



MEMO

Aan Bedrijfsvoeringsorganisatie Vijfheerenlanden
T.a.v. dhr. D. van Dun

Van Marc Burgmeijer
E-mail aalsmeer@mp.nl
Telefoon 0297-320651
Kenmerk M+P.GVIJF.18.01.1
Datum 12 februari 2019
Aantal pagina's 13

Onderwerp Trillingen ten gevolge van treinpassages ter plaatse van bouwplan Broekgraaf te Leerdam

Geachte heer Van Dun,

Op uw verzoek heeft M+P trillingsmetingen uitgevoerd ter plaatse van een toekomstig woningbouwplan vallend onder bestemmingsplan Broekgraaf te Leerdam. De metingen zijn uitgevoerd op 31 oktober 2018.

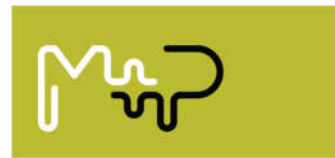
Vanwege een zienswijze van de spoorbeheerder Prorail en in het kader van een 'goede ruimtelijke ordening' is beoordeeld of er sprake kan zijn van hinder in de toekomstige woningen vanwege trillingen door railverkeer. De optredende effectieve trillingsniveaus ter plaatse van het bouwplan worden getoetst aan de hand van de SBR B richtlijn *Hinder voor personen*.

Situatie

Het bouwplan komt te liggen tussen de Koendersweg in het westen en sportterrein Leerdam in het oosten. Direct ten noorden van het plan loopt spoortraject Dordrecht-Geldermalsen. Over dit spoor wordt de reguliere dienstregeling verzorgd door Arriva. Er wordt met één treintype van het type Spurt gereden. In figuur 1 en figuur 2 zijn foto's weergegeven van de meetopstelling langs het spoor.

Uit navraag bij Prorail blijkt dat er vrijwel geen goederenvervoer plaatsvindt over dit traject. In de voorafgaande maand oktober 2018 is éénmaal een trein van een andere vervoerder gepasseerd. Dit betreft een incidentele situatie en is daarom niet meegenomen in de beoordeling.

Omdat de woningen nog niet gerealiseerd zijn, betreft de hinderbeoordeling van trillingen in het plangebied een prognose. Bij de prognose is er van uitgegaan dat de nieuwe woningen worden gefundeerd op een paalfundering. Ondiepe fundatie op bijvoorbeeld staal of poeren zal ongunstiger zijn ten aanzien van de trillingsoverdracht naar het gebouw.



figuur 1 *treinmaterieel Spurt van Arriva*



figuur 2 *opstelling meetapparatuur langs spoor*



Wettelijk kader

Bij het beoordelen van trillingshinder voor personen in gebouwen worden in eerste instantie de trillingen van vloervelden beschouwd. De beoordelingscriteria die hierbij zijn aangehouden, zijn ontleend aan de SBR-richtlijn B: *Hinder voor personen in gebouwen door trillingen*.

Voor het beoordelen van de trillingen is de functie van het gebouw of de ruimte in het gebouw en het type trillingen van belang. De trillingen worden beoordeeld op het frequentiegebied van 1 tot en met 80 Hz. Door middel van integratie wordt het gemeten signaal omgezet in een voortschrijdende effectieve waarde. Middels een statistische verwerking zoals beschreven in paragraaf 9.6 van de SBR B wordt de grootste waarde over de meetduur V_{\max} bepaald.

Er wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR B als:

- de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{\max} niet wordt overschreden
- de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte wel wordt overschreden maar de hoogste bovenste waarde voor de trillingssterkte niet en als bovendien geen overschrijding plaatsvindt van de maximale trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} .

In tabel I zijn de streefwaarden voor deze gewogen trillingsnelheden V_{\max} en V_{per} weergegeven.

tabel I

streefwaarden bij woningen voor herhaald voorkomende trillingen in verband met trillingshinder voor nieuwe situaties

	dag en avond	nacht
A1. onderste streefwaarde trillingssterkte, v_{\max} [.]	0,1	0,1
A2. bovenste streefwaarde trillingssterkte, v_{\max} [.]	0,4	0,2
A3. trillingssterkte over beoordelingsperiode, v_{per} [.]	0,05	0,05

Beoordeling van de trillingssterkte dient plaats te vinden in het midden van het vloerveld. Waarden boven de 0,1 zijn net voelbaar. Waarden tot de grenswaarde A2 zijn toelaatbaar mits de grenswaarde A3, de gemiddelde trillingssterkte per beoordelingsperiode, niet wordt overschreden. Voor nieuwbouw wordt gestreefd naar een trillingssterkte die niet meer is dan de onderste streefwaarde A1 van 0,1. Daarmee hoeft dan ook niet worden getoetst aan trillingssterkte over de beoordelingsperiode.

Uit praktische overwegingen wordt de trillingsterkte ook wel uitgedrukt in een dB waarde waarbij de referentie 1×10^{-12} m/s bedraagt. De onderste grenswaarde A1 bedraagt dan 100 dB en grenswaarde A2 bedraagt 106 dB voor de maatgevende nachtperiode.



Meetmethode

De trillingsmetingen zijn uitgevoerd op 31 oktober 2018. Gemeten is met drie tri-axiale trillingsensoren van het merk Syscom type MS2003. Het data-acquisitie apparaat bestond uit een AD-converter type Apollo van het merk Sinus Messtechnik. Voor de analyse is Samurai software van Sinus Messtechnik gebruikt.

De meting heeft plaatsgevonden op het maaiveld. In de huidige situatie bestaat het terrein nog uit akkerland. De sensoren zijn met een betontegel direct op de bodem geplaatst. Veelal is de trillingssterkte ten gevolge van de oppervlaktegolf (Raleigh golf) het sterkste en wordt de hoogste waarde in de verticale Z-richting gemeten. Dat is hier ook het geval.

De locatie van de drie meetposities is weergegeven in figuur 3 in Bijlage A. Kanaal 3 en 5 liggen parallel aan het spoor. Voor kanaal 5 is de positie gekozen nabij een voegovergang ter plaatse van een sein. Kanaal 3 is gesitueerd op de plaats waar de toekomstige bebouwing het dichtst bij het spoor komt te liggen. Kanaal 6 dient om een indicatie te krijgen van de afstandsdemping van de trillingen. De afstand tussen kanaal 3 en 5 bedroeg circa 55 meter, parallel aan het spoor. Tussen kanaal 3 en 6 bedroeg de afstand circa 27 meter haaks op het spoor. De afstand tot het spoor voor kanaal 3 en 5 bedroeg 22 meter, zie figuur 3.

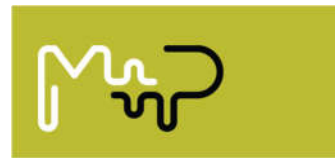
Op het meetpunt bij kanaal 3, is in drie richtingen gemeten. Alleen de meetresultaten in de Z-richting worden hier gepresenteerd. Dit is de verticale richting loodrecht op het maaiveld. Uit de metingen bleek dat deze richting maatgevend is en ook omdat deze component de vloervelden in trilling brengt.

Gedurende een meettijd van 3,5 uur zijn continu de optredende trillingsniveaus geregistreerd. Tijdens deze meetperiode zijn 15 treinen gepasseerd. Op alle posities is de voortschrijdende effectieve waarde van de momentane snelheid v_{eff} met een tijdsinterval van 30 seconden bepaald. De analyse software bepaalt deze volgens de DIN4150-2. De hiermee vastgestelde KB-waarde is vrijwel gelijk aan de V_{eff} waarde uit de SBR deel B.

Meetresultaten

In Bijlage B zijn de meetresultaten weergegeven voor kanaal 3, 5 en 6. Getoond zijn de resultaten in de verticale richting in het tijdsverloop. Behalve de treinpassages zijn ook verstoringen te zien vanwege lopen nabij de sensor en vanwege vrachtverkeer over de Parallelweg. De sterkste trillingen vanwege treinen zijn gemeten op kanaal 5, welke in de nabijheid van een voegovergang was gepositioneerd. Waarden gemeten met kanaal 3 liggen lager (doorgaand spoor zonder voegen). De waarden gemeten met kanaal 6 zijn circa een factor drie lager dan die van de kanaal 3 als gevolg van de grotere afstand tot aan het spoor. De gemeten niveaus bij kanaal 6 liggen rond het achtergrondniveau.

De getoonde meetresultaten zijn statistisch verwerkt volgens de SBR richtlijn B. Hierbij zijn 15 passages vastgelegd met kanaal 5 die de grootste trillingssterkte hebben veroorzaakt. Voor kanaal 3 waren dat er 11 met een trillingssterkte groter dan $V_{eff,max,30,i} = 0,1$ mm/s. Voor het totaal aantal passages is per kanaal de statistisch effectieve trillingssnelheid $V_{eff,max,stat}$ vastgelegd.



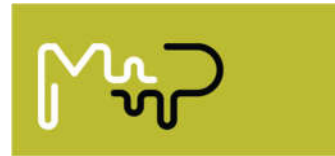
De waarde van $V_{\text{eff,max,stat}}$ wordt deels bepaald door het gemiddelde van de gemeten trillingssterktes, en deels door de afwijking tussen de gemeten waarden in de vorm van de standaarddeviatie. Hoe groter de onderlinge afwijking tussen de passages, hoe groter de waarde van $V_{\text{eff,max,stat}}$. Waarden die minder dan de helft van de hoogst gemeten waarde bedragen worden niet meegenomen in de analyse. Bij 15 valide metingen wordt de kleinste afwijking berekend.

Door de meting statistisch te verwerken wordt de reproduceerbaarheid van de meetresultaten vergroot. De statistisch berekende waarde $V_{\text{eff,max,stat}}$ staat voor een waarde die in 95% van de gevallen niet overschreden wordt.

De resultaten zijn opgenomen in tabel II. De gemeten trillingssterkte is eveneens uitgedrukt in dB waarden met een referentie van 1 nanometer per seconde. Voor trillingen geldt dat een verdubbeling van de trillingssterkte een toename betekent van 6 dB.

tabel II **gemeten trillingssterkte gesorteerd naar grootte, per kanaal en statistisch effectieve trillingsnelheid $V_{\text{eff,max,stat}}$**

#	kanaal 3	kanaal 6	kanaal 5
1	0,181	0,058	0,356
2	0,175	0,057	0,336
3	0,171	0,048	0,333
4	0,166	0,045	0,331
5	0,161	0,039	0,328
6	0,160	0,034	0,321
7	0,144	0,034	0,321
8	0,141	--	0,318
9	0,136	--	0,314
10	0,118	--	0,303
11	0,114	--	0,302
12	0,092	--	0,301
13	--	--	0,295
14	--	--	0,282
15	--	--	0,282
max	0,181	0,058	0,356
gemiddelde μ	0,146	0,045	0,315
aantal	12	7	15



#	kanaal 3	kanaal 6	kanaal 5
stdev σ	0,028	0,010	0,021
factor β	1,80	1,94	1,76
$V_{\text{eff,max,stat}}$ [mm/s]	0,206	0,069	0,354
$V_{\text{eff,max,stat}}$ [dB ref	106,3	96,8	111,0

De grenswaarde A1 van 0,1 mm/s staat gelijk aan 100 dB. Dit betekent dat ter plaatse van kanaal 5 een overschrijding op het maaiveld is gemeten. Ten opzichte van de vloer in de woning is reductie nodig is van 11 dB oftewel een reductie met ongeveer een factor 3,5.

In de bebouwde toestand zal er sprake zijn van een zekere reductie ten gevolge van de aanlegdiepte van de fundering en de toegevoegde massa.

Demping maaiveld – vloer en afstandseffect

Er is op basis van ervaringsgetallen en literatuurgegevens gekeken wat het effect kan zijn van de fundering en de vloeren van de woningen. Hierbij is rekening gehouden met de dominante frequenties waarbij de trilling plaatsvindt. De spectraalanalyse van de trillingen ter plaatse van kanaal 5 zijn weergegeven in figuur 6 Bijlage B. De dominante frequentie ligt rond de 4 Hz. Vanwege de overdracht van de bodem naar de draagconstructie is een reductie te verwachten van circa 3 dB (factor 0,7). Daarentegen kan als gevolg van vloerresonanties, deze reductie weer teniet worden gedaan.

Aan de hand van de gemeten waarden ter plaatse van de meetpunten 3 en 5, is de minimale afstand bepaald waarbij nog juist wordt voldaan aan de richtwaarde A1 (de streefwaarde) en de bovenste richtwaarde A2 uit de SBR richtlijn deel B. Hierbij is uitgegaan van de maatgevende nachtperiode.

De overdrachtdemping is bepaald met de empirische vergelijking van Barkan:

$$(1) \quad V(x) = V(x_0) * \left(\frac{x_0}{x}\right)^n * e^{-\alpha(x-x_0)}$$

waarin:

$V(x)$ = de trillingssnelheid op afstand x

x = de afstand tot aan de bron

x_0 = de referentieafstand

n = parameter voor de geometrische uitbreiding

α = dempingsfactor voor de bodem

Voor de parameter voor geometrisch uitbreiding in 0,5 aangehouden. Vervolgens is de bodemdemping α bepaald aan de hand van het verschil tussen meetpunt 3 en 6. Deze blijkt 0,025 te zijn.



Hierbij is geen rekening gehouden met mogelijke vloerresonanties. Omdat dit effect kan optreden wordt geadviseerd waar mogelijk de richtafstand aan te houden. De berekende afstanden zijn opgenomen in onderstaande tabel III

tabel III richtafstanden bebouwing langs spoor

situatie	minimale afstand volgens SBR (grenswaarde 0,2)	richtafstand geen hinder (streefwaarde 0,1)
nabij voeg in spoor (overweg/sein)	27 m	43 m
doorgaand voegloos spoor	16 m	30 m

Concreet betekend dit dat op de richtafstand uit de eerste kolom trillingen vanwege het reguliere reizigersmaterieel net voelbaar zijn maar dat wel wordt voldaan aan de streefwaarde A2 uit de SBR richtlijn. Bij de afstanden uit de tweede kolom is vrijwel geen sprake meer van voelbare trillingen.

Conclusie en aanbevelingen

M+P heeft trillingsmetingen uitgevoerd ter plaatse van een woningbouwplan in Leerdam, ten zuiden van spoortraject Dordrecht - Geldermalsen.

De trillingen zijn gemeten op het maaiveld op de positie van de toekomstige woningbouw. Aan de hand van de metingen zijn de minimale afstanden berekend waarbuiten nog juist wordt voldaan aan de grenswaarden uit de SBR en de minimale afstanden waarbuiten geen hinder te verwachten is. Omdat er sprake kan zijn van enige opslinging door resonantie van vloeren wordt aanbevolen om de richtafstand aan te houden zoals vermeld in de 3^e kolom van tabel III.

Bij bebouwing in het gebied tussen de minimale afstand (kolom 2) en de richtafstand (kolom 3) wordt geadviseerd om de woningen “zwaar” te bouwen. Dit betekent een paalfundering en de woningen uit te voeren met steenachtige binnenwanden (binnenspouwblad en scheidingswanden) om vloerresonanties te beperken. Hierbij gaan we uit van 4-zijdig opgelegde vloervelden met een overspanning van maximaal circa 5 meter.

Bij bebouwing binnen de minimale afstand is de kans op hinder door trillingen (groter dan de richtwaarden uit de SBR deel B) groot.

Ten aanzien van de mogelijke nieuwe overweg wordt opgemerkt dat de LS lussen (ten behoeve van de treinsignalering) voegloos uitgevoerd moeten worden. De richtafstand van 30 meter kan dan aangehouden worden. Indien er voegen in het spoor worden opgenomen dient de afstand minimaal 43 meter te bedragen zoals opgenomen in tabel III.



Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben.

Met vriendelijke groet,
M+P

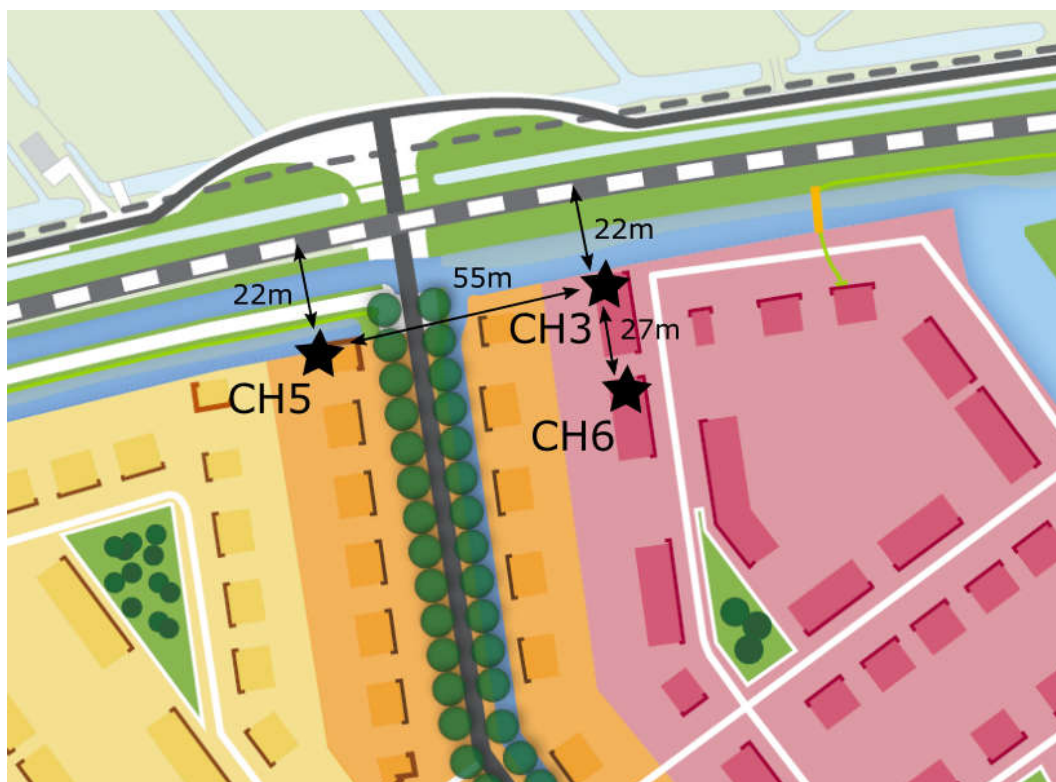
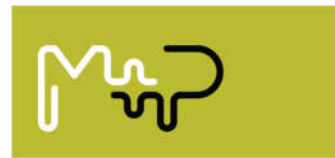
ing. Marc Burgmeijer
Marc.Burgmeijer@mp.nl

Bijlagen:
A. figuren
B. meetresultaten



Bijlage A

Figuren



figuur 3 meetsituatie ten opzichte van toekomstige situatie. Meetlocaties aangegeven met ster

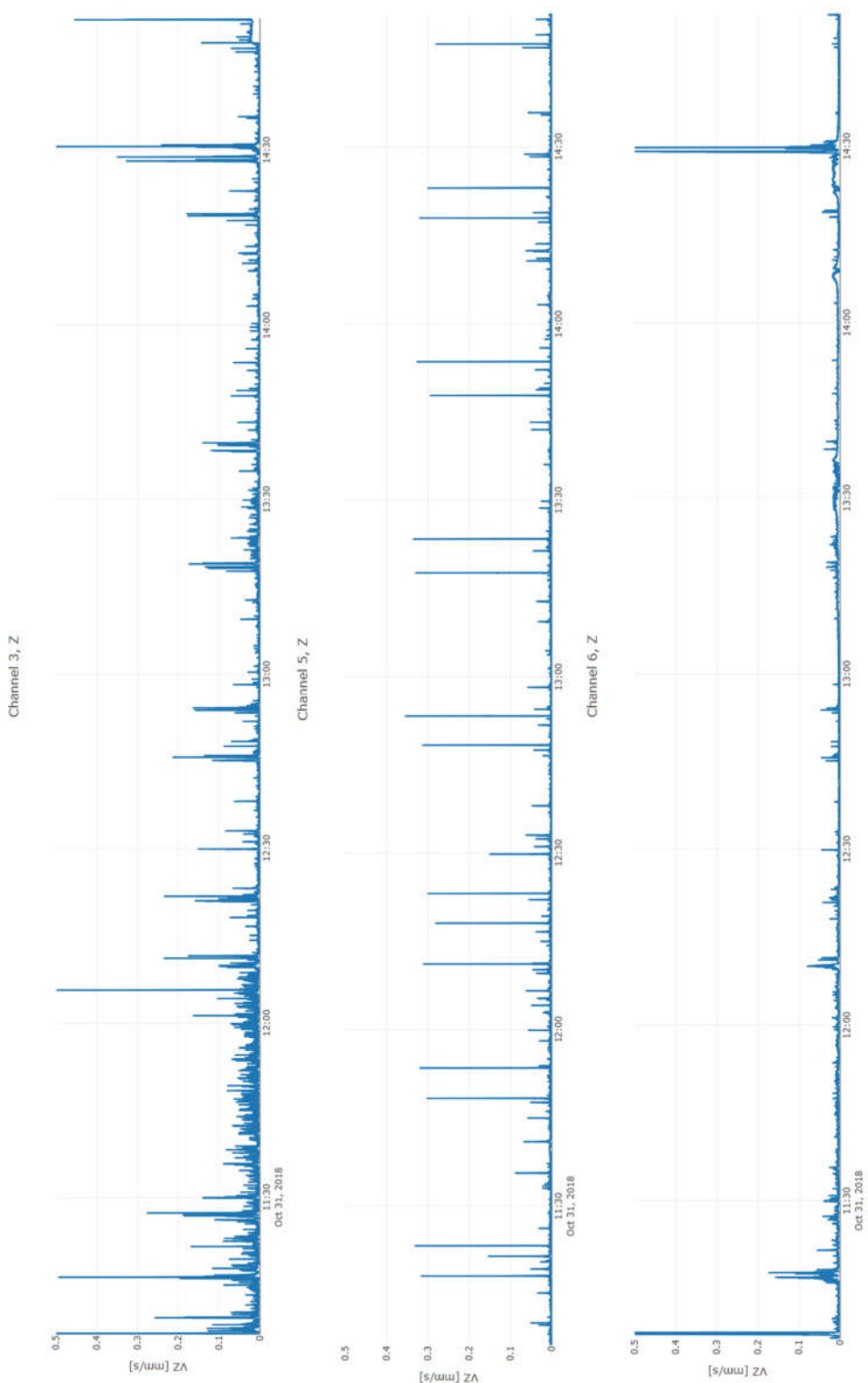


figuur 4 meetlocaties in huidige situatie op basis van gps-coördinaten

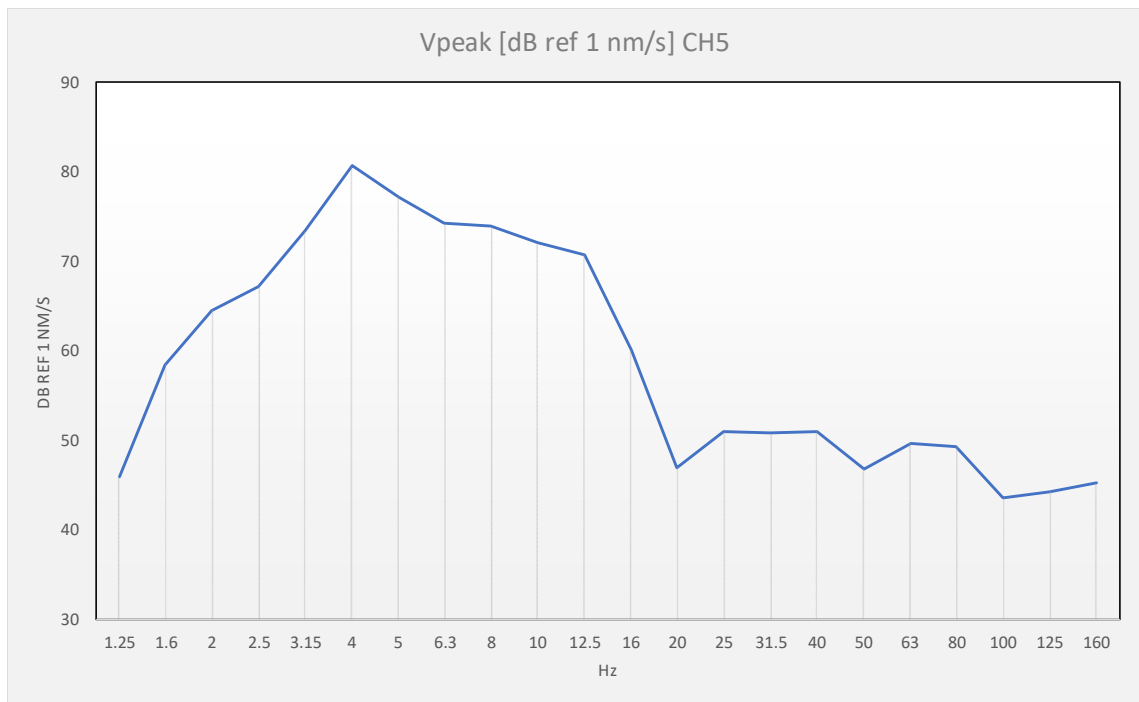


Bijlage B

meetresultaten



figuur 5 *gemeten trillingsniveaus in het tijdsdomein voor de drie meetpunten. Corresponderende pieken zijn treinpassages*



figuur 6 tertsbandanalyse gemeten trillingen bij kanaal 5