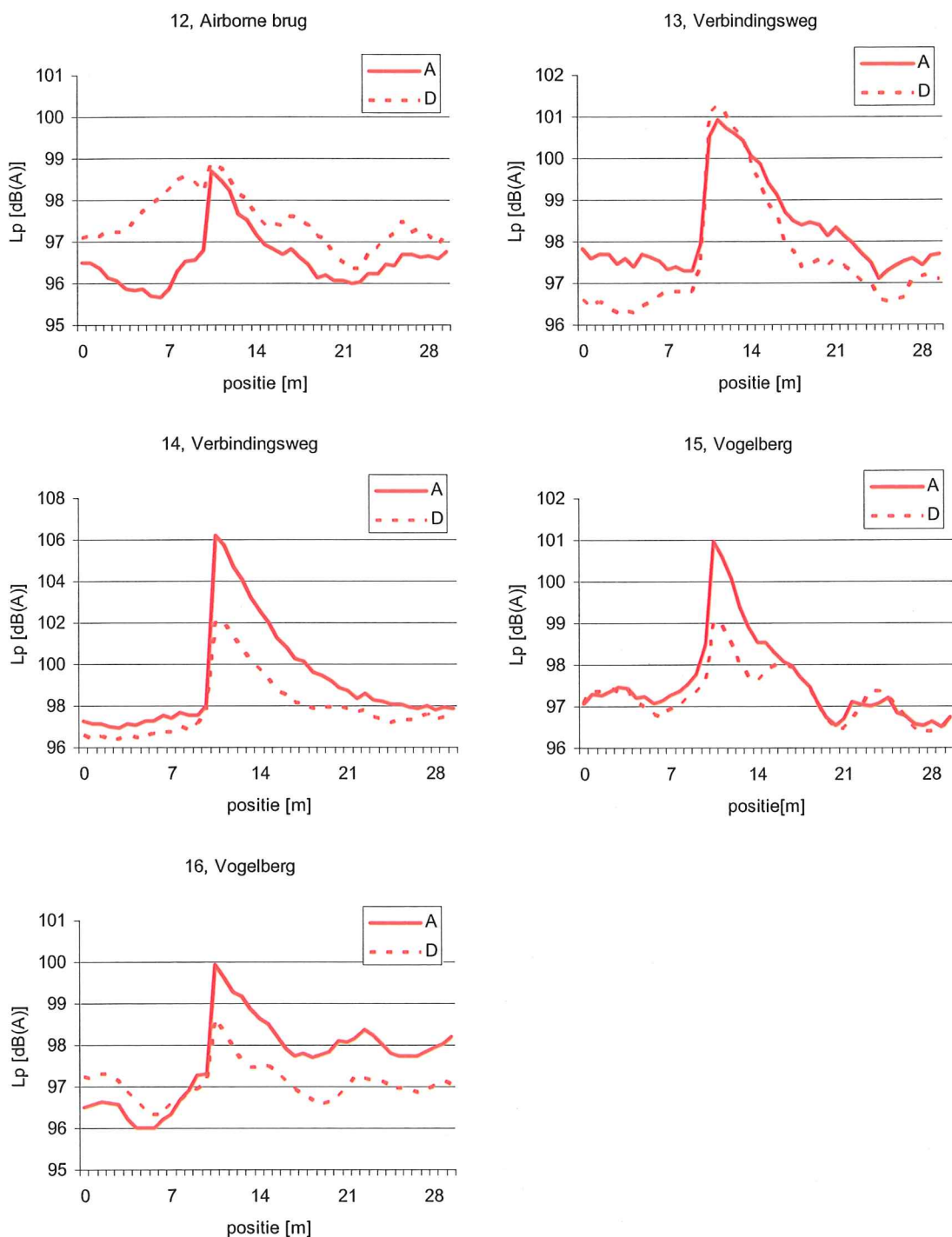
4.2 CPX-resultaten

Van de CPX-metingen is per band het maximale geluidniveau gedurende de passage bepaald. Voor elke voeg is de meting enkele malen herhaald. De resultaten van de CPX-metingen zijn gepresenteerd in tabel VI. Het betreft het gemiddelde maximale geluidniveau met bijbehorende standaard deviatie.

tabel VI *Gemiddelde maximale A-gewogen geluidniveau van de CPX-metingen*

volgnr.	kunstwerk	L_A [dB(A)]	standaard deviatie L_A [dB(A)]	L_D [dB(A)]	standaard deviatie L_D [dB(A)]
12	Aireborne brug	98,7	0,2	98,9	0,2
13	Verbindingsweg	100,9	0,3	101,3	0,1
14	Verbindingsweg	106,2	0,9	102,1	0,6
15	Vogelberg	101,0	0,3	99,0	0,3
16	Vogelberg	99,9	0,6	98,6	0,4

In figuur 6 is het verloop van het gemiddelde geluidniveau weergegeven bij de passage van de voegovergang. Hierbij is onderscheid gemaakt in de metingen met band A en met band D



figuur 6

Verloop van het gemiddelde geluidniveau bij de passage van de voeg voor band A en D

5 Analyse

5.1 SPB-metingen

5.1.1 Leidraad

In tabel VII staat weergegeven of de geluidniveaus voldaan zouden hebben indien de leidraad van toepassing zou zijn geweest.

tabel VII Toetsing aan de geluideis volgens de leidraad

volgnr.	kunstwerk	voldoet aan geluideis boven het kunstwerk?	voldoet aan geluideis onder het kunstwerk?
10	Julianalaan	nee	nee
11	brug Zuid Willemsvaart	ja	ja
12	Aireborne brug	nee	nee
13	Verbindingsweg	ja	nee
14	Verbindingsweg	nee	ja
15	Vogelberg	ja	nee
16	Vogelberg	ja	ja
17	Molenberg	ja	?
18	Molenberg	ja	ja
29	Zuiderbrug	nee	ja

Bij toepassing van de leidraad zou boven het kunstwerk 60 % van de voegen voldoen aan de gestelde eisen. Onder het kunstwerk voldoet 50% aan de eisen van de leidraad. Wat opvalt is dat op twee locaties (12 en 15) waar een geluidscherm staat het geluid niet voldoet aan de leidraad onder het kunstwerk. Op de derde locatie met een geluidscherm (17) was het stoorlawaai zo hoog dat het voeggeluid niet gemeten kon worden.

5.1.2 Bespreking per locatie

10, Julianalaan

De geluidniveaus zijn bij deze voeg relatief hoog. Het geluid heeft daarnaast zowel boven als onder het kunstwerk een laagfrequent karakter (piek bij 630 Hz voor lv en bij 500 Hz voor zv).

11, brug Zuid Willemsvaart

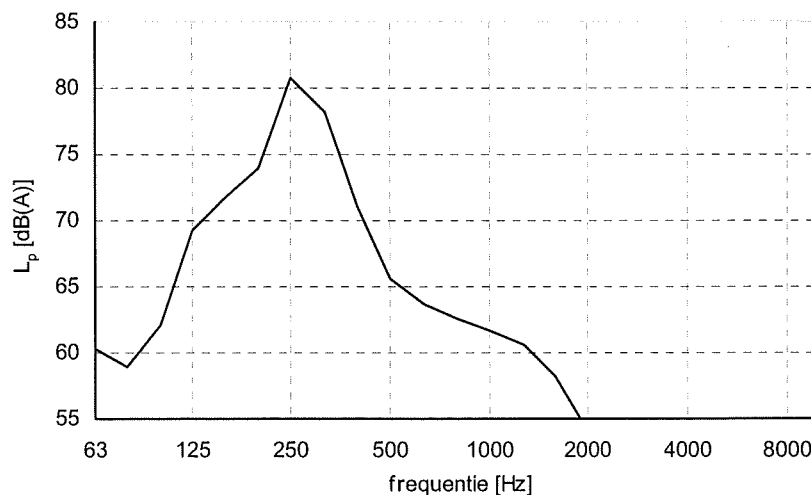
De voegovergang is een van de stillere uit de eerste meetserie. Een mogelijke oorzaak is het feit dat de voeg niet loodrecht op de rijrichting ligt. Hierdoor zal de voeg bij een voertuigpassage minder effectief worden aangeslagen door de banden. Onder het kunstwerk zijn de geluidniveaus erg laag. Mogelijk wordt hier niet het voeggeluid direct aan de onderkant gemeten maar dat van het verkeersgeluid aan de bovenzijde. Uit de regressieanalyse van de vrachtwagens, gemeten onder de brug, volgt geen snelheidsafhankelijke toename.

12, Aireborne brug

De voegovergang voldoet aan de bovenzijde en aan de onderzijde niet aan de eisen van de leidraad. De oorzaak is de strengere eis die geldt voor voegovergangen waar een geluidscherm aanwezig is en waar 2-laags ZOAB ligt. In vergelijking tot de andere voegovergangen liggen de geluidniveaus rond het gemiddelde van alle metingen in fase I.

13, Verbindingsweg

Onder het kunstwerk zijn de geluidniveaus zeer hoog. Onder het kunstwerk heeft het geluid een sterk laagfrequent karakter met een piekwaarde van meer dan 80 dB(A) bij 250 Hz. Dergelijke geluidniveaus bij lage frequenties zullen in een omgeving met geluidgevoelige bestemmingen (denk aan woningen) als zeer hinderlijk worden ervaren. In onderstaande figuur is het A-gewogen geluidsspectrum in tertsbanden weergegeven.



figuur 7

1/3 octaafbandspectrum van de voegovergang op locatie 13 (Verbindingsweg), gemeten aan de onderzijde van het kunstwerk

14, Verbindingsweg

De geluidniveaus boven het kunstwerk zijn relatief hoog. Het is boven het kunstwerk de lawaaiigste voeg van de eerste serie metingen. Mogelijke oorzaak is de onvlakke aansluiting met de aanliggende verharding. Onder het kunstwerk zijn de geluidniveaus relatief laag.

15 en 16, Vogelberg

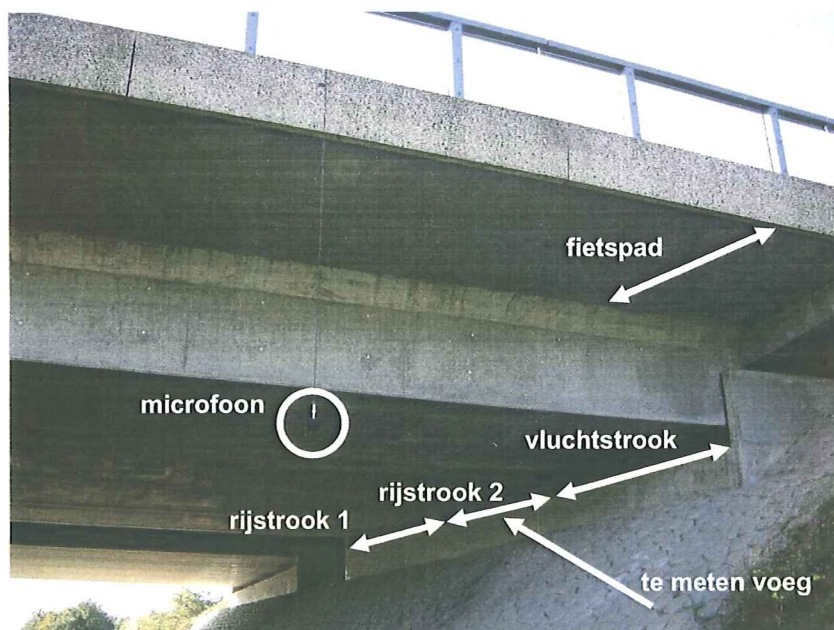
De voeg aan de westzijde (locatie 16) is iets stiller dan de voeg aan de oostzijde (locatie 15). De verschillen liggen in de orde grootte van 1 tot 2 dB(A).

17 en 18, Molenberg

De geluidniveaus zijn zowel aan de boven- als aan de onderzijde van het kunstwerk relatief laag. De aanname volgens de leidraad is dat een ZOAB voor lichte motorvoertuigen bij 110 km/h een SPB-waarde heeft van 77,6 dB(A) wanneer rekening gehouden wordt met de correctieterm W van 2 dB(A). De gemeten geluidniveaus aan de bovenzijde van de voeg zijn voor de locaties 17 en 18 respectievelijk 79,4 dB(A) en 78,0 dB(A) voor lichte motorvoertuigen bij 110 km/h.

29, Zuiderbrug

Boven het kunstwerk liggen de geluidniveaus boven die van de eisen uit de leidraad. Ondanks dat bij de subjectieve beoordeling van het geluid de voeg als lawaaiig wordt aangemerkt liggen de geluidniveaus onder het kunstwerk onder de eis van de leidraad. Bedacht moet worden dat de microfoon onder het kunstwerk zich echter op relatief grote afstand bevindt van de te meten voeg door de aanwezigheid van een brede vluchtstrook en een fietspad. De meetprocedure uit de leidraad lijkt in dit geval niet geschikt voor een goede beoordeling van het geluid onder het kunstwerk. De situatie aan de onderzijde van de Zuiderbrug is in onderstaande foto weergegeven.



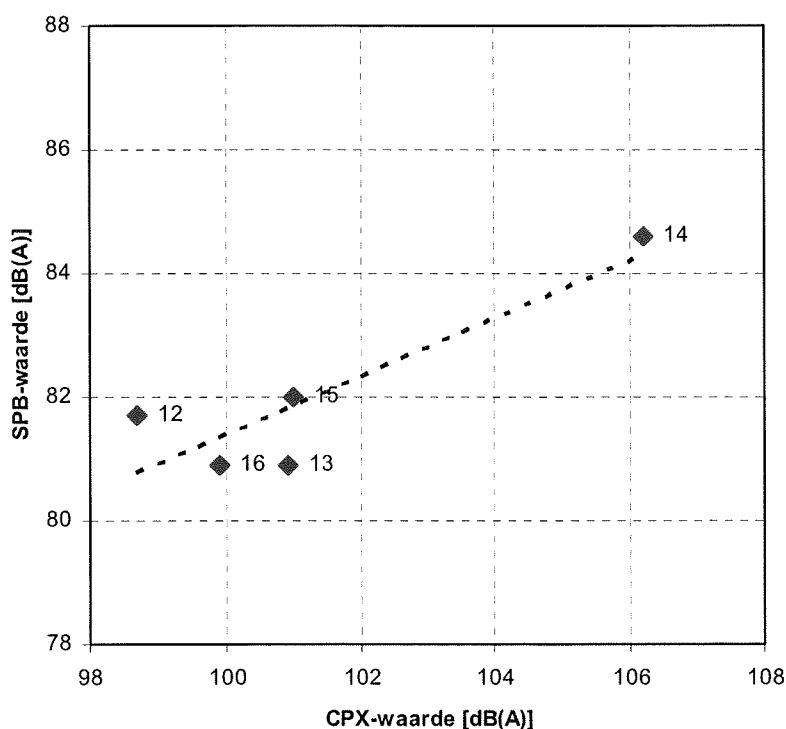
figuur 8

Situatie onder de Zuiderbrug bij Venlo

5.1.3

CPX-metingen

In de leidraad wordt de CPX-methode genoemd als alternatief voor de SPB-methode indien deze om bepaalde redenen niet uitgevoerd kan worden. Om die reden is bekeken welke relatie de CPX-metingen aan vijf voegen hebben met de SPB-metingen (boven het kunstwerk) aan dezelfde voegen. In figuur 9 zijn de resultaten van beide metingen tegen elkaar uitgezet.



figuur 9

Relatie tussen de SPB- en CPX-waarden van vijf kunstwerken

Door de spreiding van de meetresultaten en het beperkte aantal metingen is het niet mogelijk een verband te leggen tussen beide meetmethoden.

6 Conclusie en aanbevelingen

In een drietal gevallen is het geluid boven de voeg gemeten in de aanwezigheid van een geluidscherm. Er dient rekening gehouden te worden dat metingen in de buurt van geluidschermen beïnvloedt zijn door reflecties, afscherming of diffractie. Aangezien dit een structurele meeton nauwkeurigheid betreft, zal een dergelijke invloed vaak niet direct waarneembaar zijn in meetresultaten. Overigens voldoet een meting niet aan de randvoorwaarden uit de ISO-norm voor SPB-metingen bij de aanwezigheid van een geluidscherm in de buurt van de meetmicrofoon.

Bij een aantal metingen is het stoorniveau onder het kunstwerk sterk van invloed op de meetbaarheid van het voeggeluid (onder het kunstwerk). In twee gevallen was het geluidsniveau onder het kunstwerk hierdoor niet meetbaar. Voor een goede beoordeling is het aan te bevelen om voegconstructies met lage geluidsniveaus onder het kunstwerk niet mee te nemen in de analyses bij hoge stoorgeluidsniveaus (bijvoorbeeld bij een druk bereden weg welke onder het kunstwerk doorloopt).

Bij de SPB-metingen is in de leidraad niet voorgeschreven dat er rekening gehouden moet worden met een temperatuurcorrectie. Bij reguliere SPB-metingen aan wegdekken is dit echter wel gebruikelijk. Het is te overwegen in het vervolg rekening te houden met een correctie voor de luchttemperatuur.

Er zijn nu toe te weinig CPX-metingen gedaan om te beoordelen of de CPX-meting een alternatief kan zijn voor de SPB-methode. Wel is gebleken dat bij herhaling van de meting de maximale geluidsniveaus kunnen variëren tot ruim 2 dB(A). Het is daarom aan te raden bij de beoordeling van voegovergangen met de CPX-methode de meting een aantal keer te herhalen.

7 Literatuur

- [1] "Leidraad geluideisen aan voegovergangen", J. Hoogwerff, J.N. Booij, W.J.A. van Vliet, M+P-rapport M+P.RWSBWD.05.1.3, 4 april 2006;
- [2] ISO 11819-1, "Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - part 1: The Statistical Pass-By Method", 24-05-1996;
- [3] ISO/CD-11819-2, "Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise- part 2: The Close Proximity method", 13-12-2000;
- [4] BDX-8476, "Overeenkomst betreffende het uitvoeren van geluidsmetingen bij voegovergangen in een selectie van kunstwerken gelegen in heel Nederland in beheer bij Rijkswaterstaat", Rijkswaterstaat Bouwdienst, 14 september 2006;
- [5] Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaï 2002, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag, Staatscourant nr. 62, 28 maart 2002;
- [6] CROW-publicatie 200, "De methode Cwegdek 2002 voor wegverkeersgeluid", Ede, april 2004.

BIJLAGE A

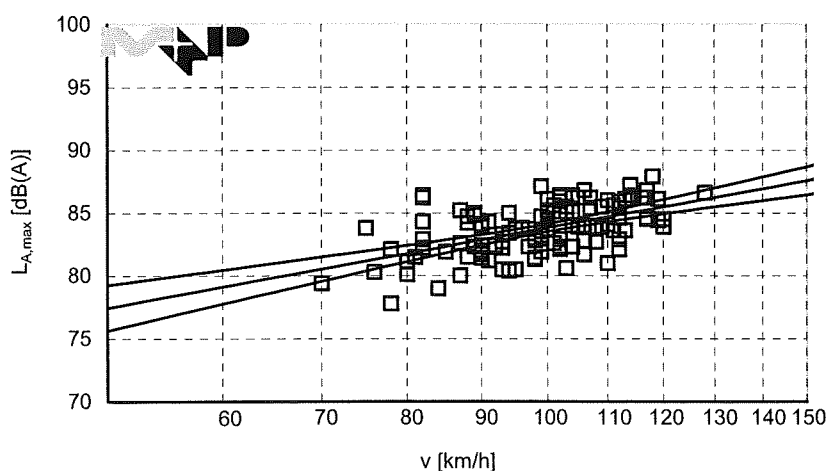
SPB-resultaten aan 10 volgevers (niet)

Statistical Pass-By

Locatie	A27, Raamsdonkveer kunstwerk Julianalaan	Datum	9-10-2006
Km.	18,650	Temperatuur lucht [°C]	15
Richting	Utrecht	Temperatuur wegdek [°C]	-
Wegdek	ZOAB 6/16	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Type voeg		Meethoogte	5 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



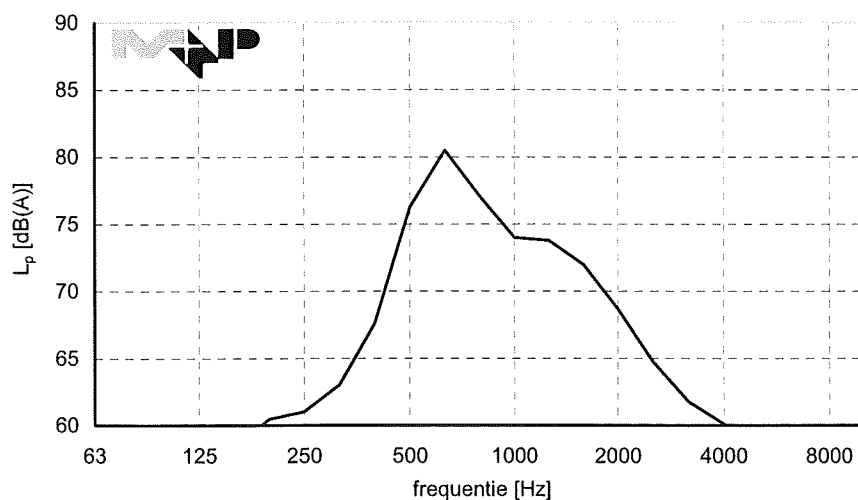
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	77.5	1.8
60	79.1	1.3
70	80.5	1.0
80	81.8	0.6
90	82.9	0.4
100	83.8	0.3
110	84.7	0.4
120	85.5	0.6
130	86.2	0.8

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

Constante a	81.8	Aantal metingen	119
Richtingscoëfficiënt b	21.2	Gemiddelde snelheid [km/h]	99.5
Correlatiecoëfficiënt R	0.5	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	11.6
Residu [dB(A)]	1.7	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	83.7
Referentiesnelheid v_o [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	2.0

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 110 km/h



Octaafbandspectrum bij 110 km/h

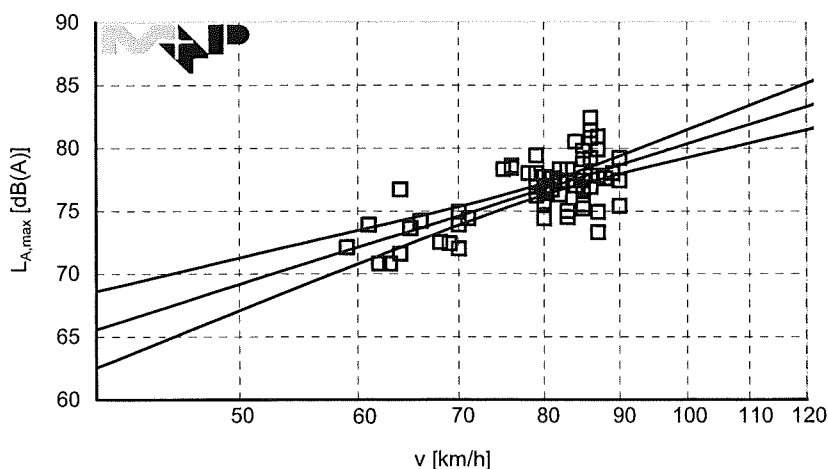
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	52.5
125	60.6
250	66.4
500	82.0
1000	80.0
2000	74.2
4000	64.9
8000	56.4
tot	84.7

Statistical Pass-By

Locatie	A27, Raamsdonkveer kunstwerk Julianalaan	Datum	9-10-2006
Km.	18,650	Temperatuur lucht [°C]	15
Richting	Utrecht	Temperatuur wegdek [°C]	-
Wegdek	ZOAB 6/16	Voertuigcategorie	Zware motorvoertuigen
Type voeg		Meethoogte	- 3 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



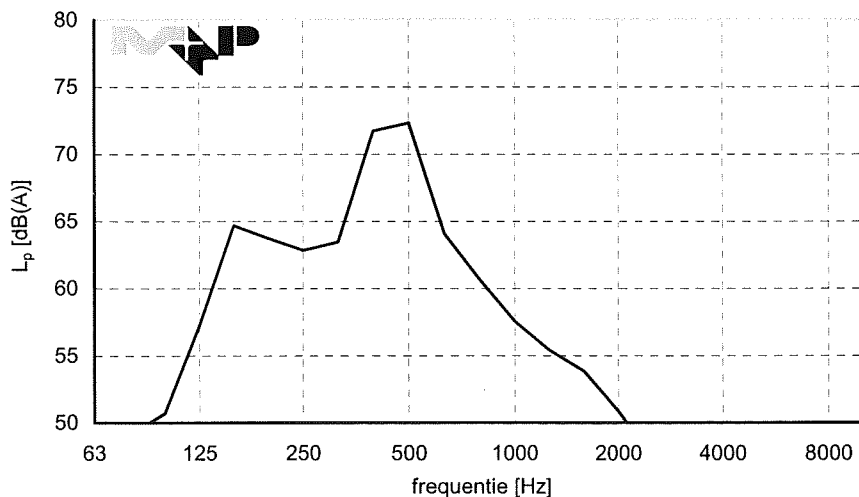
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	65.6	3.0
50	69.2	2.1
60	72.1	1.3
70	74.6	0.7
80	76.8	0.5
90	78.7	0.7
100	80.4	1.1
110	81.9	1.5
120	83.3	1.9

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

Constante a	74.6	Aantal metingen	65
Richtingscoëfficiënt b	37.1	Gemiddelde snelheid [km/h]	79.6
Correlatiecoëfficiënt R	0.7	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	8.0
Residu [dB(A)]	1.9	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	76.6
Referentiesnelheid v_o [km/h]	70	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	2.6

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 80 km/h



Octaafbandspectrum bij 80 km/h

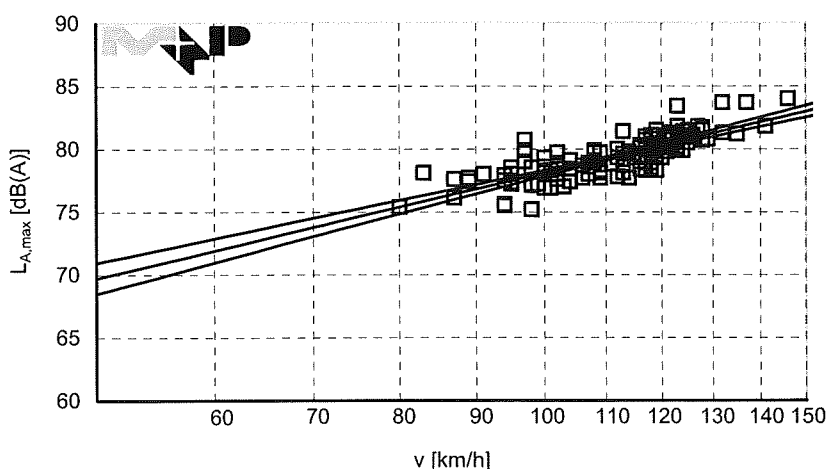
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	53.4
125	65.6
250	68.1
500	75.4
1000	63.2
2000	56.2
4000	47.0
8000	35.0
tot	76.8

Statistical Pass-By

Locatie	A50, Veghel brug Zuid Willemsvaart	Datum	20-10-2006
Km.	112,840	Temperatuur lucht [°C]	16
Richting	Eindhoven	Temperatuur wegdek [°C]	20
Wegdek	2-laags ZOAB	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Type voeg	Algaflex gewapende voeg T100	Meethoogte	5 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



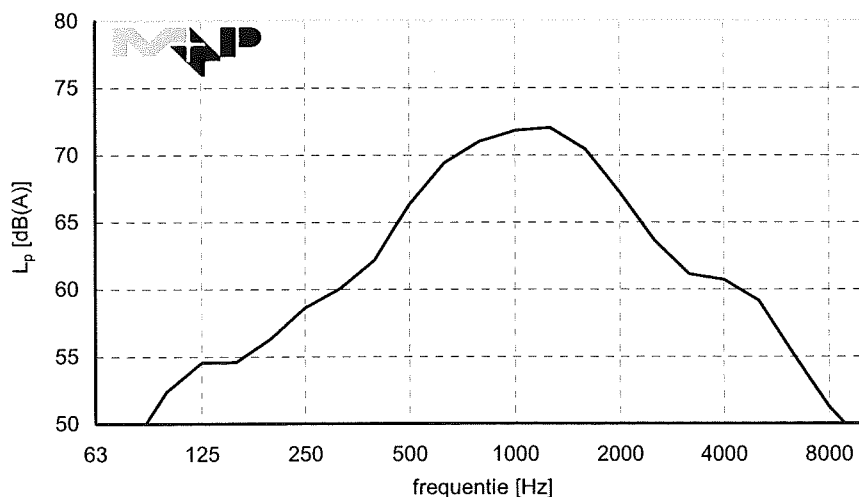
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	69.7	1.2
60	71.9	1.0
70	73.8	0.7
80	75.4	0.5
90	76.8	0.4
100	78.1	0.2
110	79.2	0.2
120	80.3	0.2
130	81.3	0.3

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

Constante a	75.4	Aantal metingen	130
Richtingscoëfficiënt b	27.8	Gemiddelde snelheid [km/h]	111.9
Correlatiecoëfficiënt R	0.8	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	12.3
Residu [dB(A)]	1.0	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	79.4
Referentiesnelheid v_o [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.7

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 110 km/h



Octaafbandspectrum bij 110 km/h

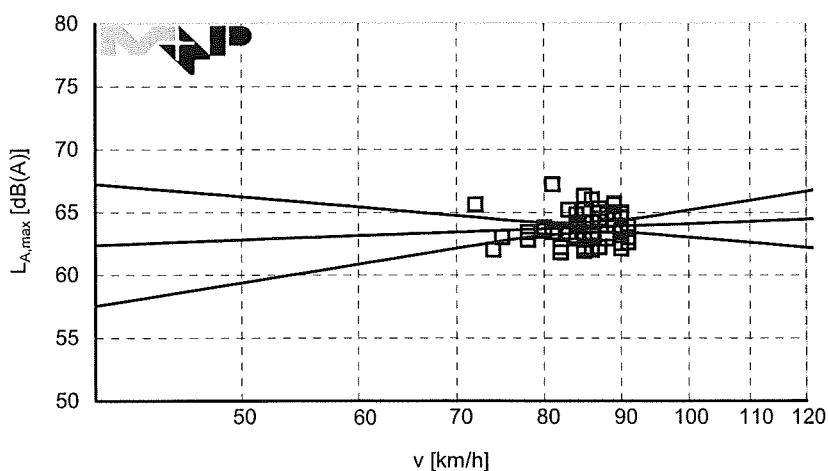
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	50.2
125	58.7
250	63.4
500	71.7
1000	76.4
2000	72.7
4000	65.2
8000	57.2
tot	79.2

Statistical Pass-By

Locatie	A50, Veghel brug Zuid Willemsvaart	Datum	20-10-2006
Km.	112,840	Temperatuur lucht [°C]	16
Richting	Eindhoven	Temperatuur wegdek [°C]	20
Wegdek	2-laags ZOAB	Voertuigcategorie	Zware motorvoertuigen
Type voeg	Algaflex gewapende voeg T100	Meethoogte	-3 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



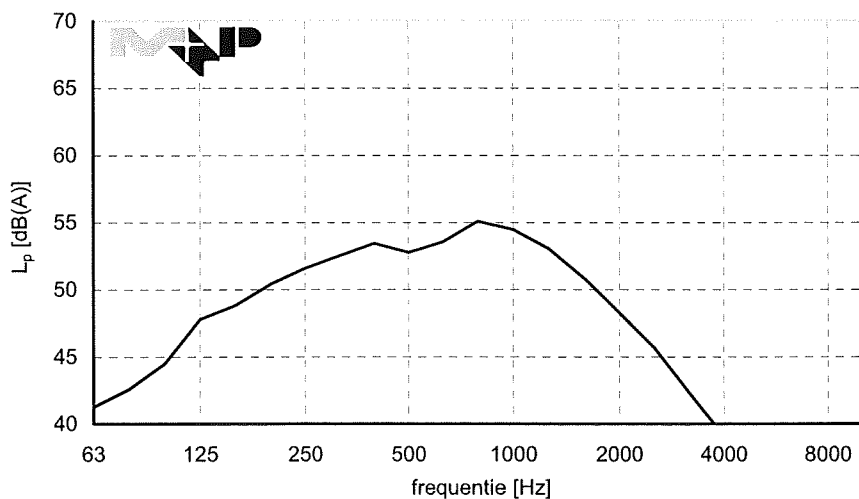
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	62.4	4.8
50	62.8	3.4
60	63.1	2.3
70	63.4	1.3
80	63.7	0.5
90	63.9	0.5
100	64.1	1.1
110	64.3	1.7
120	64.4	2.2

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

Constante a	63.4	Aantal metingen	56
Richtingscoëfficiënt b	4.3	Gemiddelde snelheid [km/h]	85.1
Correlatiecoëfficiënt R	0.1	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	4.4
Residu [dB(A)]	1.2	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	63.8
Referentiesnelheid v_o [km/h]	70	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.2

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 80 km/h



Octaafbandspectrum bij 80 km/h

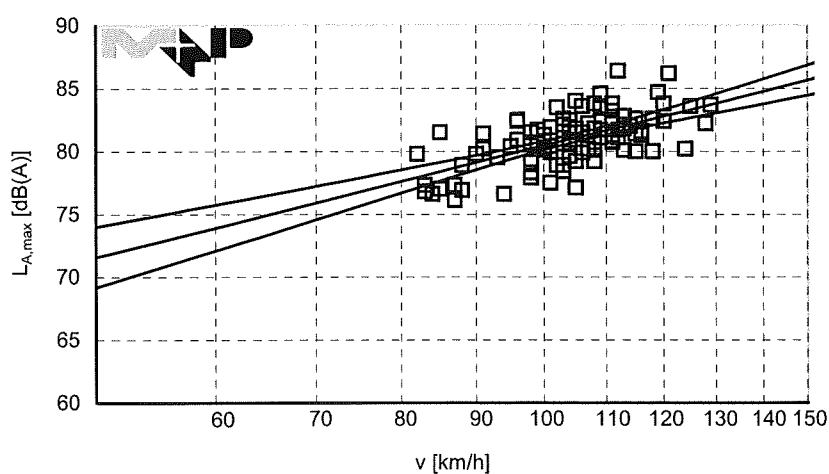
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	45.6
125	52.2
250	56.4
500	58.0
1000	59.1
2000	53.5
4000	44.5
8000	34.6
tot	63.7

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Best	Datum	12-10-2006
	Airborne brug	Temperatuur lucht [°C]	20
Km.	141,680	Temperatuur wegdek [°C]	-
Richting	's-Hertogenbosch	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Wegdek	2-laags ZOAB	Meethoogte	5 m
Type voeg	Renovatiemodel met achterstrip		

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



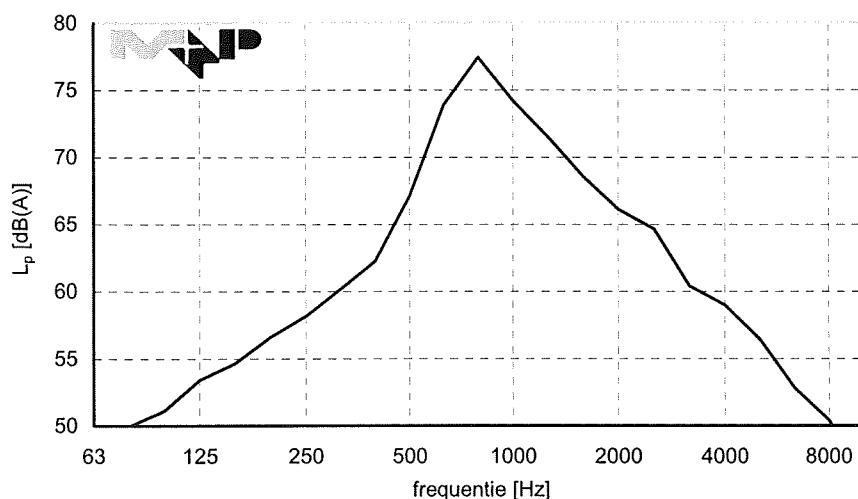
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	71.6	2.4
60	73.9	1.8
70	75.9	1.3
80	77.6	0.9
90	79.1	0.6
100	80.5	0.3
110	81.7	0.4
120	82.8	0.5
130	83.8	0.8

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

Constante a	77.6	Aantal metingen	104
Richtingscoëfficiënt b	29.5	Gemiddelde snelheid [km/h]	104.6
Correlatiecoëfficiënt R	0.6	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	10.1
Residu [dB(A)]	1.6	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	81.0
Referentiesnelheid v_o [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	2.0

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 110 km/h



Octaafbandspectrum bij 110 km/h

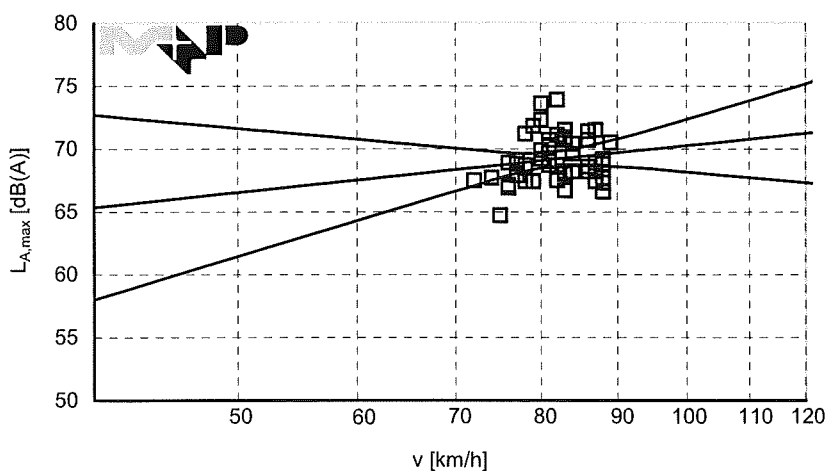
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	51.4
125	58.1
250	63.4
500	75.0
1000	79.8
2000	71.5
4000	63.7
8000	55.3
tot	81.7

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Best	Datum	12-10-2006
	Airborne brug	Temperatuur lucht [°C]	20
Km.	141,680	Temperatuur wegdek [°C]	-
Richting	5-Hertogenbosch	Voertuigcategorie	Zware motorvoertuigen
Wegdek	2-laags ZOAB	Meethoogte	-3 m
Type voeg	Renovatiemodel met achterstrip		

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



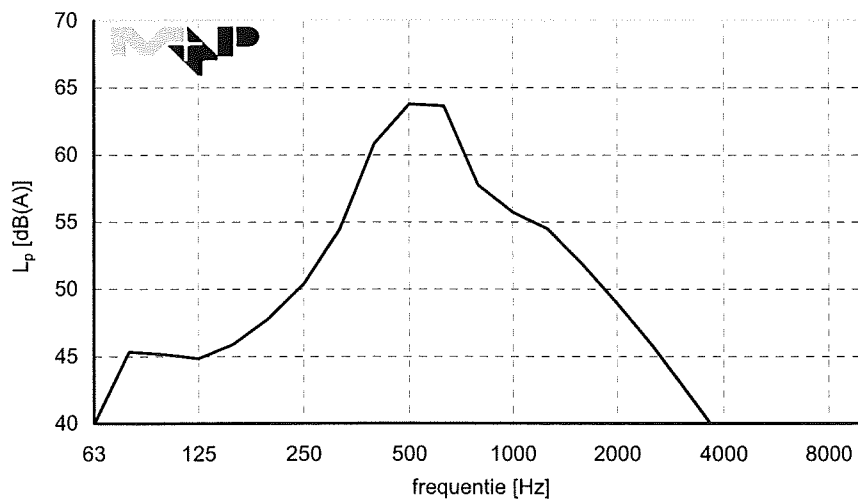
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	65.4	7.4
50	66.6	5.1
60	67.5	3.2
70	68.4	1.7
80	69.1	0.6
90	69.7	1.1
100	70.3	2.1
110	70.8	3.1
120	71.2	3.9

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

Constante a	68.4	Aantal metingen	50
Richtingscoëfficiënt b	12.3	Gemiddelde snelheid [km/h]	81.9
Correlatiecoëfficiënt R	0.2	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	4.2
Residu [dB(A)]	1.8	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	69.2
Referentiesnelheid v_o [km/h]	70	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.9

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 80 km/h



Octaafbandspectrum bij 80 km/h

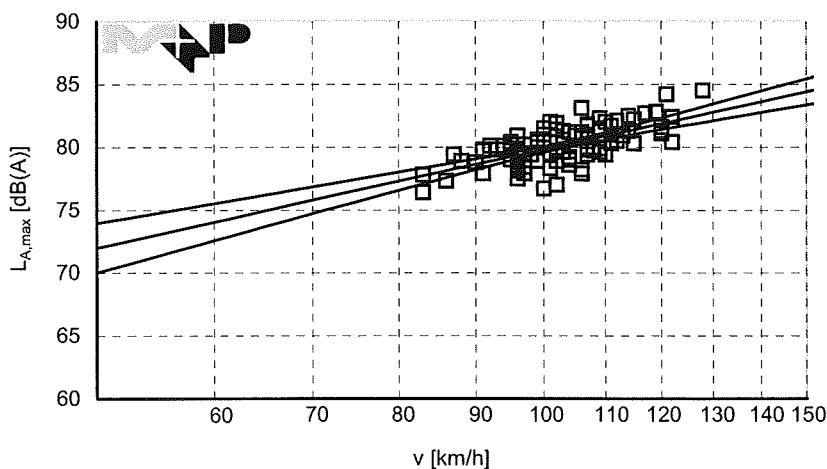
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	46.6
125	50.1
250	56.5
500	67.7
1000	61.0
2000	54.3
4000	44.4
8000	33.1
tot	69.1

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Best	Datum	12-10-2006
	kunstwerk Verbindingsweg	Temperatuur lucht [°C]	17
Km.	10,520	Temperatuur wegdek [°C]	-
Richting	s-Hertogenbosch	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Wegdek	ZOAB 6/16	Meethoogte	5 m
Type voeg	Gewelfde voegen		

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



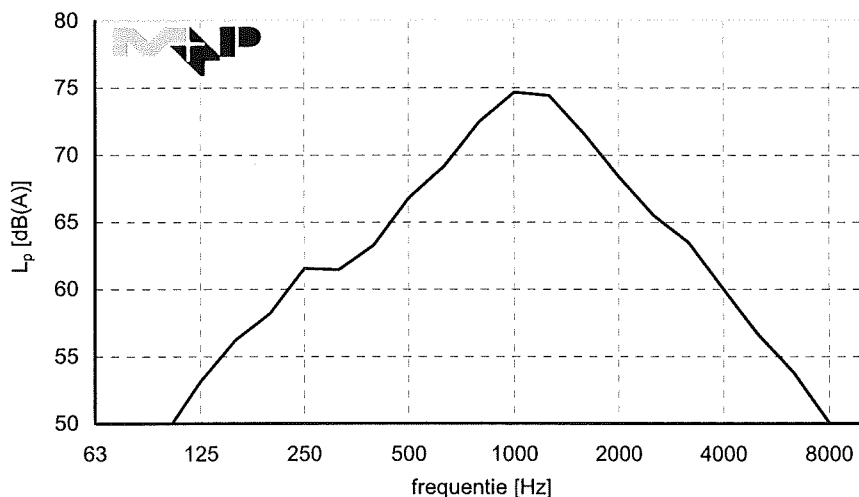
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	72.0	2.0
60	74.1	1.5
70	75.8	1.1
80	77.3	0.7
90	78.6	0.4
100	79.8	0.2
110	80.9	0.3
120	81.9	0.5
130	82.8	0.7

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

Constante a	77.3	Aantal metingen	103
Richtingscoëfficiënt b	26.0	Gemiddelde snelheid [km/h]	103.1
Correlatiecoëfficiënt R	0.6	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	8.9
Residu [dB(A)]	1.2	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	80.1
Referentiesnelheid v_o [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.5

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 110 km/h



Octaafbandspectrum bij 110 km/h

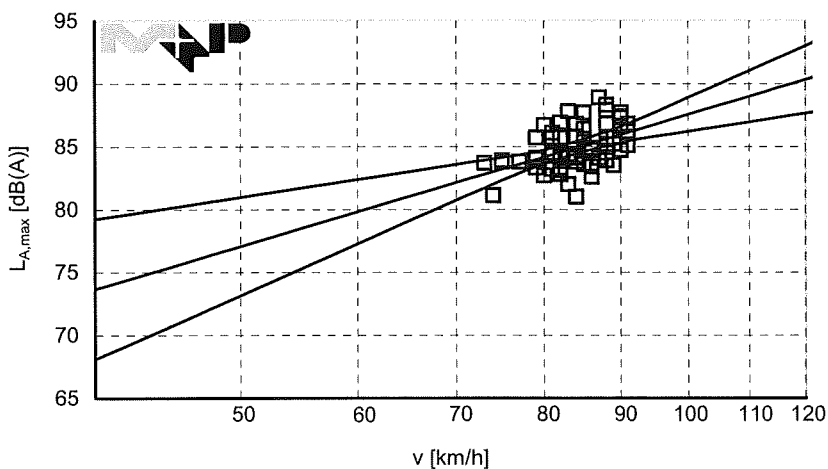
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	50.3
125	58.5
250	65.4
500	71.8
1000	78.7
2000	74.0
4000	65.7
8000	55.7
tot	80.9

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Best kunstwerk Verbindingsweg	Datum	12-10-2006
Km.	10,520	Temperatuur lucht [°C]	17
Richting	5-Hertogenbosch	Temperatuur wegdek [°C]	-
Wegdek	ZOAB 6/16	Voertuigcategorie	Zware motorvoertuigen
Type voeg	Gewelfde voegen	Meethoogte	-3 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



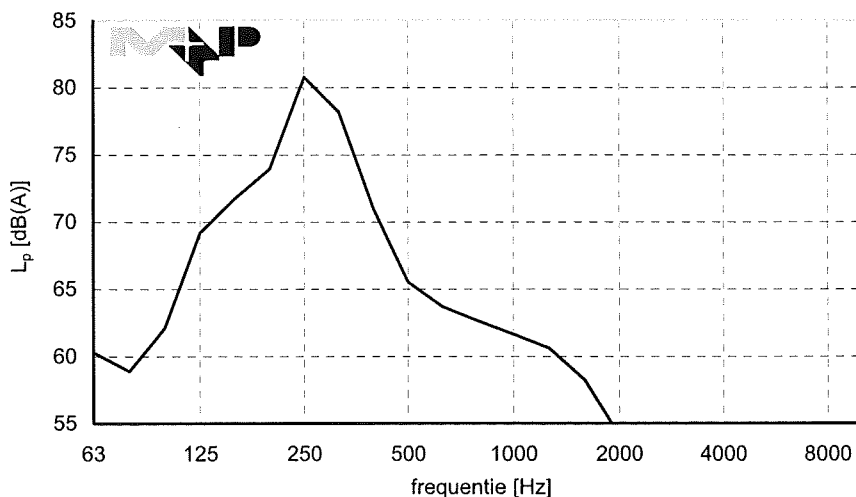
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	73.7	5.6
50	77.1	3.9
60	79.8	2.6
70	82.2	1.4
80	84.2	0.5
90	86.0	0.6
100	87.6	1.4
110	89.0	2.0
120	90.3	2.7

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

Constante a	82.2	Aantal metingen	63
Richtingscoëfficiënt b	34.9	Gemiddelde snelheid [km/h]	84.1
Correlatiecoëfficiënt R	0.5	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	4.3
Residu [dB(A)]	1.5	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	84.9
Referentiesnelheid v_o [km/h]	70	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.7

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 80 km/h



Octaafbandspectrum bij 80 km/h

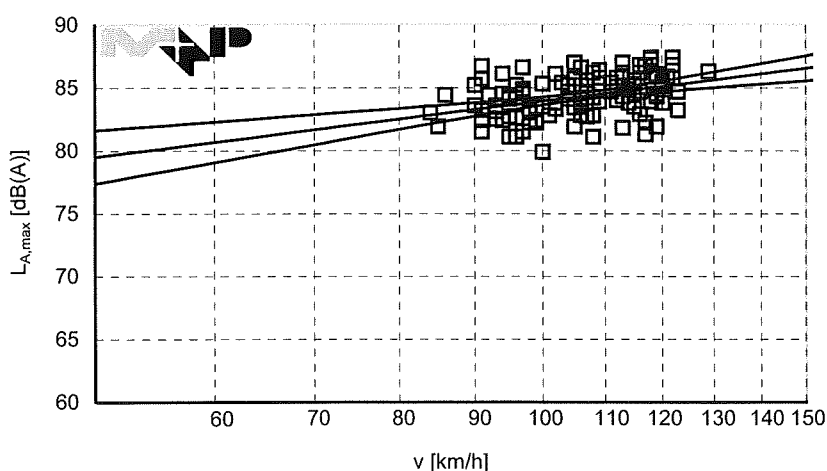
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	64.1
125	74.0
250	83.2
500	72.7
1000	66.5
2000	60.5
4000	54.8
8000	44.5
tot	84.2

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Best	Datum	12-10-2006
	kunstwerk Verbindingsweg	Temperatuur lucht [°C]	17
Km.	10,410	Temperatuur wegdek [°C]	-
Richting	§-Hertogenbosch	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Wegdek	ZOAB 6/16	Meethoogte	5 m
Type voeg	knsthars met VA voegprofiel		

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



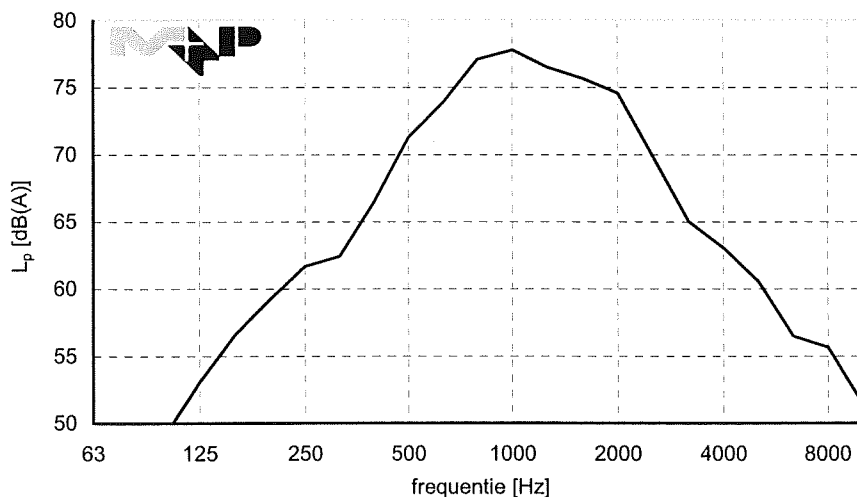
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	79.5	2.1
60	80.7	1.6
70	81.7	1.2
80	82.5	0.8
90	83.3	0.5
100	84.0	0.3
110	84.6	0.3
120	85.1	0.4
130	85.6	0.6

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

Constante a	82.5	Aantal metingen	124
Richtingscoëfficiënt b	14.8	Gemiddelde snelheid [km/h]	106.2
Correlatiecoëfficiënt R	0.4	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	10.0
Residu [dB(A)]	1.5	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	84.3
Referentiesnelheid v_o [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.6

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 110 km/h



Octaafbandspectrum bij 110 km/h

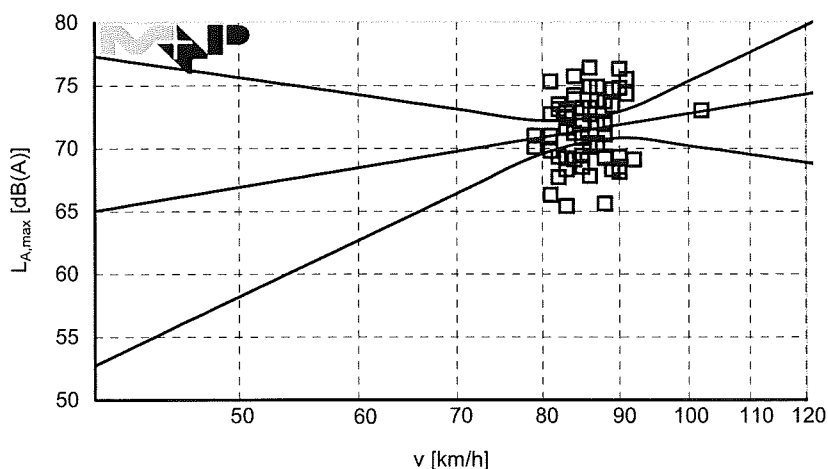
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	48.7
125	58.7
250	66.1
500	76.3
1000	81.9
2000	78.8
4000	68.0
8000	59.8
tot	84.6

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Best	Datum	12-10-2006
	kunstwerk Verbindingsweg	Temperatuur lucht [°C]	17
Km.	10,410	Temperatuur wegdek [°C]	-
Richting	s-Hertogenbosch	Voertuigcategorie	Zware motorvoertuigen
Wegdek	ZOAB 6/16	Meethoogte	-3 m
Type voeg	knsthars met VA voegprofiel		

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



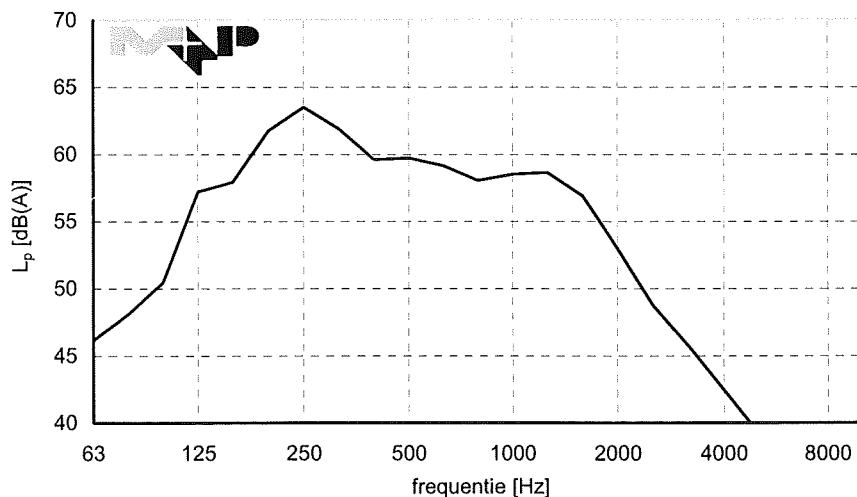
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	65.0	12.3
50	66.9	8.7
60	68.5	5.8
70	69.8	3.3
80	70.9	1.3
90	71.9	1.0
100	72.8	2.6
110	73.6	4.1
120	74.3	5.4

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

Constante a	69.8	Aantal metingen	60
Richtingscoëfficiënt b	19.4	Gemiddelde snelheid [km/h]	85.8
Correlatiecoëfficiënt R	0.1	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	3.8
Residu [dB(A)]	2.6	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	71.5
Referentiesnelheid v_o [km/h]	70	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	2.7

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 80 km/h



Octaafbandspectrum bij 80 km/h

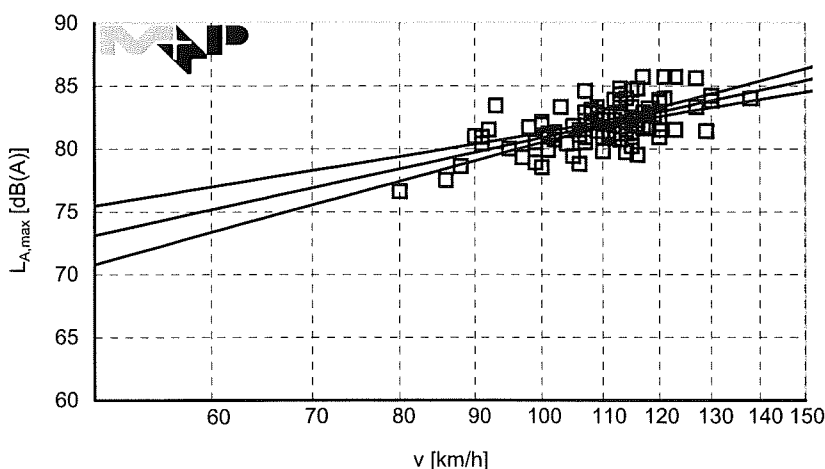
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	50.9
125	61.0
250	67.2
500	64.3
1000	63.2
2000	58.8
4000	48.0
8000	37.4
tot	70.9

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Maarheeze kunstwerk Vogelberg	Datum	18-10-2006
Km.	182,750	Temperatuur lucht [°C]	15
Richting	Eindhoven	Temperatuur wegdek [°C]	17
Wegdek	ZOAB 6/16	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Type voeg	Gewapende mattenvoeg	Meethoogte	5 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



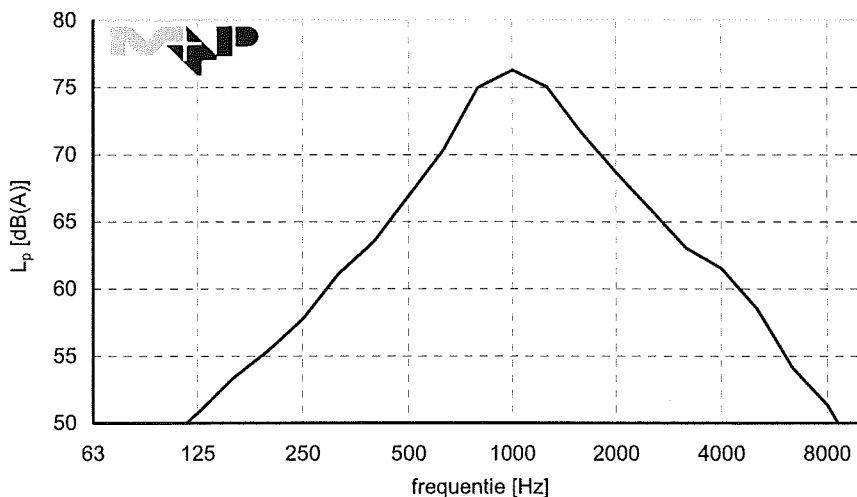
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	73.1	2.3
60	75.2	1.8
70	76.9	1.4
80	78.4	1.0
90	79.7	0.7
100	80.9	0.4
110	82.0	0.3
120	82.9	0.4
130	83.8	0.5

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

Constante a	78.4	Aantal metingen	105
Richtingscoëfficiënt b	25.8	Gemiddelde snelheid [km/h]	110.5
Correlatiecoëfficiënt R	0.6	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	9.8
Residu [dB(A)]	1.4	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	82.0
Referentiesnelheid v_0 [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.7

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 110 km/h



Octaafbandspectrum bij 110 km/h

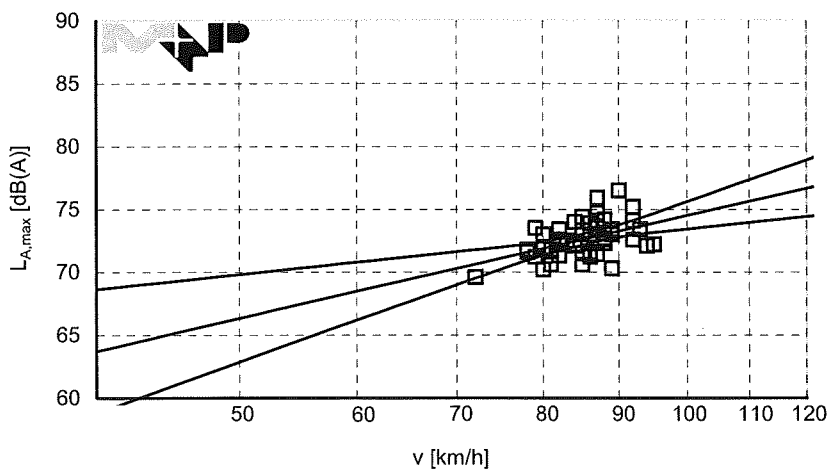
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	48.5
125	56.1
250	63.5
500	72.6
1000	80.3
2000	74.1
4000	66.2
8000	56.5
tot	82.0

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Maarheeze kunstwerk Vogelberg	Datum	18-10-2006
Km.	182,750	Temperatuur lucht [°C]	15
Richting	Eindhoven	Temperatuur wegdek [°C]	17
Wegdek	ZOAB 6/16	Voertuigcategorie	Zware motorvoertuigen
		Meethoogte	-3 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



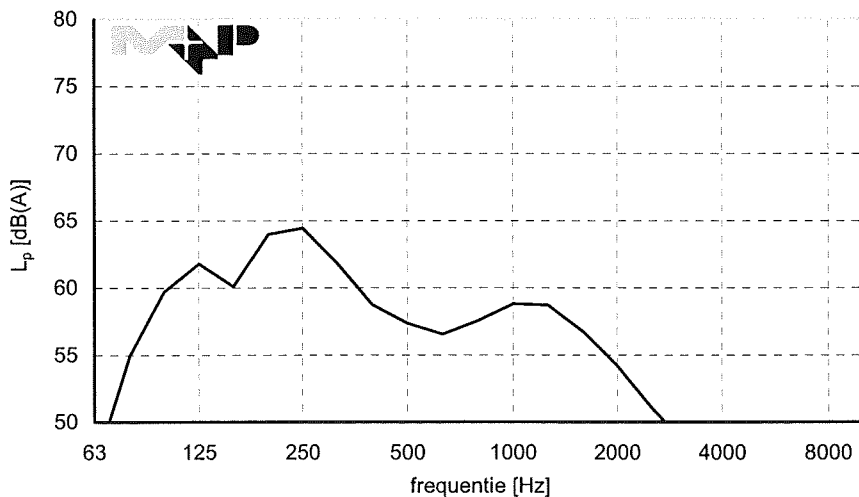
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	63.7	4.9
50	66.4	3.5
60	68.5	2.3
70	70.3	1.3
80	71.9	0.5
90	73.3	0.5
100	74.5	1.1
110	75.7	1.7
120	76.7	2.2

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

Constante a	70.3	Aantal metingen	52
Richtingscoëfficiënt b	27.2	Gemiddelde snelheid [km/h]	85.2
Correlatiecoëfficiënt R	0.5	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	4.6
Residu [dB(A)]	1.2	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	72.6
Referentiesnelheid v_o [km/h]	70	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.4

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 80 km/h



Octaafbandspectrum bij 80 km/h

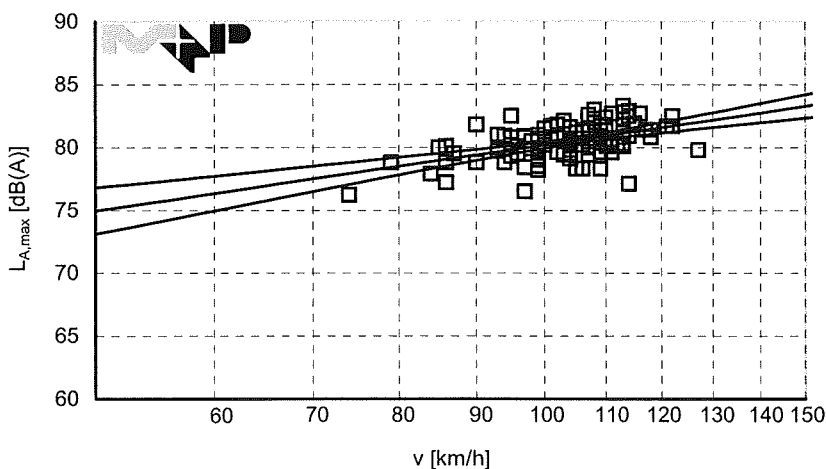
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	55.7
125	65.4
250	68.3
500	62.4
1000	63.2
2000	59.4
4000	51.0
8000	41.0
tot	71.9

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Maarheeze kunstwerk Vogelberg	Datum	25-10-2006
Km.	182,750	Temperatuur lucht [°C]	14
Richting	Weert	Temperatuur wegdek [°C]	-
Wegdek	ZOAB 6/16	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Type voeg	Gewapende mattenvoeg	Meethoogte	5 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



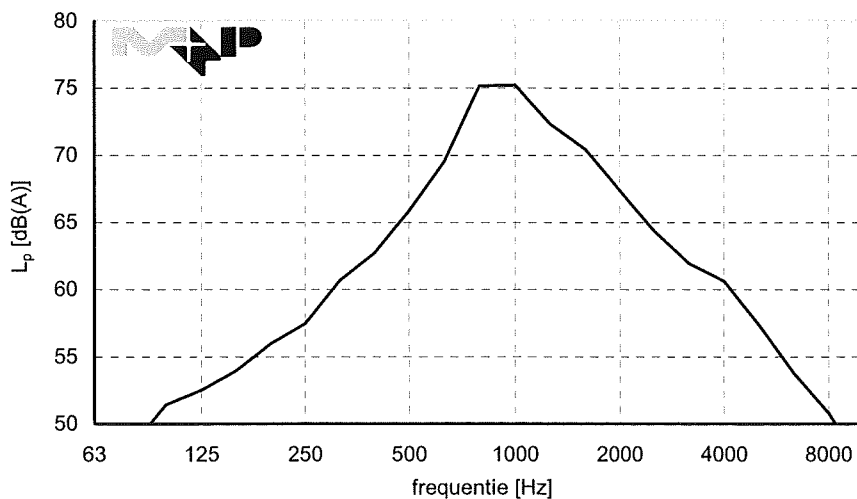
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	75.0	1.8
60	76.3	1.4
70	77.5	1.0
80	78.5	0.7
90	79.4	0.4
100	80.2	0.3
110	80.9	0.3
120	81.6	0.4
130	82.2	0.6

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

Constante a	78.5	Aantal metingen	109
Richtingscoëfficiënt b	17.4	Gemiddelde snelheid [km/h]	104.3
Correlatiecoëfficiënt R	0.5	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	9.5
Residu [dB(A)]	1.2	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	80.5
Referentiesnelheid v_o [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.4

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 110 km/h



Octaafbandspectrum bij 110 km/h

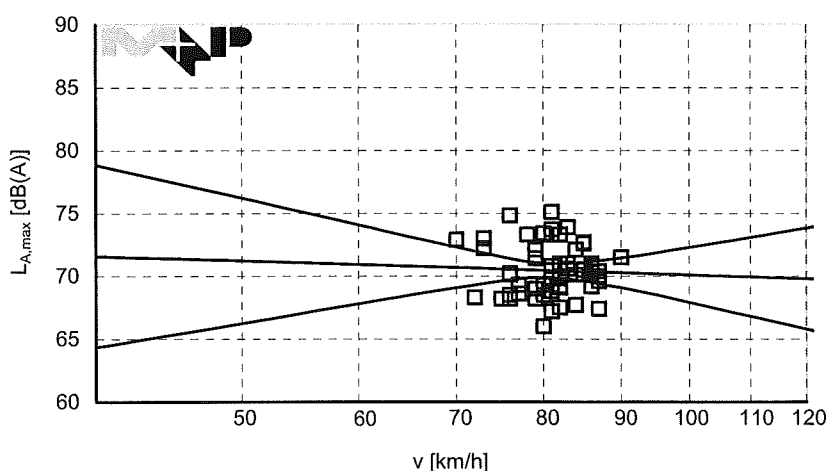
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	49.7
125	57.5
250	63.3
500	71.7
1000	79.2
2000	72.8
4000	65.1
8000	56.1
tot	80.9

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Maarheeze kunstwerk Vogelberg	Datum	25-10-2006
Km.	182,750	Temperatuur lucht [°C]	14
Richting	Weert	Temperatuur wegdek [°C]	-
Wegdek	ZOAB 6/16	Voertuigcategorie	Zware motorvoertuigen
Type voeg	Gewapende mattenvoeg	Meethoogte	-3 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



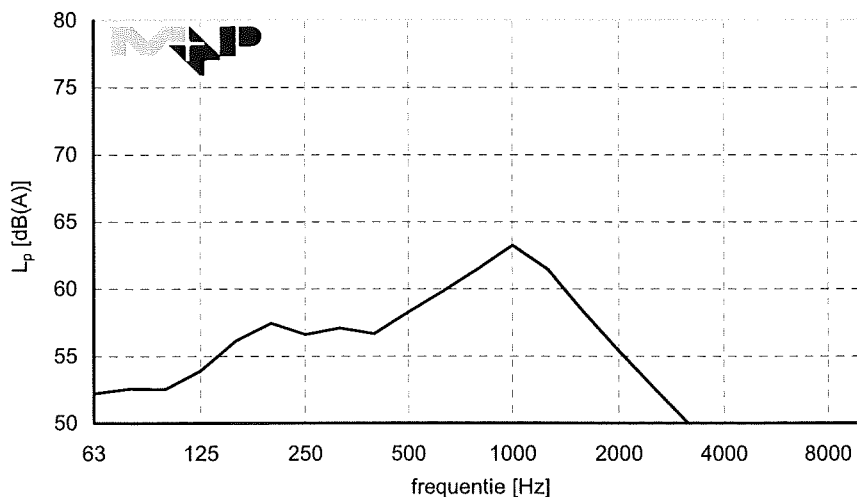
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	71.6	7.2
50	71.2	5.0
60	70.9	3.1
70	70.7	1.6
80	70.5	0.6
90	70.3	1.2
100	70.1	2.2
110	70.0	3.1
120	69.8	4.0

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

Constante a	70.7	Aantal metingen	57
Richtingscoëfficiënt b	-3.7	Gemiddelde snelheid [km/h]	81.2
Correlatiecoëfficiënt R	0.0	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	4.3
Residu [dB(A)]	2.0	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	70.4
Referentiesnelheid v_o [km/h]	70	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	2.0

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 80 km/h



Octaafbandspectrum bij 80 km/h

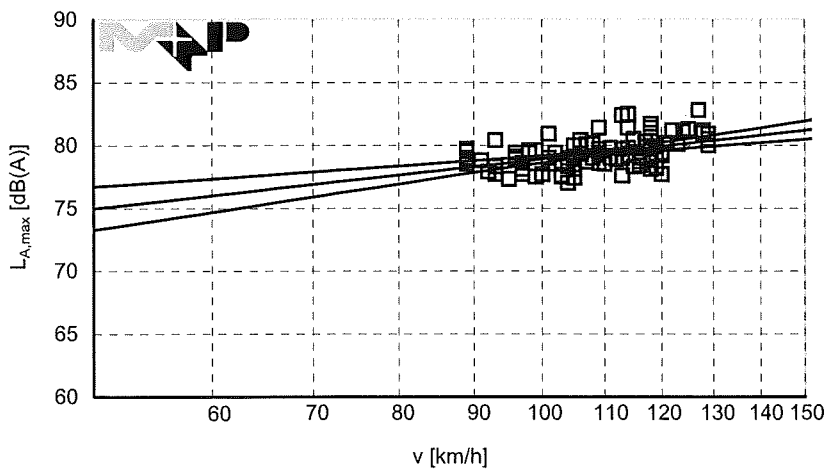
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	55.7
125	59.2
250	61.8
500	63.2
1000	66.9
2000	60.8
4000	52.4
8000	42.0
tot	70.5

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Heeze Molenberg	Datum	3-11-2006
Km.	176,580	Temperatuur lucht [°C]	9
Richting	Eindhoven	Temperatuur wegdek [°C]	-
Wegdek	ZOAB	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Type voeg	Bitumineuze voeg	Meethoogte	5 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



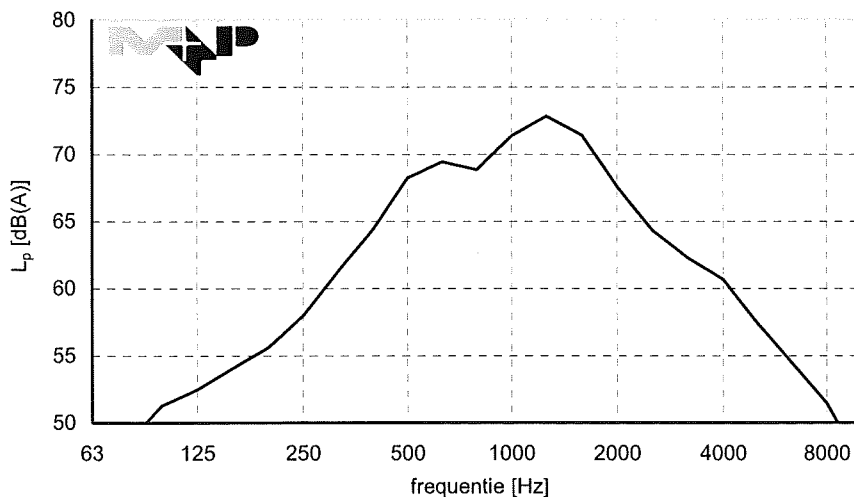
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	75.0	1.7
60	76.0	1.3
70	76.9	1.0
80	77.6	0.7
90	78.3	0.5
100	78.9	0.3
110	79.4	0.2
120	79.9	0.3
130	80.4	0.4

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

Constante a	77.6	Aantal metingen	101
Richtingscoëfficiënt b	13.0	Gemiddelde snelheid [km/h]	109.1
Correlatiecoëfficiënt R	0.5	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	10.5
Residu [dB(A)]	1.1	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	79.4
Referentiesnelheid v_0 [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.2

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 110 km/h



Octaafbandspectrum bij 110 km/h

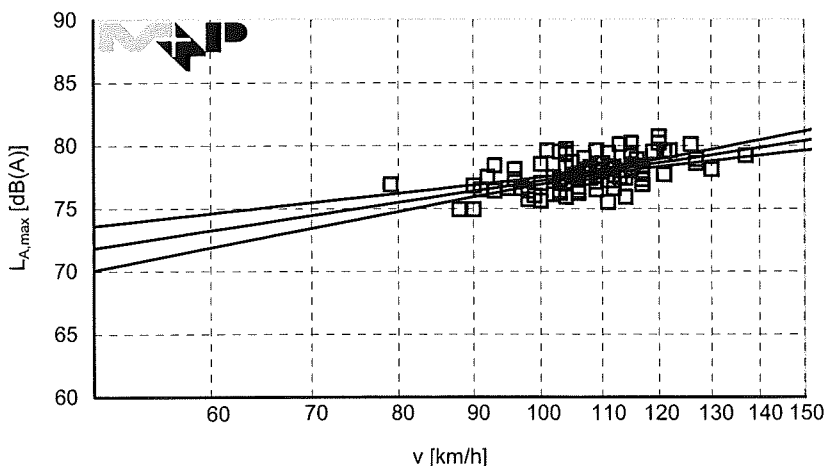
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	50.4
125	57.5
250	63.7
500	72.6
1000	76.1
2000	73.5
4000	65.3
8000	56.6
tot	79.4

Statistical Pass-By

Locatie	A2, Heeze kunstwerk Molenberg	Datum	3-11-2006
Km.	176,580	Temperatuur lucht [°C]	9
Richting	Weert	Temperatuur wegdek [°C]	-
Wegdek	ZOAB	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Type voeg	Bitumineuze voeg	Meethoogte	5 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



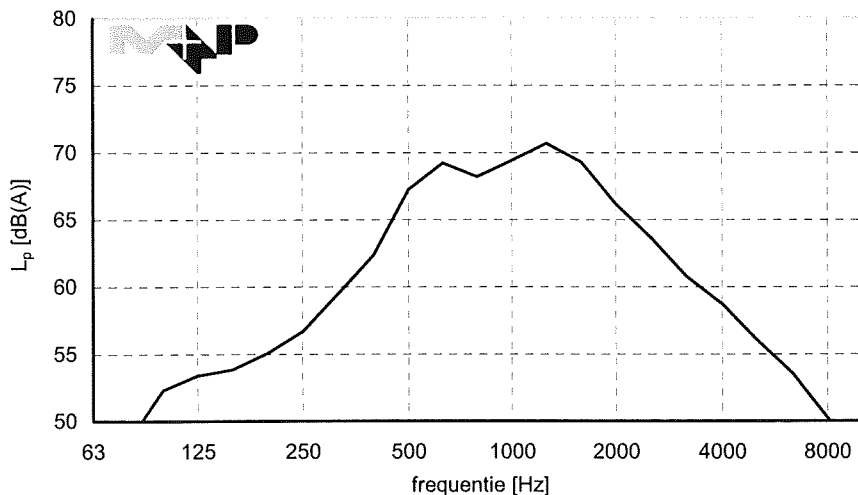
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	71.8	1.8
60	73.3	1.4
70	74.5	1.0
80	75.5	0.7
90	76.4	0.5
100	77.2	0.3
110	78.0	0.2
120	78.6	0.3
130	79.3	0.5

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

Constante a	75.5	Aantal metingen	101
Richtingscoëfficiënt b	17.9	Gemiddelde snelheid [km/h]	108.5
Correlatiecoëfficiënt R	0.6	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	10.3
Residu [dB(A)]	1.1	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	77.8
Referentiesnelheid v_0 [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.3

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 110 km/h



Octaafbandspectrum bij 110 km/h

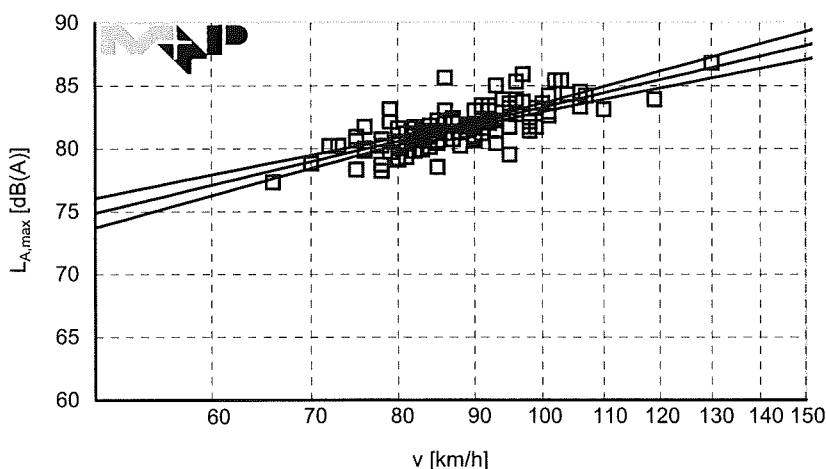
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	50.3
125	58.0
250	62.3
500	71.9
1000	74.3
2000	71.7
4000	63.7
8000	55.7
tot	78.0

Statistical Pass-By

Locatie	A73, Venlo Zuiderbrug	Datum	27-10-2006
Km.	41,285	Temperatuur lucht [°C]	14
Richting	Blerick	Temperatuur wegdek [°C]	19
Wegdek	ZOAB	Voertuigcategorie	Lichte motorvoertuigen
Type voeg	Lamellenvoegen	Meethoogte	5 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



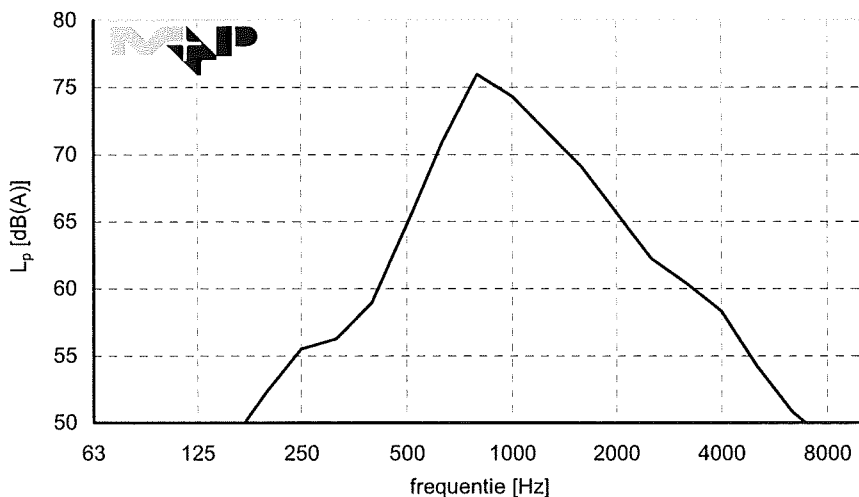
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
50	74.9	1.2
60	77.1	0.8
70	79.0	0.5
80	80.6	0.3
90	82.0	0.2
100	83.3	0.3
110	84.4	0.5
120	85.5	0.7
130	86.5	0.8

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

Constante a	80.6	Aantal metingen	111
Richtingscoëfficiënt b	27.9	Gemiddelde snelheid [km/h]	88.1
Correlatiecoëfficiënt R	0.7	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	10.0
Residu [dB(A)]	1.2	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	81.7
Referentiesnelheid v_o [km/h]	80	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	1.8

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 80 km/h



Octaafbandspectrum bij 80 km/h

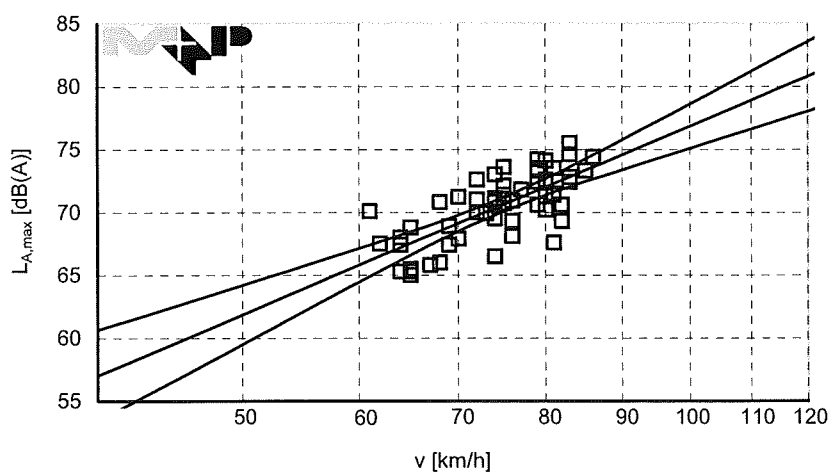
f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	46.1
125	52.3
250	59.8
500	72.1
1000	79.1
2000	71.3
4000	63.1
8000	53.4
tot	80.6

Statistical Pass-By

Locatie	A73, Venlo Zuiderbrug	Datum	27-10-2006
Km.	41,285	Temperatuur lucht [°C]	14
Richting	Blerick	Temperatuur wegdek [°C]	19
Wegdek	ZOAB	Voertuigcategorie	Zware motorvoertuigen
Type voeg	Lamellenvoegen	Meethoogte	-3 m

Regressie-analyse

Trendlijn en 95% betrouwbaarheidsinterval



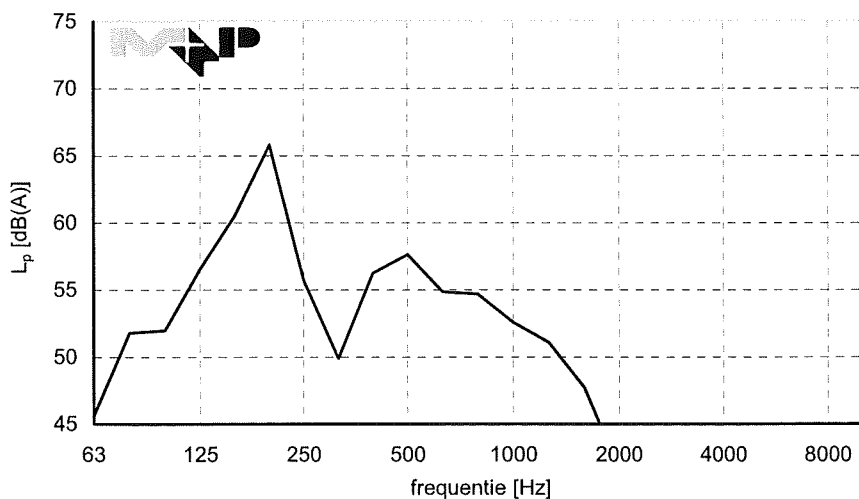
v [km/h]	$L_{A,max}$ [dB(A)]	95%CI [dB(A)]
40	57.0	3.6
50	61.9	2.3
60	65.8	1.3
70	69.1	0.6
80	72.0	0.7
90	74.6	1.2
100	76.9	1.8
110	78.9	2.3
120	80.8	2.8

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

Constante a	69.1	Aantal metingen	55
Richtingscoëfficiënt b	49.8	Gemiddelde snelheid [km/h]	74.5
Correlatiecoëfficiënt R	0.7	Standaarddeviatie snelheid [km/h]	6.5
Residu [dB(A)]	1.9	Gemiddelde $L_{A,max}$ [dB(A)]	70.4
Referentiesnelheid v_o [km/h]	70	Standaarddeviatie $L_{A,max}$ [dB(A)]	2.7

Frequentie-analyse

1/3 octaafbandspectrum bij 70 km/h



Octaafbandspectrum bij 70 km/h

f [Hz]	L_p [dB(A)]
63	53.0
125	62.4
250	66.3
500	61.2
1000	57.8
2000	49.1
4000	37.5
8000	28.2
tot	69.1

M+P - raadgevende ingenieurs
Müller-BBM groep

Visserstraat 50, Aalsmeer
Postbus 344
1430 AH Aalsmeer
T 0297 - 320 651
F 0297 - 325 494

Wolfskamerweg 47, Vught
Postbus 2094
5260 CB Vught
T 073 - 658 9050
F 073 - 658 9051

info@mp.nl
www.mp.nl

Lid ONRI ISO 9001