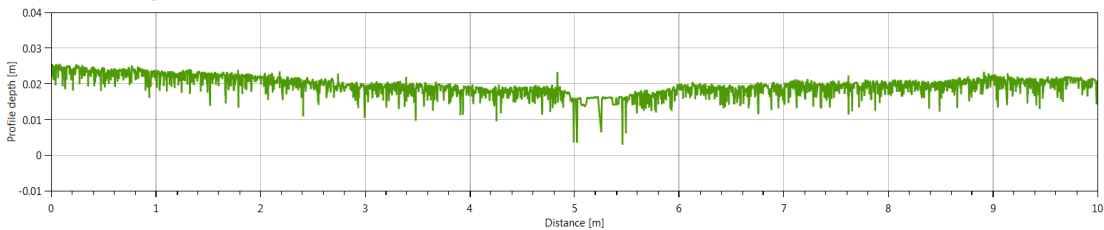




M+P | MBBM groep
Mensen met oplossingen

Texture profile for evaluation length



Rapport

Analyse geluid van voegovergangen 2015

Colofon

Opdrachtnemer M+P raadgevende ingenieurs BV

Opdrachtgever Rijkswaterstaat GPO
Directie Techniek en technisch management
Afdeling Wegen en Geotechniek (WeG)
Postbus 2232
3500 GE UTRECHT

Opdrachtnummer -

Titel Analyse geluid van voegovergangen 2015

Rapportnummer M+P.RGPO.15.01A.1

Revisie 0

Datum 4 december 2015

Aantal pagina's 36

Auteurs drs. ing. Christiaan Tollenaar
ing. Ronald van Loon

Contactpersoon drs. ing. Christiaan Tollenaar | 073-6589050 | vught@mp.nl

M+P Wolfskamerweg 47 Vught | Postbus 2094, 5260 CB Vught
Visserstraat 50 Aalsmeer | Postbus 344, 1430 AH Aalsmeer

www.mp.nl | onderdeel van de Müller-BBM groep | Lid NLingenieurs | ISO 9001 gecertificeerd

Copyright © M+P raadgevende ingenieurs BV | Niets van deze rapportage mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan is overeengekomen tussen de opdrachtgever en M+P (DNR 2011 Artikel 46).

Samenvatting

Rijkswaterstaat heeft in 2013 in de RTD 1007-1 “meerkeuze matrix voegovergangen” voor elke voegfamilie een GeluidLabelWaarde (GLW) gedefinieerd. Met de GLW kan in bouwprojecten vooraf ingeschat worden of een bepaald type voegovergang aan de geldende geluideis zal voldoen. De GLW's zijn bepaald op basis van geluidmetingen die voor 2012 zijn uitgevoerd.

Rijkswaterstaat wil weten hoe de geluidniveaus van na 2011 aangelegde voegen uit de families 1 (enkelvoudige randprofielvoegen) en 1s (enkelvoudige randprofielvoegen met geluidmaatregel) zich verhouden met de GLW in de RTD.

M+P heeft van Rijkswaterstaat opdracht gekregen om op basis van beschikbare meetgegevens een statistische analyse uit te voeren op meetresultaten aan voegovergangen uit familie 1 en 1s. De resultaten van geluidmetingen die vanaf 2012 zijn uitgevoerd zijn vergeleken met de resultaten van eerder uitgevoerde metingen en met de actuele GLW.

Uit deze analyses is gebleken dat de ‘nieuwe’ data van voegfamilie 1 niet significant afwijkt van de ‘oude’ data van deze voegfamilie. Ten aanzien van voegfamilie 1s is geconstateerd dat nieuwe producten die op basis van civieltechnische kenmerken tot deze voegfamilie worden gerekend daar op basis van akoestische eigenschappen niet per definitie thuis horen. Wanneer de analyse op de nieuwe data van voegfamilie 1s wordt uitgevoerd zonder het voegconcept 1.2a3, dan blijkt dat de nieuwe data niet significant afwijkt van de oude data.

Aanbevolen wordt om de huidige GLW voor voegcategorie 1 niet aan te passen. Voor voegfamilie 1s moet nagedacht worden op welke grond een nieuw voegontwerp tot deze familie gerekend kan worden.

M+P heeft van Rijkswaterstaat ook opdracht gekregen om op basis van beschikbare gegevens onderzoek te doen naar de relatie tussen inbouwkwaliteit en gemeten geluidniveaus.

Op basis van subjectieve waarnemingen die gedaan zijn tijdens voegmetingen is een kwalitatieve relatie gelegd met de gemeten geluidniveaus. Er blijkt een beperkt positief verband te zijn tussen de gemeten geluidniveaus en de subjectief vastgelegde voegeigenschappen ‘vlakheid’, ‘inbouwhoogte’ en ‘ervaren geluidniveau’. Uit de analyse van beschikbare laserprofielscans kan geen duidelijk verband tussen inbouwhoogte en geluidniveau worden afgeleid.

Aanbevolen wordt om nader onderzoek te doen naar de relatie tussen textuurprofielen en geluidniveaus. Hiervoor is het noodzakelijk om op meer voegovergangen textuur te meten en op basis van deze data textuurspectra en gangbare textuurparameters te bepalen.

Inhoud

	Samenvatting	3
1	Inleiding	5
1.1	Achtergrond en aanleiding	5
1.2	Onderzoeksvragen	5
1.3	Aanpak	5
2	GLW versus geluidmetingen	6
2.1	Kader en afbakening	6
2.2	Correctie voor meethoogte en hoekafhankelijkheid	6
2.3	Algemene GLW 's van enkelvoudige randprofielvoegovergangen	6
2.4	Data recente metingen	8
2.5	Vergelijking algemene GLW en recente metingen	9
2.6	Analyse	9
2.6.1	Familie 1	9
2.6.2	Familie 1s	10
2.6.3	Familie 1s - zonder de metingen aan concept 1.2a3	12
2.7	Conclusies en aanbevelingen	14
3	Inbouwkwaliteit versus geluid	15
3.1	Kader en afbakening	15
3.2	Subjectieve waarneming van de inbouwkwaliteit	15
3.2.1	Data	15
3.2.2	Analyse	15
3.3	Objectieve registratie van de inbouwhoogte	17
3.3.1	Data	17
3.3.2	Meetmethode	17
3.3.3	Locatie A: Enkelvoudige voegovergang met geluidmaatregel bij 50 gon	18
3.3.4	Locatie B: Enkelvoudige voegovergang met geluidmaatregel bij 100 gon	19
3.3.5	Locatie C: Enkelvoudige voegovergang zonder geluidmaatregel bij 100 gon	20
3.3.6	Locatie D: Enkelvoudige voegovergang met geluidmaatregel bij 100 gon	21
3.3.7	Locatie E: Enkelvoudige voegovergang zonder geluidmaatregel bij 100 gon	23
3.3.8	Analyse	24
3.4	Conclusies en aanbevelingen	25
4	Referenties	26
bijlage A	Statistische gegevens van de individuele voegmetingen	27
bijlage B	Resultaat statistische toetsen	31
bijlage C	Voegfamilie 1	32
bijlage D	Voegfamilie 1s	33
bijlage E	Voegfamilie 1s – zonder concept 1.2a3	35

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

Rijkswaterstaat heeft in 2013 in de RTD 1007-1 “meerkeuze matrix voegovergangen” voor elke voegfamilie een GeluidLabelWaarde (GLW) gedefinieerd [1]. Met de GLW kan in bouwprojecten vooraf ingeschat worden of een bepaald type voegovergang aan de geldende geluideis zal voldoen. De GLW's zijn bepaald op basis van geluidmetingen die voor 2012 zijn uitgevoerd.

Rijkswaterstaat wil weten hoe de geluidniveaus van na 2011 aangelegde voegen uit de families 1 (enkelvoudige randprofielvoegen) en 1s (enkelvoudige randprofielvoegen met geluidmaatregel) zich verhouden met de GLW in de RTD.

Uit ervaringen en waarnemingen is gebleken dat niet alleen het voegtype maar ook de inbouwkwaliteit bepalend is voor de geluidemissie bij een voegovergang. Rijkswaterstaat wil meer inzicht in de relatie tussen inbouwkwaliteit en de geluidniveaus.

1.2 Onderzoeksvragen

Rijkswaterstaat heeft M+P gevraagd om de volgende werkzaamheden uit te voeren:

- a. Statistische analyse van meetresultaten aan type 1 en type 1s voegovergangen versus de algemene GeluidLabelWaarde (GLW) van deze voegtypes waarbij zoveel mogelijk verschillende producten worden gemiddeld;
- b. Onderzoek naar de relatie tussen inbouwkwaliteit en gemeten geluidniveaus op basis van al beschikbare informatie.

1.3 Aanpak

De eerste stap is het inventariseren van de beschikbare gegevens. Vervolgens wordt een analyse gemaakt waarbij de meetresultaten van metingen die vanaf 2012 zijn gedaan worden vergeleken met de huidige GeluidLabelWaarde. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen voegen uit familie 1 en familie 1s.

Aansluitend worden gemeten geluidniveaus vergeleken met informatie over de inbouwkwaliteit. Dit wordt gedaan op basis van voegovergangen waaraan we zowel een geluidmeting als een hoogteproufielmeting hebben gedaan. Van deze voegen wordt daarnaast geïnventariseerd welke subjectieve waarnemingen tijdens de metingen zijn gedaan en genoteerd zijn op het meetblad.

2 GLW versus geluidmetingen

2.1 Kader en afbakening

In dit onderzoek worden de resultaten van metingen aan nieuw ingebouwde enkelvoudige voegovergangen die vanaf 2012 zijn uitgevoerd vergeleken met de algemene GLW's van voegfamilie 1 en 1s. Dit betreffen enkelvoudige voegovergangen met en zonder geluidmaatregel.

2.2 Correctie voor meethoogte en hoekafhankelijkheid

Van randprofielvoegen (familie 1) is bekend dat het geluidniveau afhankelijk is van de inbouwhoek. Alle data in dit rapport zijn gecorrigeerd naar 100 gon.

Oude metingen zijn gedaan op een microfoonpositie op 5 meter hoogte. Sinds 2013 wordt in Nederland op 3 meter hoogte gemeten. Voor de analyses in dit rapport zijn de meetresultaten gecorrigeerd naar een meethoogte van 3 meter.

Uit onze ervaring blijkt dat de microfoonpositie op 3 meter hoogte op kunstwerken met geleiderailconstructies en hekwerken in de praktijk door reflecties niet bruikbaar is. Wij meten daarom ook altijd op 5 meter hoogte. In deze analyse is het meetresultaat op 5 meter hoogte meestal als uitgangspunt gebruikt.

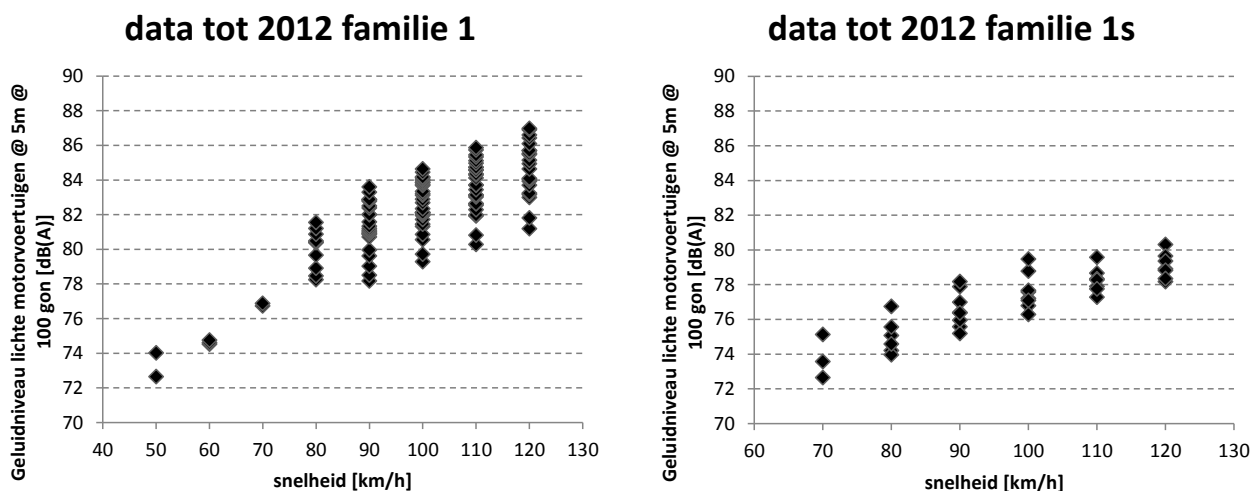
De correcties voor meethoogte en kruisingshoek zijn op dezelfde manier gebeurd als bij de bepaling van de huidige GLW. De correcties worden beschreven in paragraaf 2.3.

2.3 Algemene GLW 's van enkelvoudige randprofielvoegovergangen

Deze algemene GLW's zijn gebaseerd op metingen aan bestaande voegovergangen van verschillende leeftijden en onderhoudstoestanden. Bij het vaststellen [3] van de GLW's in 2012 is gebruik gemaakt van metingen die tot 2012 zijn gedaan. Omdat de geluidniveaus bij randprofielvoegen sterk afhankelijk zijn van de kruisingshoek, zijn alle resultaten genormeerd op 100 gon:

(1)
$$\text{Correctie} = (\text{kruisingshoek [gon]} - 100) * 0,0642.$$

De op 100 gon genormeerde meetresultaten zijn weergegeven in figuur 1.



figuur 1 Op 100 gon genormeerde meetdata op basis waarvan in 2012 de GLW's voor familie 1 en 1s zijn bepaald

Op de op 100 gon genormeerde meetdata (figuur 1) is regressieanalyse toegepast op de manier die ook gebruikt wordt bij de C_{wegdek} berekening. Op die manier wordt rekening gehouden met de betrouwbaarheidswaarde van de individuele meetresultaten.

De $GLW_{100 \text{ km/h}}$ bestaat uit de $a_{100 \text{ km/h}}$ vermeerderd met een toeslag (standaarddeviatie x 1,28). Deze toeslag is toegepast zodat met 95% zekerheid verwacht kan worden dat nieuwe voegen van de betreffende voegfamilie aan de GLW zullen voldoen. Het resultaat van de analyse uit 2012 is weergegeven in tabel I.

tabel I Analyseresultaat GLW (uit [3])

cat.	V_0	n	$a_{100 \text{ km/h}}$ (5m)	st.dev.	toeslag	correctie naar 3 m	$GLW_{100 \text{ km/h}}$ (3m)	b
1	100	32	82,4	1,4	+1,8	+1,2	85,4	28,6
1s	100	8	77,3	1,0	+1,3	+1,2	79,8	24,0

De GLW per snelheidsdecade kan nu berekend worden met:

$$(2) \quad GLW(V) = GLW(100) + b \cdot \log\left(\frac{V}{100 \text{ km/h}}\right)$$

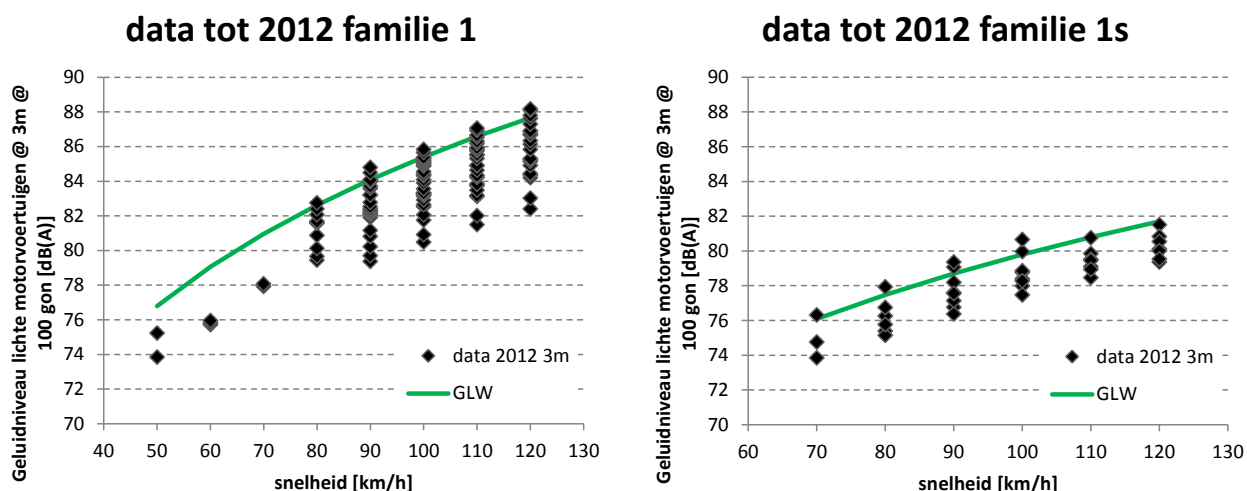
De berekende GLW's zijn voor het geldige snelheidsbereik bepaald en gepubliceerd in de MKM. De resultaten voor de families 1 en 1s zijn weergegeven in figuur 2.

Familie / Concept	b	50 km/h	60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	110 km/h	120 km/h	130 km/h
1. Nosing Joints zonder geluidbeperkende voorziening	28,6	76,8	79,0	80,9	82,6	84,1	85,4	86,6	87,6	88,6
1s. Nosing Joints met geluidbeperkende voorziening	24,0				77,5	78,7	79,8	80,8	81,7	82,6

figuur 2

deel van tabel 3 van de meerkeuzematrix voegovergangen (RTD 1007-1) waarin de GLW van de concepten 1 en 1s zijn weergegeven

In figuur 3 is de huidige GLW van voegfamilie 1 en 1s en de voor de berekening gebruikte naar 3m hoogte en op 100 gon genormeerde meetdata weergegeven.



figuur 3

Op 100 gon genormeerde meetdata gecorrigeerd naar de meethoogte op 3 meter, op basis waarvan in 2012 de GLW's voor familie 1 en 1s zijn bepaald en de huidige GLW

2.4 Data recente metingen

Sinds 2012 zijn door M+P ongeveer 75 voegmetingen uitgevoerd. 56 van deze metingen zijn opgenomen in de meetdatabase van M+P. Van de metingen aan nieuwe voegovergangen behoren er negen tot de stille enkelvoudige randprofielvoegen. Achttien nieuwe voegen behoren tot de familie enkelvoudige randprofielvoegen zonder geluidmaatregel. Deze 27 voegen zijn aangelegd door zeven verschillende leveranciers (zie tabel II).

De statistische gegevens van de gebruikte metingen zijn weergegeven in tabel XIV en tabel XV (Bijlage A).

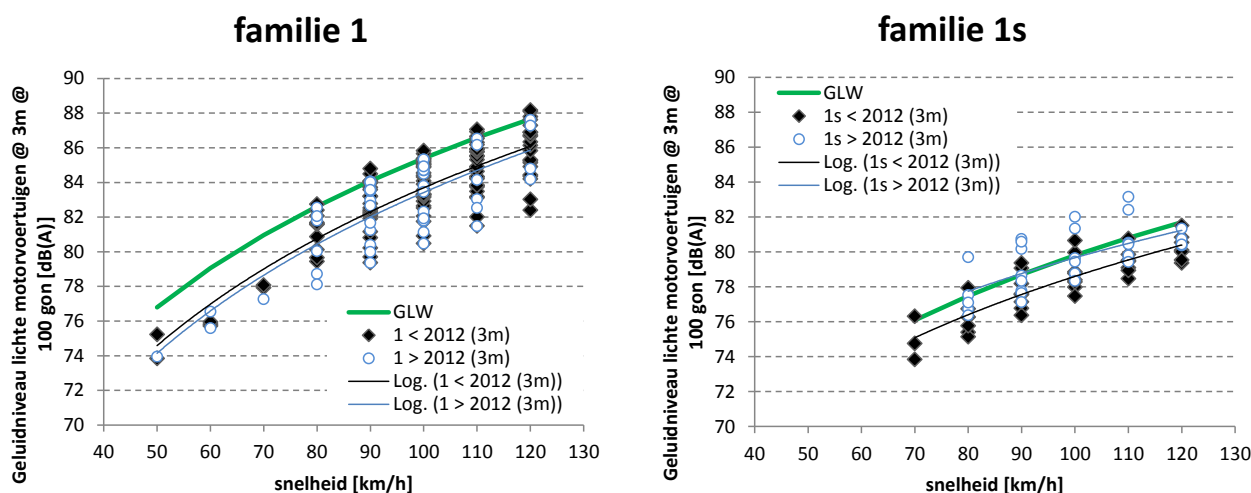
tabel II

Overzicht van metingen sinds 2012 aan nieuwe voegen uit familie 1 en 1s

merk/fabrikant	voegfamilie	aantal voegmetingen	aantal producten	product typering
A	1s	3	1	sinusvormig randprofiel
B	1s	5	1	randprofiel met sinusplaten
C	1	4	1	normaal enkelvoudig randprofiel
D	1	1	1	normaal enkelvoudig randprofiel
E	1	1	1	normaal enkelvoudig randprofiel
F	1	5	1	normaal enkelvoudig randprofiel
A	1	1	1	normaal enkelvoudig randprofiel
G	1	6	1	normaal enkelvoudig randprofiel

2.5 Vergelijking algemene GLW en recente metingen

Van de 27 nieuwe metingen is per 10 km/h een gemiddeld geluidniveau bepaald. Alleen data met een betrouwbaarheid van maximaal 0,6 dB wordt meegenomen in de verdere analyse. Deze methode is ook gebruikt bij het selecteren van data op basis waarvan in 2012 de GLW's zijn bepaald (zie ook figuur 1 en figuur 3). Het resultaat is samen met de data tot 2012 en de huidige GLW weergegeven in figuur 4.



figuur 4

Op 100 gon genormeerde meetdata gecorrigeerd naar de meethoogte op 3 meter, op basis waarvan in 2012 de GLW's voor familie 1 en 1s zijn bepaald, de huidige GLW en resultaten van metingen de vanaf 2012 zijn uitgevoerd

2.6 Analyse

2.6.1 Familie 1

In het linker spreidingsdiagram in figuur 4 is te zien dat de nieuwe meetdata goed lijkt te passen in de bestaande dataset van metingen tot 2012. Wat opvalt, is dat de regressielijn van de nieuwe data over het gehele snelheidsbereik wat lager ligt dan de regressielijn van de data tot 2012. Mogelijk

komt dat doordat de nieuwe metingen alleen aan nieuw ingebouwde voegen zijn gedaan terwijl in de 'oude' dataset ook metingen aan oude voegen zijn meegenomen.

In tabel III zijn beknopte statistische gegevens van de data uit figuur 4 voor de snelheid van 100 km/h weergegeven. Uitgebreide gegevens zijn weergegeven in tabel XVI (Bijlage B).

tabel III *Vergelijking data voor en vanaf 2012 van lichte motorvoertuigen bij 100 km/h (100 gon en 3 meter hoogte) van voegfamilie 1*

cat.	data	V [km/h]	n	L _{gemiddeld} [dB(A)]	st.dev.	variantie
1	tot 2012	100	28	83,8	1,4	2,0
	vanaf 2012	100	15	83,4	1,7	2,7

Om te kunnen bepalen of de variantie en gemiddelde van de twee datasets niet significant van elkaar verschillen zijn statistische analyses gedaan. Er is een F-toets uitgevoerd om de varianties (maat voor de spreiding) te toetsen en er is een T-toets gedaan om de gemiddelde waarden te toetsen. Het resultaat van deze toetsen is weergegeven in tabel XVII en tabel XVIII (Bijlage B).

Uit de analyse blijkt dat met 95% zekerheid is vastgesteld dat de varianties van beide datasets niet significant van elkaar verschillen. Ook de gemiddelde geluidniveaus verschillen niet significant van elkaar.

Op basis van deze analyse kan geconcludeerd worden dat de bestaande GLW nog steeds aansluit bij de resultaten van recente metingen.

2.6.2 **Familie 1s**

In de rechter spreidingsdiagram in figuur 4 is te zien dat de nieuwe data uit twee sets lijkt te bestaan. Een deel van de nieuwe data valt binnen de spreiding van de oude data. Het andere deel van de data laat hogere geluidniveaus zien. Dit betreffen de metingen aan het voegconcept 1.2a3. welke een afwijkende vormgeving heeft.

In tabel IV zijn beknopte statistische gegevens van de data uit figuur 4 voor de snelheid van 100 km/h weergegeven. Uitgebreide gegevens zijn weergegeven in tabel XIX (Bijlage B).

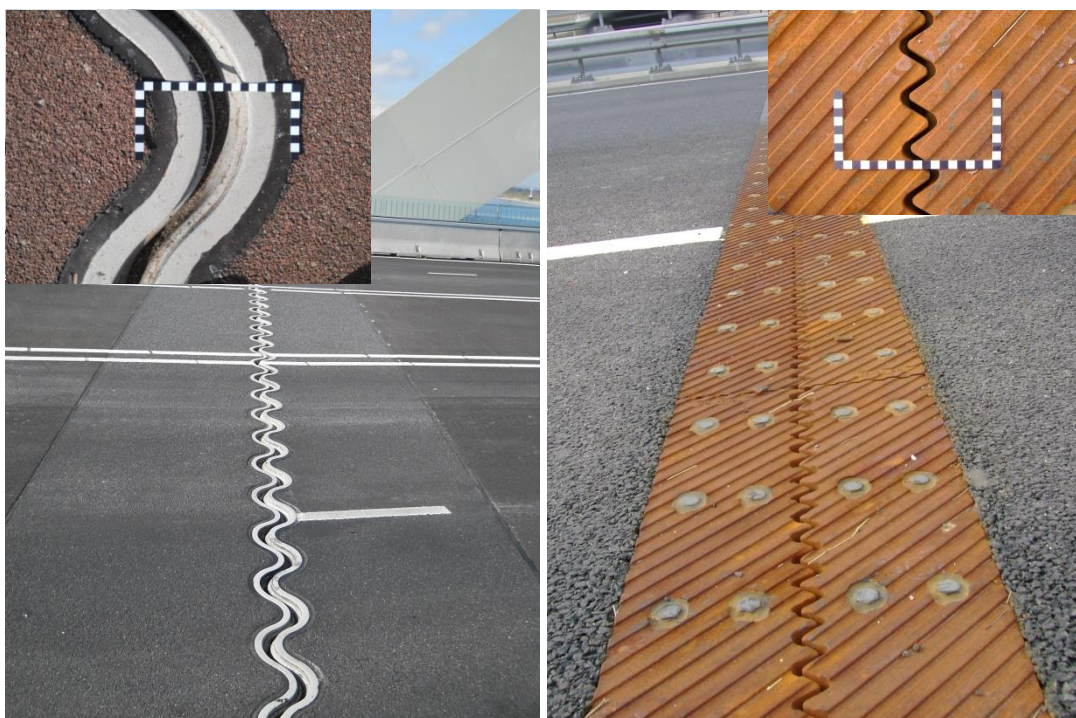
tabel IV *Vergelijking data voor en vanaf 2012 van lichte motorvoertuigen bij 100 km/h (100 gon en 3 meter hoogte) van voegfamilie 1s*

cat.	data	V [km/h]	n	L _{gemiddeld} [dB(A)]	st.dev.	variantie
1s	tot 2012	100	7	78,8	1,1	1,2
	vanaf 2012	100	7	79,8	1,4	2,0

Om te kunnen bepalen of de variantie en gemiddelde van de twee datasets niet significant van elkaar verschillen zijn statistische analyses gedaan. Er is een F-toets uitgevoerd om de varianties te toetsen en er is een T-toets gedaan om de gemiddelde waarden te toetsen. Het resultaat van deze toetsen is weergegeven in tabel XX en tabel XXI (Bijlage B).

Uit de analyse blijkt dat met 95% zekerheid is vastgesteld dat de varianties van beide datasets wel significant van elkaar verschillen. De gemiddelde geluidniveaus verschillen niet significant van elkaar.

De reden dat de varianties significant van elkaar verschillen is mogelijk het grote verschil tussen de vormgeving van voegconcept 1.2a3 en de andere voegen in de familie 1s. Het ontwerp wijkt zodanig af dat de gemeten geluidniveaus hoger liggen dan het gemiddelde van familie 1s.

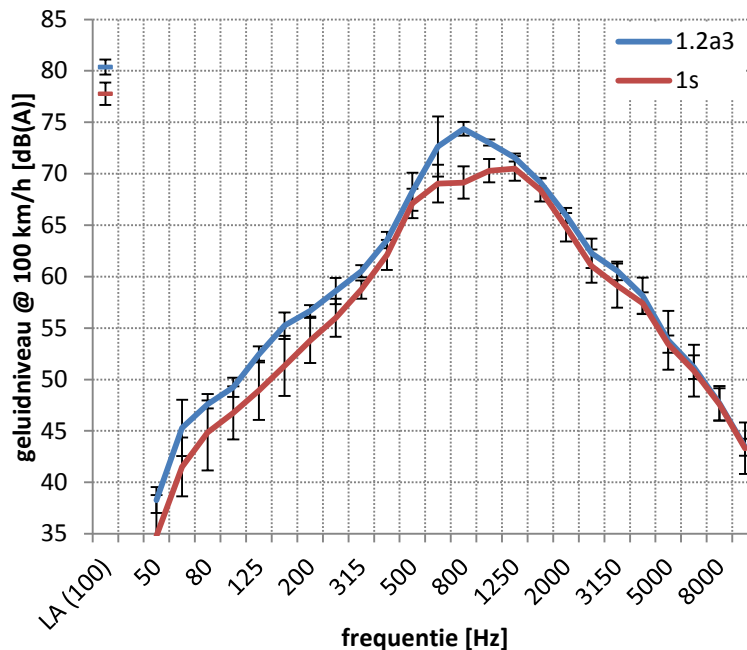


figuur 5

Voorbeeld van een uitvoering van het voegconcept 1.2a3 (links) en een voeg uit familie 1s met sinusplaten (rechts)

In bovenstaande figuur is te zien dat voegconcept 1.2a3 een veel grotere sinusvorm heeft dan een voeg met sinusplaten. Auto's rijden bij een 'standaard' 1s voeg met de banden over meerdere 'tanden' heen. Bij de 1.2a3 voeg kan een gemiddelde autoband (20 cm breed) de voeg zowel schuin als volledig recht aanrijden. In de 'buik' van de sinus is de aanrijdingshoek ongeveer haaks. Bij geluidmetingen aan dit voegtype resulteert deze wisselende aanrijdpositie in bovengemiddelde spreiding in de meting. Dit blijkt onder andere uit de waarden voor het 'residu'. (zie tabel XV in Bijlage A). De metingen die aan concept 1.2a3 zijn gedaan hebben een residu tussen de 1,6 en 2,5 dB terwijl de metingen aan '1s' voegen een residu tussen 0,7 en 1,2 dB laten zien. De metingen aan dit voegconcept laten een hogere gemiddelde waarde zien en meer spreiding in de individuele voertuigpassages.

In figuur 5 is het gemiddelde geluidsspectrum van recente metingen aan 'standaard' 1s voegen en metingen aan het voegconcept 1.2a3 weergegeven. De spectra zijn gebaseerd op drie locaties met een 1.2a3 voeg en vijf locaties met een normale 1s voeg van hetzelfde type.



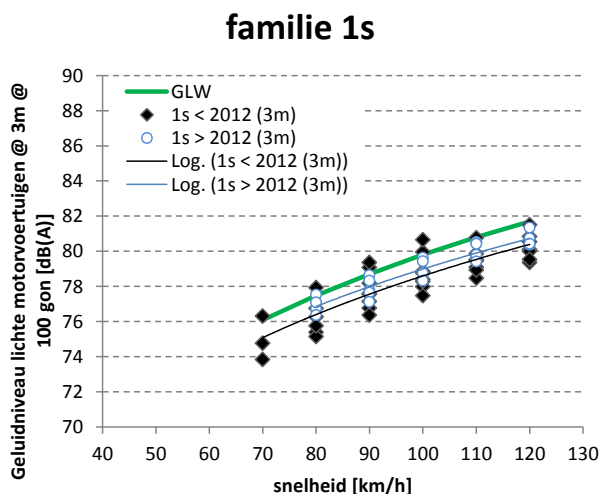
figuur 6

Gemiddelde geluidspectra van metingen aan lichte motorvoertuigen op 3 meter hoogte bij 100 km/h gebaseerd op drie locaties met een 1.2a3 voeg en vijf locaties met een nieuwe standaard 1s voeg (zelfde product). Tevens zijn de foutenbalken weergegeven. De foutenbalken geven in beide richtingen 2 x de standaarddeviatie weer.

Uit bovenstaande figuur is af te leiden dat de gemiddelde geluidniveaus van voegconcept 1.2a3 rond de 180 en tussen 630 en 100 Hz duidelijk hoger liggen dan de geluidniveaus van een standaard voeg uit familie 1s.

2.6.3 Familie 1s - zonder de metingen aan concept 1.2a3

In deze paragraaf wordt de analyse van familie 1s herhaald zonder de metingen aan concept 1.2a3 mee te nemen. In figuur 7 is de op 100 gon genormeerde meetdata gecorrigeerd naar de meethoogte op 3 meter weergegeven van de metingen die tot 2012 zijn uitgevoerd op basis waarvan de GLW is bepaald. Daarnaast zijn de data van metingen die vanaf 2012 zijn uitgevoerd weergegeven. Metingen aan concept 1.2a3 zijn niet weergegeven. Tot slot is in de figuur de GLW weergegeven.



figuur 7

Op 100 gon genormeerde meetdata gecorrigeerd naar de meethoogte op 3 meter, op basis waarvan in 2012 de GLW voor familie 1s is bepaald, de huidige GLW en resultaten van metingen de vanaf 2012 zijn uitgevoerd (zonder concept 1.2a3)

In het spreidingsdiagram in figuur 7 is te zien dat de nieuwe meetdata goed lijken te passen in de bestaande dataset van metingen tot 2012. Wat opvalt, is dat de regressielijn van de nieuwe data over het gehele snelheidsbereik wat lager hoger ligt dan de regressielijn van de data tot 2012. De spreiding lijkt kleiner te zijn. Mogelijk komt dat doordat de nieuwe metingen in deze analyse aan hetzelfde product zijn uitgevoerd.

In tabel V zijn beknopte statistische gegevens van de data uit figuur 7 voor de snelheid van 100 km/h weergegeven. Uitgebreide gegevens zijn weergegeven in tabel XXII (Bijlage B).

tabel V

Vergelijking data voor en vanaf 2012 van lichte motorvoertuigen bij 100 km/h (100 gon en 3 meter hoogte) van voegfamilie 1s

cat.	data	V [km/h]	n	$L_{\text{gemiddeld}}$ [dB(A)]	st.dev.	variantie
1s	tot 2012	100	7	78,8	1,1	1,2
	vanaf 2012	100	5	79,0	0,5	0,3

Om te kunnen bepalen of de variantie en gemiddelde van de twee datasets niet significant van elkaar verschillen zijn wederom statistische analyses gedaan. Er is een F-toets uitgevoerd om de varianties te toetsen en er is een T-toets gedaan om de gemiddelde waarden te toetsen. Het resultaat van deze toetsen is weergegeven in tabel XXIII en tabel XXIV (Bijlage B).

Uit de analyse blijkt dat nu zowel de varianties als de gemiddelde geluidniveaus van beide datasets niet significant van elkaar verschillen. Hierbij moet opgemerkt worden dat de grootte van de dataset beperkt is waardoor de bruikbaarheid van een statistische toets beperkter wordt.

Uit de analyse op deze beperkte dataset blijkt dat wanneer metingen aan voegconcept 1.2a3 buiten beschouwing worden gelaten, de resultaten met metingen tot 2012 en vanaf 2012 goed met elkaar overeenkomen.

2.7 Conclusies en aanbevelingen

Er is een vergelijking gemaakt tussen de meetgegevens die in 2012 beschikbaar waren en de meetgegevens die sindsdien zijn verzameld door M+P van voegovergangen uit familie 1 en 1s. Uit de analyse blijkt dat de 'nieuwe' data van voegfamilie 1 niet significant afwijkt van de 'oude' data van deze voegfamilie.

Uit de vergelijking van de oude en nieuwe data van voegfamilie 1s blijkt dat het concept 1.2a3 tot een significant andere variantie leidt in de data die vanaf 2012 zijn verzameld dan de variantie van de data die tot 2012 zijn verzameld. Wanneer de analyse wordt herhaald zonder het concept 1.2a3, dan blijkt dat de nieuwe data niet significant afwijkt van de oude data.

Uit de analyse blijkt dat voegconcepten die op basis van uiterlijke kenmerken in een voegfamilie terecht komen daar op basis van akoestische eigenschappen niet per definitie thuis horen.

Aanbevolen wordt om de huidige GLW voor voegcategorie 1 niet aan te passen. Voor voegfamilie 1s moet nagedacht worden op welke grond een nieuw voegontwerp tot deze familie gerekend kan worden.

3 Inbouwkwaliteit versus geluid

3.1 Kader en afbakening

Hoogtevariaties in de voegovergang en het aansluitende asfalt zorgen voor aanstoting van voertuigbanden. Een deel van de trilling in de band die hierbij ontstaat wordt als geluid naar de omgeving afgestraald. Plotselinge grote variaties in het oppervlak zoals voegovergangen, resulteren in puls-achtig geluid. Bij de meeste voegconstructie in betonnen kunstwerken wordt vooral de band en of het voertuig in trilling gebracht. Bij meervoudige voegconstructies kan ook het geluid van de trillende voeg zelf een rol spelen. Bij stalen kunstwerken kan bij aanstoting van de voeg het hele brugdek in trilling worden gebracht. In veel gevallen leidt dit tot extra geluidafstraling.

In dit onderzoek wordt gekeken naar situaties met betonnen kunstwerken en enkelvoudige stalen voegovergangen en de geluidsniveaus aan de bovenkant van het kunstwerk.

3.2 Subjectieve waarneming van de inbouwkwaliteit

3.2.1 Data

Bij reguliere voegmetingen wordt meestal een kwalitatieve beoordeling van de inbouwkwaliteit gedaan door de meettechnicus. Op het meetblad kan aangegeven worden hoe de vlakheid, het geluid en de inbouwhoogte ten opzichte van het aangrenzende asfalt subjectief beoordeeld wordt. De mogelijkheden voor de beoordeling zijn op het meetblad voorgedrukt. De opties zijn weergegeven in tabel II.

Voor deze beoordeling hebben de meettechnici geen specifieke training gehad. De voegmetingen in onze database zijn door ongeveer 10 verschillende mensen uitgevoerd. Bij de metingen die voor 2012 zijn gedaan aan randprofielvoegen is de subjectieve beoordeling in minder dan 50% van de meetonderzoeken gedaan. Na 2012 is de subjectieve beoordeling meestal gedaan.

3.2.2 Analyse

Er is een selectie gemaakt van enkelvoudige randprofielvoegen waarvan de subjectieve beoordeling is gedaan. De meetresultaten zijn gecorrigeerd naar 100 gon (zie (1)) en de meethoogte van 3 meter (zie tabel I).

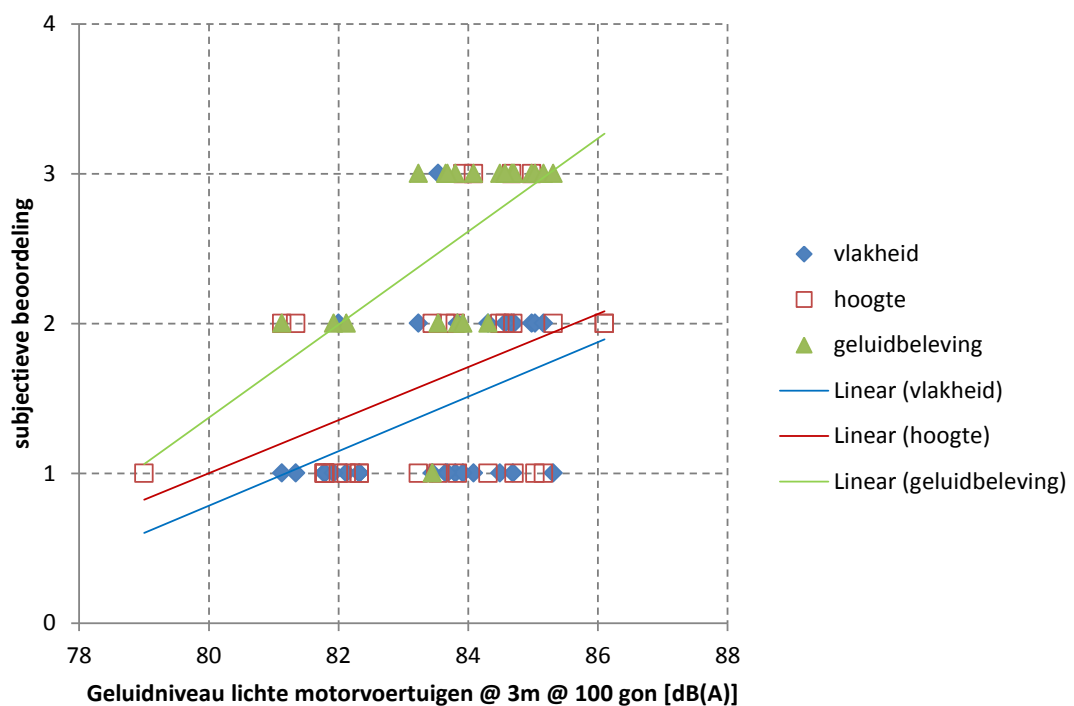
Door de resultaten van de subjectieve beoordeling te kwantificeren (zie tabel VI) kunnen de resultaten van de beoordeling en de gemeten geluidniveaus in een spreidingsdiagram worden weergegeven.

In het spreidingsdiagram (figuur 8) is te zien dat er een (beperkt) positief verband is tussen de subjectief waargenomen inbouwkwaliteit en het gemeten geluidniveau.

tabel VI

Subjectieve beoordeling van voegovergangen

eigenschap	subjectieve beoordeling	label
vlakheid	goed	1
	matig	2
	slecht	3
inbouwhoogte ten opzichte van de aangrenzende verharding	lager	1
	gelijk	2
	hoger	3
geluid	zeer stil	1
	stil	1
	rustig	2
	hoorbaar	2
	rumoerig	2
	lawaaig	3
	zeer lawaaig	3



figuur 8

Op 100 gon genormeerde meetdata gecorrigeerd naar de meethoogte op 3 meter van enkelvoudige randprofielvoegen uitgezet tegen de subjectieve beoordeling labels (zie tabel VI)

3.3 Objectieve registratie van de inbouwhoogte

3.3.1 Data

Op de A12 bij Utrecht, op de A27 bij Gorinchem en de N33 bij Assen zijn door M+P zowel hoogteprofielmetingen als geluidmetingen aan voegovergangen uitgevoerd. Er zijn daarbij op zestien enkelvoudige voegen een gecombineerde meting uitgevoerd waarbij zowel het hoogteprofiel (lasermeting) als het geluidsniveau is bepaald.

3.3.2 Meetmethode

Om het hoogteprofiel van voegen vast te leggen kan rijdend textuur worden gemeten. Hierbij wordt met behulp van een laser-hoogtemeter (zie figuur 9) een profiel gemaakt van de voegovergang. De horizontale resolutie is afhankelijk van de rijsnelheid, maar is ten minste 2 monsters per mm. Tijdens de meting wordt naast het hoogtesignaal ook de rijsnelheid en positie gemeten.

De gebruikte meetapparatuur wordt doorgaans gebruikt om verschillende textuurparameters van het asfalt te bepalen volgens ISO/DIS 13473-4 [2]. De apparatuur is echter ook bijzonder geschikt voor het in kaart brengen van het hoogteprofiel van andere elementen in de weg.

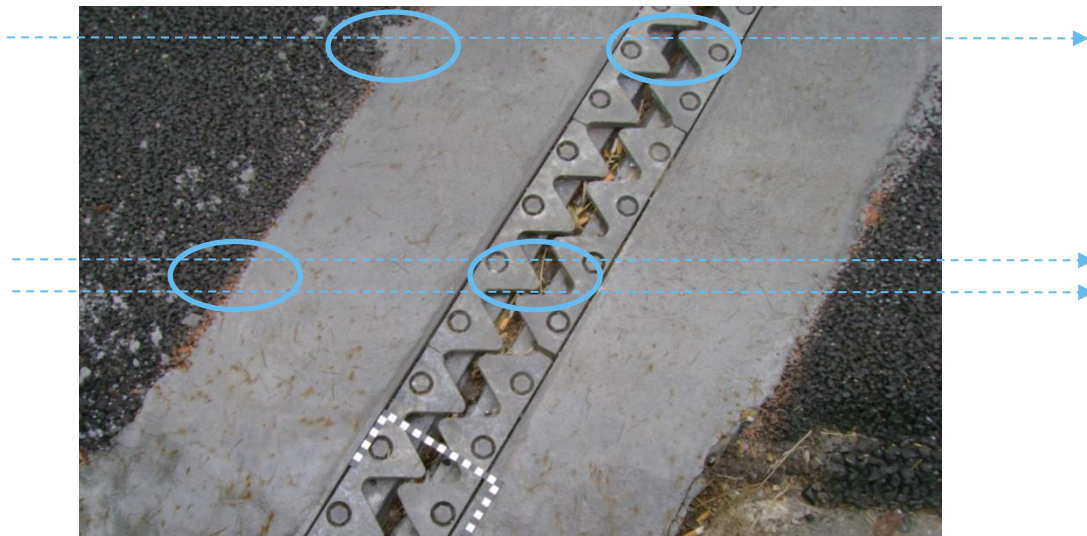
Voor de analyse van de voegovergangen wordt het gemeten hoogteprofiel aan de hand van positiegegevens uit de data geknipt en weergegeven in een figuur.



figuur 9 De laser-hoogtemeter, gebruikt voor de hoogteprofielmetingen

Doordat de hoogteprofielmeter rijdend wordt ingezet wordt per meetrun een spoor van 1 mm breed van het oppervlak afgetast. Wanneer een min of meer homogeen materiaal zoals asfalt wordt gemeten is het resultaat niet erg afhankelijk van het exacte meetspoor. Wanneer een onregelmatig oppervlak wordt gemeten is het resultaat wel afhankelijk van de positie waar de voeg wordt gepasseerd. Dit speelt een rol bij het meten van voegovergangen met een onregelmatig oppervlak.

In figuur 10 is een foto van een voegovergang weergegeven. In de figuur zijn drie denkbeeldige meetsporen weergegeven.



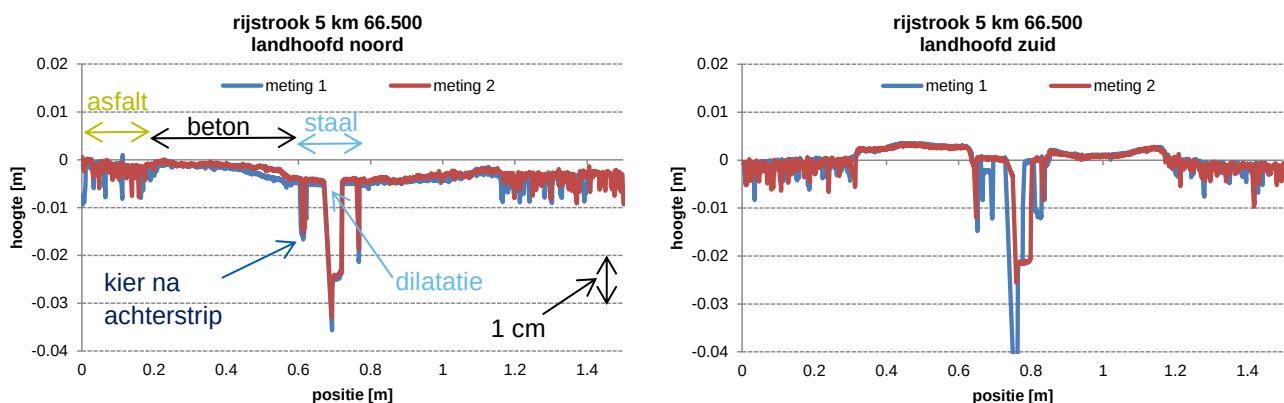
figuur 10 Voorbeeld van verschillende meetsporen over een voegovergang

Uit de figuur kan afgeleid worden dat de positie van het (bij hoge rijsnelheid toevallige) meetspoor van invloed is op het gemeten hoogteprofiel.

In onderstaande paragrafen zijn de resultaten van vijf projecten weergegeven waarbij zowel het hoogteprofiel als het geluidsniveau is gemeten. Bij al deze projecten is binnen het zelfde werk één type voegovergang meerdere keren aangelegd.

3.3.3 Locatie A: Enkelvoudige voegovergang met geluidmaatregel bij 50 gon

In onderstaande figuren zijn hoogteprofielen van twee verschillende '1s' voegen weergegeven die onder een hoek van 50 gon zijn ingebouwd (zie ook de foto in figuur 10). In de linker figuur is tevens aangegeven welke delen van de voeg zichtbaar zijn. Het resultaat van de geluidmeting is weergegeven in tabel VII.



figuur 11 Hoogteprofielen van de voegovergang op rijstrook 5 op het zuidelijke en noordelijke landhoofd van locatie A

tabel VII

Resultaten van de geluidmetingen op locatie A voor lichte motorvoertuigen op een afwijkende meetpositie (verschilmeting)

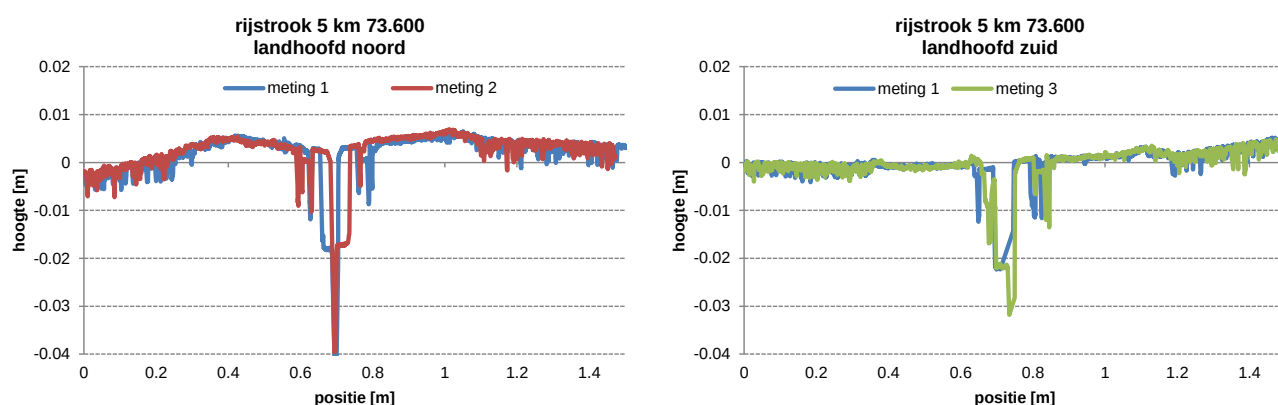
landhoofd	rijrichting	meting	snelheid	$L_{A, \max}$ [dB(A)]
noord	noord	voeg, boven het kunstwerk	100 km/h	79,1 (0,2)
zuid				78,5 (0,2)

Uit de tabel blijkt de hoger liggende voeg (landhoofd zuid) de laagste geluidniveaus laat zien. Mogelijk speelt op deze locatie ook de inbouwhoek een rol.

3.3.4

Locatie B: Enkelvoudige voegovergang met geluidmaatregel bij 100 gon

In onderstaande figuren zijn hoogteprofielen van twee verschillende '1s' voegen weergegeven die onder een hoek van 100 gon zijn ingebouwd. Het resultaat van de geluidmeting is weergegeven in tabel VIII.



figuur 12

Hoogteprofielen van de voegovergang op rijstrook 5 op het zuidelijke en noordelijke landhoofd van locatie B

tabel VIII

Resultaten van de geluidmetingen op locatie B voor lichte motorvoertuigen op een afwijkende meetpositie (verschilmeting)

landhoofd	rijrichting	meting	snelheid	$L_{A, \max}$ [dB(A)]
noord	noord	voeg, boven het kunstwerk	100 km/h	76,0 (0,3)
zuid				76,1 (0,3)

Uit de tabel blijkt dat de gemeten geluidniveaus praktisch gelijk zijn.

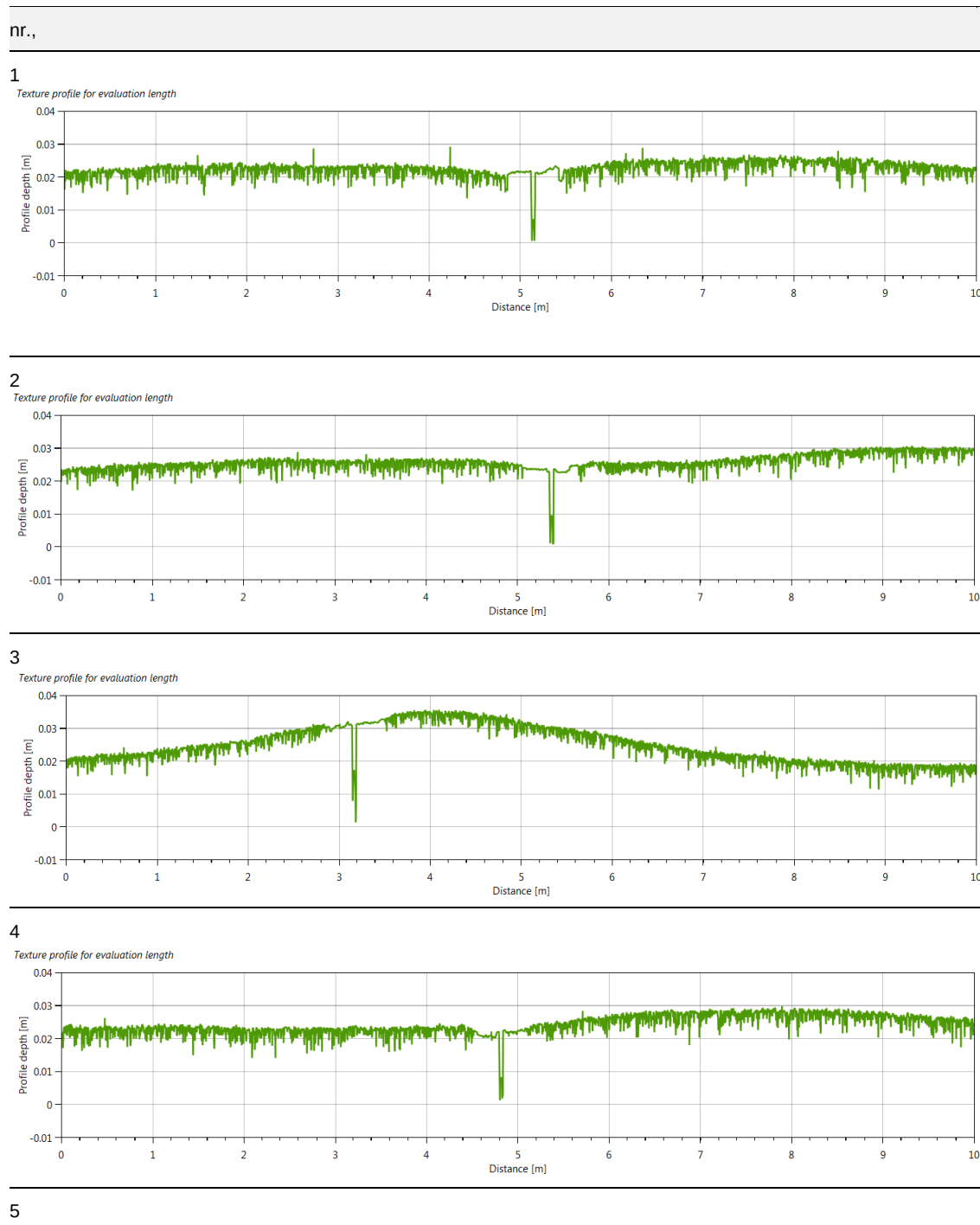
3.3.5

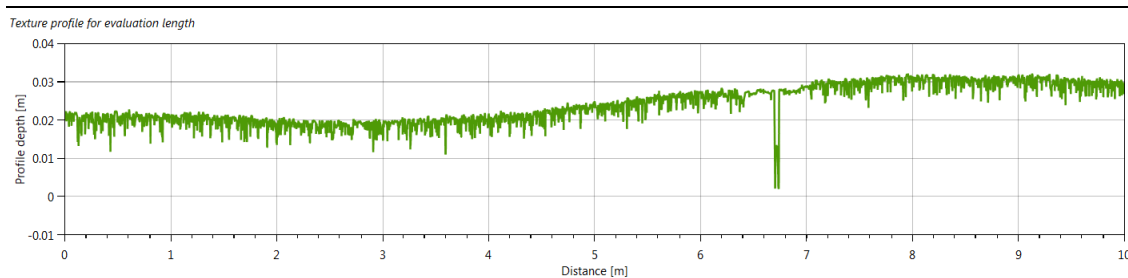
Locatie C: Enkelvoudige voegovergang zonder geluidmaatregel bij 100 gon

In onderstaande tabel zijn hoogteprofielen van vijf verschillende voegen uit familie 1 weergegeven die onder een hoek van 100 gon zijn ingebouwd. Het resultaat van de geluidmeting is weergegeven in tabel X.

tabel IX

Resultaten van de hoogteprofielmetingen op locatie C in het rechter rijspoor





tabel X

Resultaten van de geluidmetingen op locatie C voor lichte motorvoertuigen op 3 m hoogte

nr.	L _{SPB,voeg,lv} 100 km/h
1	85,3 (0,5)
2	85,3 (0,4)
3	85,1 (0,5)
4	84,1 (0,4)
5	83,5 (0,5)

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de spreiding in de meetresultaten 1,8 dB is. In de figuren is te zien dat voeg 5 redelijk op gelijke hoogte met het asfalt is ingebouwd. Voeg 1 en 2 lijken het minst vlak en geven de hoogste geluidniveaus.

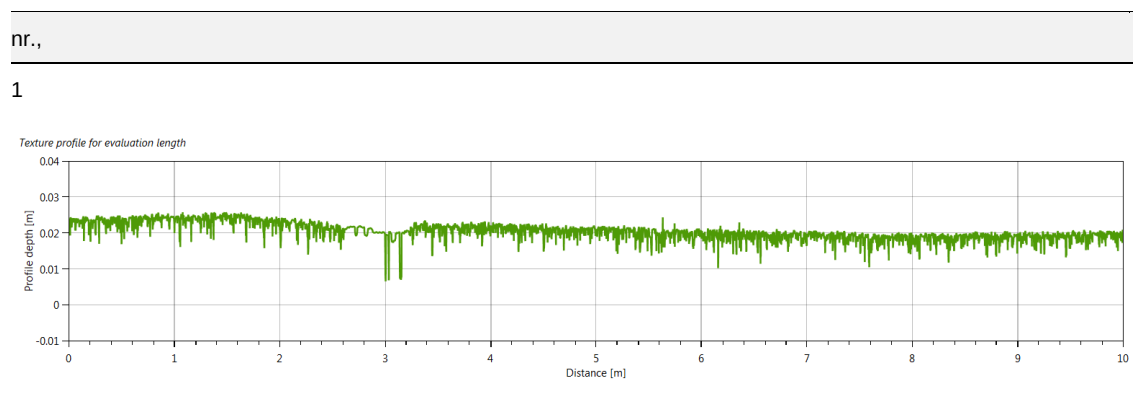
3.3.6

Locatie D: Enkelvoudige voegovergang met geluidmaatregel bij 100 gon

In onderstaande tabel zijn hoogteprofielen van vijf verschillende voegen uit familie 1s weergegeven die onder een hoek van 100 gon zijn ingebouwd. Het resultaat van de geluidmeting is weergegeven in tabel XII.

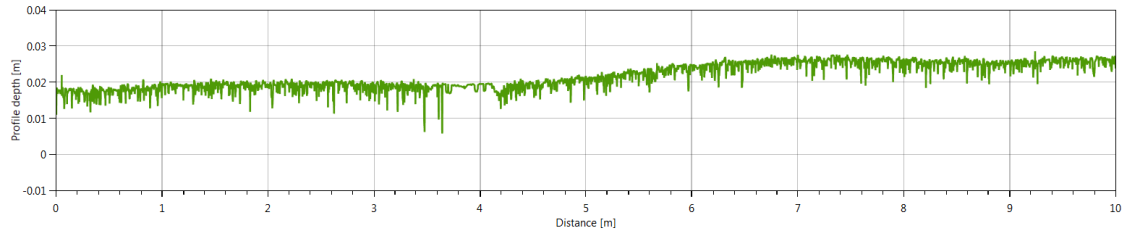
tabel XI

Resultaten van de hoogteprofielmetingen op locatie D in het rechter rijspoor



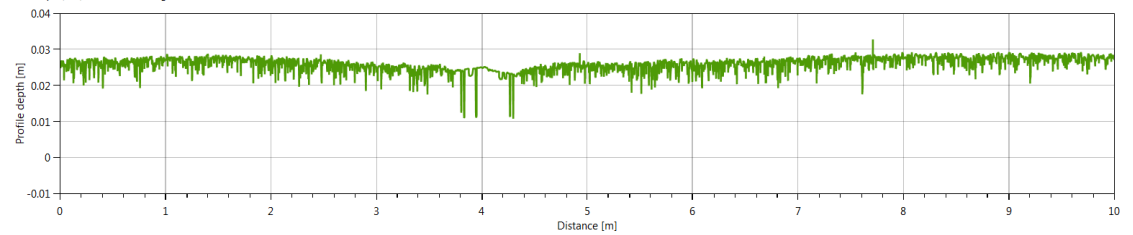
2

Texture profile for evaluation length



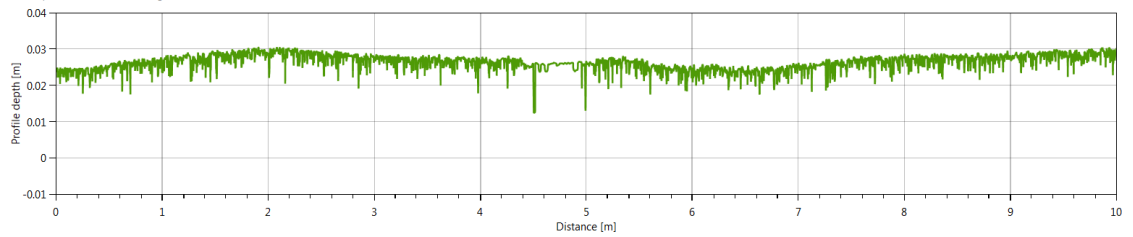
3

Texture profile for evaluation length



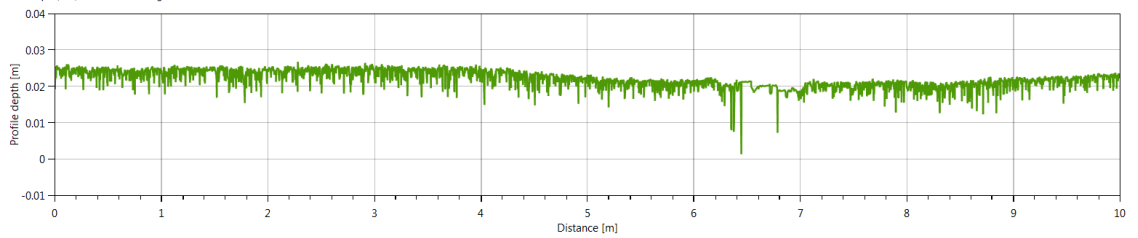
4

Texture profile for evaluation length



5

Texture profile for evaluation length



tabel XII

Resultaten van de geluidmetingen op locatie D voor lichte motorvoertuigen op 3 m hoogte

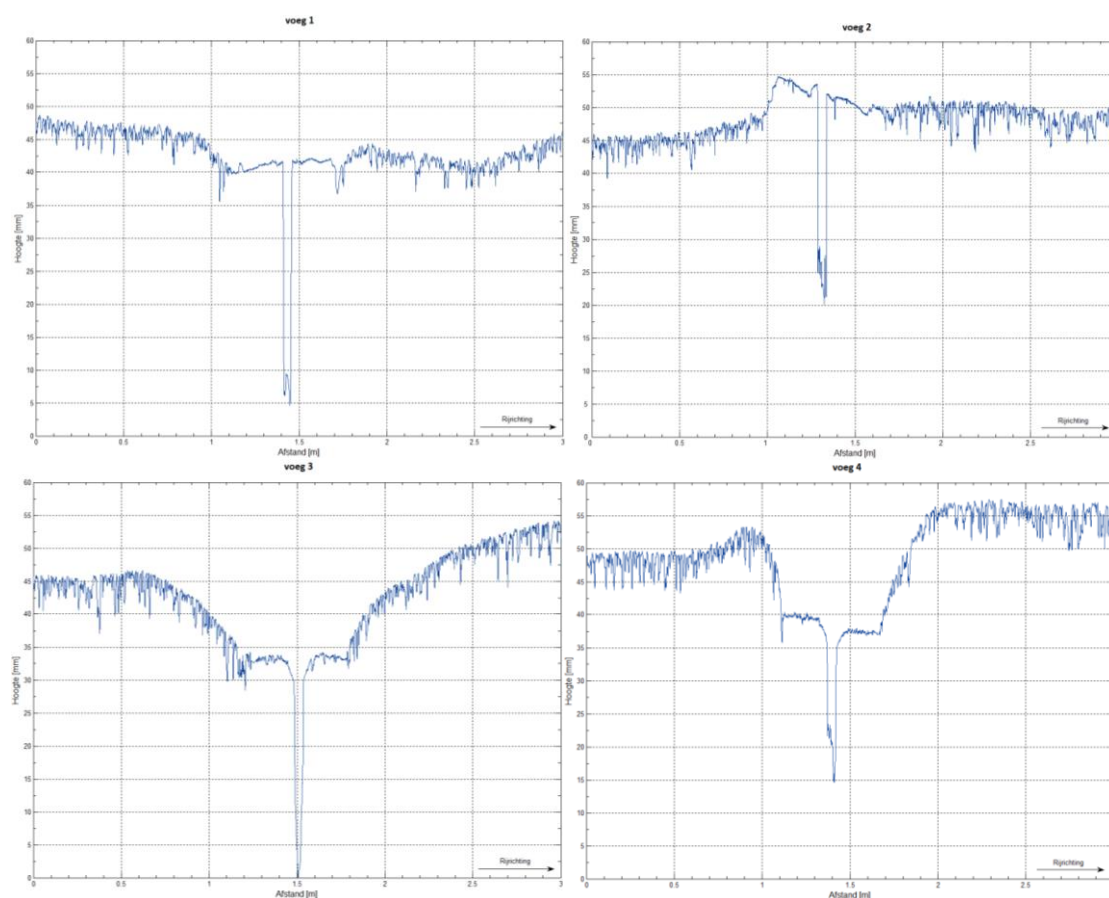
nr.	L _{SPB,voeg,lv}		
	90 km/h	100 km/h	110 km/h
1	77,7 (0,3)	78,6 (0,2)	79,3 (0,3)
2	77,9 (0,2)	79,0 (0,3)	80,1 (0,5)
3	77,2 (0,3)	78,4 (0,2)	79,4 (0,3)
4	76,9 (0,3)	78,2 (0,2)	79,4 (0,3)
5	79,3 (0,3)	80,3 (0,2)	81,3 (0,4)

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de spreiding in de meetresultaten bij 100 km/h 2,1 dB is. In de figuren is te zien dat luidste voeg (voeg 5) meer hoogtevariaties laat zien in de voeg zelf dan voeg 4 (de stilste). De gemiddelde inbouwhoogte van voeg 4 en voeg 5 ten opzichte van het asfalt lijken vergelijkbaar.

3.3.7

Locatie E: Enkelvoudige voegovergang zonder geluidmaatregel bij 100 gon

In onderstaande figuur zijn hoogteprofielen van vier verschillende voegen uit familie 1 weergegeven die onder een hoek van 100 gon zijn ingebouwd. Let op, de schaal in deze figuur wijkt af van de vorige figuren. Het resultaat van de geluidmeting is weergegeven in tabel XIII.



figuur 13

Resultaten van de hoogteprofielmetingen op locatie D in het rechter rijspoor

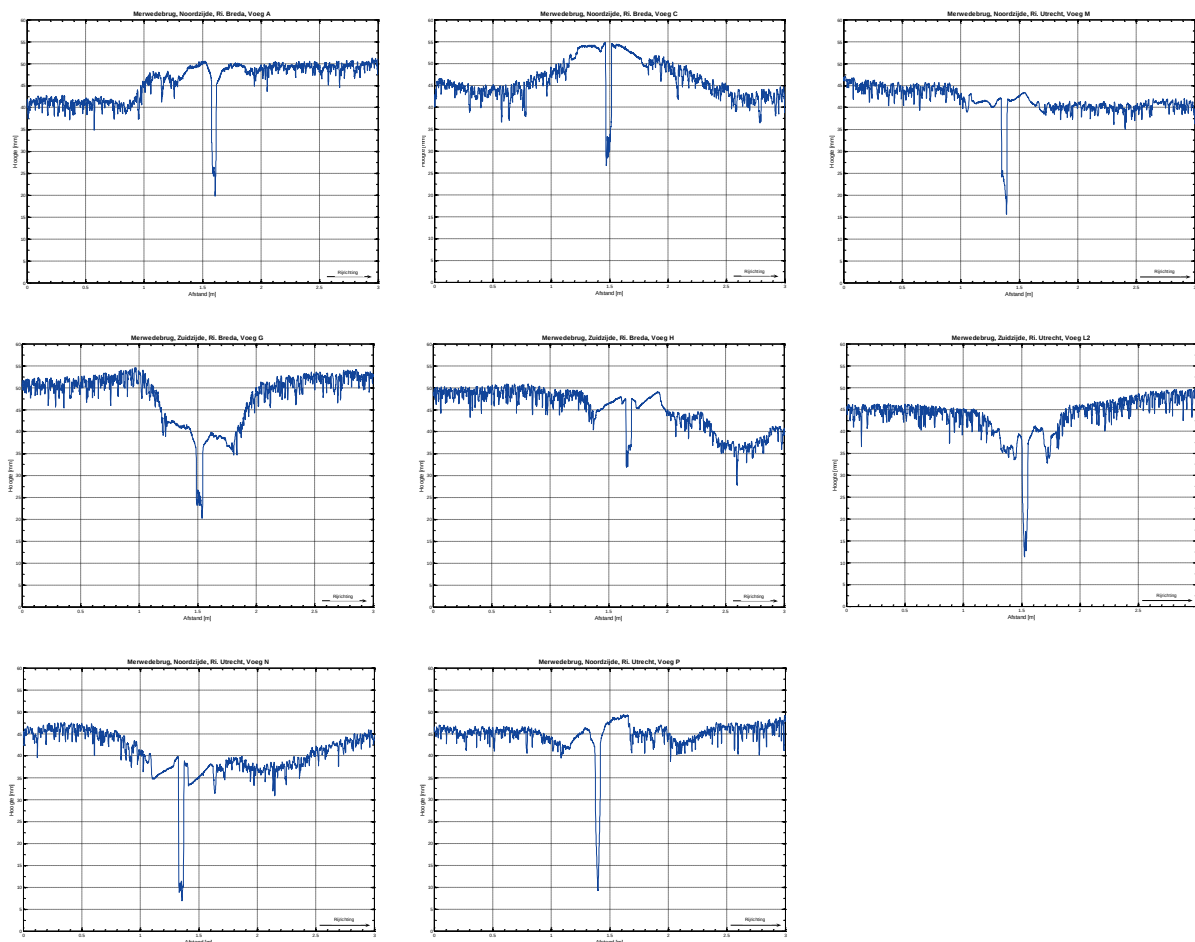
tabel XIII

Resultaten van de geluidmetingen op locatie E voor lichte motorvoertuigen op 5 m hoogte

nr.	L _{SPB,voeg,lv}		
	90 km/h	100 km/h	110 km/h
1	-	84,1	-
2	82,4	83,7	-
3	-	81,7	-
4	-	79,3	80,3

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat de spreiding in de meetresultaten bij 100 km/h 4,8 dB is. In de figuren is te zien dat luidste voeg (voeg 1) relatief vlak lijkt te zijn. De stillere voegen liggen lager dan het aangrenzende asfalt.

Op locatie E is van nog een aantal voegen het hoogteprofiel bepaald. Op deze voegen is echter geen geluidmeting uitgevoerd. Een aantal van deze hoogteprofielmetingen is weergegeven in figuur 14. Uit de figuur blijkt dat de variatie in hoogteprofielen van voegen die in hetzelfde werk zijn aangelegd, aanzienlijk kunnen zijn.



figuur 14 Resultaten van de hoogteprofielmetingen op locatie D in het rechter rijspoor

3.3.8 Analyse

Uit vorige paragrafen blijkt dat locatie A t/m D redelijk vlakke hoogteprofielen laten zien. De spreiding in de geluidsniveaus per locatie is klein.

Bij locatie A valt op dat de hoger liggende voeg de laagste geluidsniveaus geeft. Wellicht speelt bij deze locatie de inbouwhoek van 50 gon een rol. Op locatie E blijkt dat bij voeg 3 en 4 duidelijk lagere geluidsniveaus zijn gemeten dan bij voeg 1 en 2 terwijl deze voegen duidelijk lager dan het asfalt zijn ingebouwd.

Op basis van de data in deze paragraaf lijkt de inbouwwlakheid (hoogtevariaties) meer invloed te hebben op het geluidniveau dan de inbouwhoogte ten opzichte van het aangrenzende asfalt. Bedacht moet worden dat de metingen op locatie A t/m D aan nieuwe en akoestisch goed presterende voegen zijn uitgevoerd. Wellicht is de spreiding in geluidmeetresultaten en in hoogtemetingen niet groot genoeg om een goede analyse te doen van de relatie tussen inbouwkwaliteit en geluidemissie.

3.4 Conclusies en aanbevelingen

Uit de analyse van inbouwkwaliteit versus geluidniveau is gebleken dat er een beperkt verband is tussen subjectieve beoordeling van de inbouwkwaliteit en het geluidniveau. Uit de analyse van de nu beschikbare laserprofielscans kan geen duidelijk verband tussen inbouwhoogte en geluidniveau worden afgeleid. Dit is mogelijk te wijten aan het beperkte aantal metingen en de achtergrond van de onderzoeksopzet bij de verschillende projecten. Wij bevelen aan om van meer voegovergangen het hoogteprofiel vast te leggen en de analyse uit te breiden.

4 Referenties

- [1] “Meerkeuzematrix (MKM) voegovergangen (met factsheets)”, RTD 1007-3, 1-4-2013;
- [2] “Characterization of pavement texture by using surface profiles – Part 4: Spectral analysis of texture profiles”, ISO/DIS 13473-4;
- [3] M+P.DVS.12.07G1/jh, “Actualisatie van de akoestische eigenschappen in de MKM”, 11 juni 2012.

Bijlage A

**Statistische gegevens van de individuele
voegmetingen**

tabel XIV

Statistische informatie van de individuele metingen aan voegovergangen uit familie 1

voeg_id	gemiddelde snelheid [km/h]	standaarddeviatie bij de gemiddelde snelheid [km/h]	gemiddelde $L_{A, \max}$ [dB(A)]	standaard deviatie bij $L_{A, \max}$	richtings- coëfficiënt	residu	correlatie- coëfficiënt
data tot 2012 (familie 1)							
17	106,9	9,7	80,1	1,3	25,6	0,8	0,8
74	107,5	9,4	78,1	1,1	16,2	0,9	0,6
98	44,4	5,6	72,6	2,0	26,6	1,4	0,7
14	110,0	14,1	81,1	2,1	30,6	1,2	0,8
67	111,2	11,1	77,9	1,5	27,0	0,9	0,8
63	114,0	11,3	80,2	1,4	24,1	1,0	0,7
75	114,7	10,2	83,0	1,8	30,9	1,3	0,7
76	114,7	10,2	83,1	1,8	29,5	1,4	0,6
100	112,4	9,8	78,4	1,4	26,4	1,0	0,7
26	113,3	9,5	83,4	1,6	29,6	1,2	0,7
73	100,8	10,5	81,1	2,1	32,7	1,5	0,7
126	97,0	6,6	81,5	1,9	30,1	1,7	0,5
125	94,4	7,6	82,6	1,4	25,7	1,1	0,6
127	97,9	8,0	82,3	2,2	26,3	1,9	0,4
124	95,8	7,5	83,2	1,3	6,0	1,2	0,2
9	96,8	10,8	81,7	1,7	25,2	1,3	0,7
21	94,7	8,6	82,0	2,2	34,1	1,8	0,6
22	99,5	11,6	83,7	2,0	21,2	1,7	0,5
24	106,2	10,0	84,3	1,6	14,8	1,5	0,4
64	105,8	12,2	84,0	1,9	29,6	1,1	0,8
65	113,6	11,0	84,0	1,5	24,5	1,2	0,7
66	114,7	9,6	83,1	1,7	28,5	1,3	0,6
69	106,5	10,2	82,6	1,7	24,2	1,4	0,6
83	96,3	10,5	81,5	1,7	13,6	1,6	0,4
83	103,6	10,6	79,6	1,7	24,2	1,3	0,7
84	100,3	10,1	84,1	1,8	28,7	1,4	0,7
84	94,0	10,2	82,9	1,8	29,7	1,2	0,8
85	50,9	5,9	72,7	2,0	24,9	1,6	0,6
91	73,8	9,7	77,5	2,5	35,2	1,6	0,8
93	81,8	9,6	78,6	1,9	29,6	1,1	0,8

111	46,4	6,1	73,2	3,2	28,7	2,8	0,5
147	44,4	5,6	72,6	2,0	26,6	1,4	0,7
data vanaf 2012 (familie 1)							
154	53,4	6,4	75,8	2,1	33,1	1,3	0,8
200	92,1	8,5	80,2	1,7	23,6	1,4	0,6
202	105,8	9,8	82,5	1,6	30,1	1,1	0,8
203	106,1	12,5	82,2	1,6	18,0	1,3	0,6
209	75,2	8,8	75,8	1,6	24,9	1,1	0,7
204	94,4	6,5	84,1	1,5	23,0	1,4	0,5
212	100,8	7,6	82,6	2,3	19,6	2,2	0,3
213	96,8	7,0	84,9	2,3	27,2	2,1	0,4
214	97,3	10,3	82,8	2,7	33,4	2,3	0,6
210	98,6	8,6	83,5	2,4	2,0	2,4	0,0
211	92,4	7,9	82,3	2,2	3,1	2,2	0,1
228	47,9	5,1	71,3	1,9	32,9	1,2	0,8
231	95,6	4,8	77,0	1,3	5,8	1,3	0,1
232	95,1	5,4	82,5	1,9	15,2	1,9	0,2
234	103,6	10,8	81,6	1,3	17,1	1,0	0,6
236	95,1	10,7	82,1	1,8	25,6	1,3	0,7
237	96,2	8,6	83,0	1,4	20,8	1,2	0,6
238	98,6	10,8	82,3	1,5	23,8	1,0	0,7

tabel XV

Statistische informatie van de individuele metingen aan voegovergangen uit familie 1s

voeg_id	gemiddelde snelheid [km/h]	standaarddeviatie bij de gemiddelde snelheid [km/h]	gemiddelde $L_{A, \max}$ [dB(A)]	standaard deviatie bij $L_{A, \max}$	richtings- coëfficiënt	residu	correlatie- coëfficiënt
data tot 2012 (familie 1s)							
101	111.1	8.8	79.6	1.2	19.5	1.0	0.6
107	96.6	12.5	76.3	1.7	26.7	0.9	0.9
109	90.6	11.6	76.2	1.9	26.9	1.1	0.8
87	82.4	9.6	77.0	1.8	28.0	1.2	0.8
102	99.2	10.4	76.1	1.6	24.0	1.2	0.7
104	97.6	10.5	76.8	1.6	27.2	1.1	0.8
300	104.1	9.9	77.9	1.3	14.6	1.1	0.5
301	105.0	8.1	77.4	0.9	15.8	0.7	0.6

data vanaf 2012 (familie 1s)							
205	99.6	9.7	80.0	1.9	25.5	1.6	0.6
206	102.9	9.0	81.1	2.2	27.8	1.9	0.5
207	88.3	9.9	79.2	2.7	17.4	2.5	0.3
219	96.5	8.6	78.1	1.4	21.7	1.1	0.6
215	97.1	10.5	77.2	1.5	20.7	1.2	0.6
217	100.7	9.1	77.6	1.4	24.8	1.0	0.7
216	93.4	8.1	77.5	1.4	24.1	1.1	0.6
218	99.9	8.2	77.1	1.5	26.4	1.1	0.6

Bijlage B

Resultaat statistische toetsen

Voegfamilie 1

tabel XVI

Resultaten van statistische analyse van de data van voegfamilie 1 bij 100 km/h

	data tot 2012 @100 km/h	data vanaf 2012 @100 km/h
Mean	83.80675	83.38581
Standard Error	0.270072	0.427356
Median	83.98	83.8
Mode	#N/A	#N/A
Standard Deviation	1.429088	1.655143
Sample Variance	2.0	2.7
Kurtosis	-0.21441	-1.40983
Skewness	-0.64969	-0.41139
Range	5.35052	4.86
Minimum	80.47	80.47
Maximum	85.82052	85.33
Sum	2346.589	1250.787
Count	28	15
Confidence Level(95.0%)	0.554143	0.916587

tabel XVII

Resultaat van de F-toets waarbij de 0-hypothese 'varianties zijn niet significant verschillend' niet wordt verworpen. 'F' blijkt kleiner dan 'F critical'.

F-Test Two-Sample for Variances	data vanaf 2012 @100 km/h	data tot 2012 @100 km/h
Mean	83.38581	83.80675
Variance	2.739497	2.042293
Observations	15	28
df	14	27
F	1.341383	
P(F<=f) one-tail	0.247974	
F Critical one-tail	2.078145	

tabel XVIII

Resultaat van de T-toets waarbij de 0-hypothese 'gemiddelden zijn niet significant verschillend' niet wordt verworpen. 't Stat' blijkt groter dan '- t critical two tail' en kleiner dan 't critical two tail'.

	data tot 2012 @100 km/h	data vanaf 2012 @100 km/h
Mean	83.80675	83.38581
Variance	2.042293	2.739497
Observations	28	15
Hypothesized Mean Difference	0	
df	25	
t Stat	0.832636	
P(T<=t) one-tail	0.206467	
t Critical one-tail	1.708141	
P(T<=t) two-tail	0.412934	
t Critical two-tail	2.059539	

Voegfamilie 1s

tabel XIX

Resultaten van statistische analyse van de data van voegfamilie 1s bij 100 km/h

	data tot 2012 @100 km/h	data vanaf 2012 @100 km/h
Mean	78,8671138	79,74571429
Standard Error	0,418311511	0,528812043
Median	78,77	79,43
Mode	#N/A	#N/A
Standard Deviation	1,10674823	1,399105156
Sample Variance	1,224891645	1,957495238
Kurtosis	-0,419723422	-0,732397226
Skewness	0,591720795	0,905613684
Range	3,18	3,67
Minimum	77,47	78,33
Maximum	80,65	82
Sum	552,0697966	558,22
Count	7	7
Confidence Level(95.0%)	1,023571395	1,293956455

tabel XX

Resultaat van de F-toets waarbij de 0-hypothese 'varianties zijn niet significant verschillend' wordt verworpen. 'F' blijkt groter dan 'F critical'.

F-Test Two-Sample for Variances	data tot 2012 @100 km/h	data vanaf 2012 @100 km/h
Mean	78,8671138	79,74571429
Variance	1,224891645	1,957495238
Observations	7	7
df	6	6
F	0,62574438	
P(F<=f) one-tail	0,291685732	
F Critical one-tail	0,233434021	

tabel XXI

Resultaat van de T-toets waarbij de 0-hypothese 'gemiddelden zijn niet significant verschillend' niet wordt verworpen. 't Stat' blijkt groter dan '- t critical two tail' en kleiner dan 't critical two tail'.

	data tot 2012 @100 km/h	data vanaf 2012 @100 km/h
Mean	78,8671138	79,74571429
Variance	1,224891645	1,957495238
Observations	7	7
Hypothesized Mean Difference	0	
df	11	
t Stat	-1,303058678	
P(T<=t) one-tail	0,109585555	
t Critical one-tail	1,795884819	
P(T<=t) two-tail	0,219171111	
t Critical two-tail	2,20098516	

Voegfamilie 1s – zonder concept 1.2a3

tabel XXII

Resultaten van statistische analyse van de data van voegfamilie 1s bij 100 km/h (zonder concept 1.2a3)

	data tot 2012 @100 km/h	data vanaf 2012 @100 km/h
Mean	78,8671138	78,976
Standard Error	0,418311511	0,240741
Median	78,77	78,77
Mode	#N/A	#N/A
Standard Deviation	1,10674823	0,538312
Sample Variance	1,224891645	0,28978
Kurtosis	-0,419723422	-1,96122
Skewness	0,591720795	0,208872
Range	3,18	1,3
Minimum	77,47	78,33
Maximum	80,65	79,63
Sum	552,0697966	394,88
Count	7	5
Confidence Level(95.0%)	1,023571395	0,668403

tabel XXIII

Resultaat van de F-toets waarbij de 0-hypothese 'varianties zijn niet significant verschillend' niet wordt verworpen. 'F' blijkt kleiner dan 'F critical'.

F-Test Two-Sample for Variances	data tot 2012 @100 km/h	data vanaf 2012 @100 km/h
Mean	78,86711	78,976
Variance	1,224892	0,28978
Observations	7	5
df	6	4
F	4,226971	
P(F<=f) one-tail	0,092161	
F Critical one-tail	6,163132	

tabel XXIV

Resultaat van de T-toets waarbij de 0-hypothese 'gemiddelden zijn niet significant verschillend' niet wordt verworpen. 't Stat' blijkt groter dan '- t critical two tail' en kleiner dan 't critical two tail'.

	data tot 2012 @100 km/h	data vanaf 2012 @100 km/h
Mean	78,86711	78,976
Variance	1,224892	0,28978
Observations	7	5
Hypothesized Mean Difference	0	
df	9	
t Stat	-0,22561	
P(T<=t) one-tail	0,413274	
t Critical one-tail	1,833113	
P(T<=t) two-tail	0,826548	
t Critical two-tail	2,262157	