



Appartementen voor senioren Hoff van Hollantlaan 7 Rosmalen - Trillingen railverkeer

*Onderzoek in het kader van een
bestemmingsplanwijziging*



Appartementen voor senioren Hoff van Hollantlaan 7 Rosmalen - Trillingen railverkeer

*Onderzoek in het kader van een
bestemmingsplanwijziging*

opdrachtgever	Pickkers Consult B.V.
rapportnummer	H 6002-3-RA-002
datum	16 november 2018
referentie	DVI/DVI//H 6002-3-RA-002
verantwoordelijke	D.M. Vlieger
opsteller	D.M. Vlieger +31 79 3470315 d.vlieger@peutz.nl

peutz bv, postbus 696, 2700 ar zoetermeer, +31 79 347 03 47, zoetermeer@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding en samenvatting	4
2	Uitgangspunten	5
2.1	Situering planlocatie	5
2.2	Streefwaarden trillingniveaus	6
3	Metingen en berekeningen	7
3.1	Meetmethode en meetinstrumenten	7
3.2	Meetposities	7
3.3	Resultaten van metingen en berekeningen	8
3.4	Beoordeling	9
4	Trillingniveaus in gebouwen	11
4.1	Algemeen	11
4.2	Overdrachtsberekeningen	11
4.3	Uitgangspunten	12
4.4	Rekenresultaten	12
4.4.1	Horizontale richting	12
4.4.2	Verticale richting	14
5	Conclusie	16

1 Inleiding en samenvatting

In opdracht van Rohofflant VOF is een onderzoek uitgevoerd naar de optredende trillingniveaus ten gevolge van railverkeer bij een geprojecteerde woningbouwlocatie gelegen aan de Hoff van Hollantlaan 7 te Rosmalen. Het voornemen bestaat om op deze locatie appartementen voor senioren te realiseren. In figuur 2.1 is de ligging van het terrein ten opzichte van de omgeving weergegeven.

De geprojecteerde woningbouwlocatie is gelegen ten noorden van de spoorlijn Den Bosch – Nijmegen. De afstand van de buitenste spoorstaaf tot de te realiseren bebouwingslijn bedraagt circa 30 meter. Op het spoortraject rijden zowel reizigers- als goederentreinen. De afstand is zodanig dat trillinghinder niet op voorhand uitgesloten is. In het kader van een bestemmingsplanwijziging dient te worden aangetoond dat de trillingen vanwege het railverkeer niet leiden tot een onacceptabele situatie, maar dat sprake is van een goede ruimtelijke ordening. Derhalve is voorliggend onderzoek uitgevoerd.

Doel van het onderzoek is om de toekomstig optredende trillingniveaus in de woningen ten gevolge van treinpassages te voorspellen. Hiertoe zijn metingen verricht op maaiveldniveau, waarna middels een vereenvoudigde modellering de overdracht is bepaald naar de te verwachten trillingniveaus in de geprojecteerde woningen. De trillingniveaus worden getoetst aan de grenswaarden voor nieuwe situaties uit de publicatie 'Trillingen: meet- en beoordelingsrichtlijnen, Hinder voor personen in gebouwen, deel B' van de Stichting Bouwresearch (SBR Richtlijn B). Deze richtlijn vormt ook volgens bestendige jurisprudentie het toetsingskader.

Uit de resultaten van het onderzoek volgt dat zowel in de horizontale als verticale richting voldaan kan worden aan de grenswaarden uit de SBR Richtlijn B, mits voldoende stijve vloeren en een voldoende zware fundering worden toegepast.

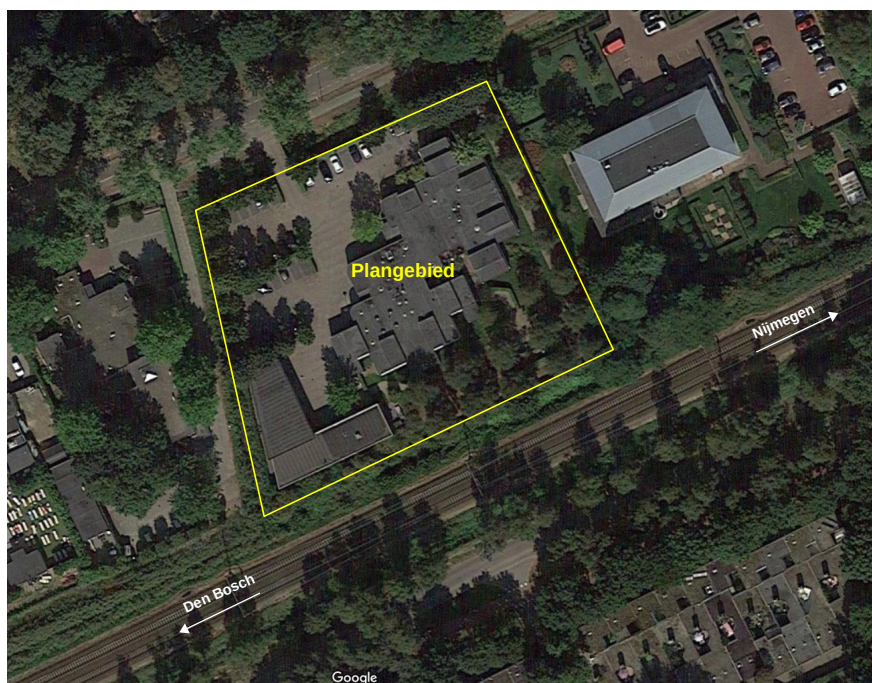
2 Uitgangspunten

2.1 Situering planlocatie

In figuur 2.1 is de ligging van het plangebied ten opzichte van de omgeving gegeven.

De geprojecteerde woningbouwlocatie is gelegen langs een deel van railtraject Den Bosch – Nijmegen. Ter hoogte van het plangebied is sprake van een dubbelsporig traject. Het station Rosmalen is gelegen op circa 450 meter afstand van de geprojecteerde woningbouwlocatie. Ter plaatse van de woningbouwlocatie liggen de sporen op een kleine verhoging van circa 1,5 m ten opzichte van het huidige maaiveld. In de huidige situatie is er sprake van een kantoorfunctie. De geprojecteerde woningen zullen worden gerealiseerd met de achterste bebouwingslijn op ten minste 30 m afstand van de buitenste spoorstaaf.

f2.1 Ligging van het plangebied aan de Hoff van Hollantlaan te Rosmalen



2.2 Streefwaarden trillingniveaus

De trillingniveaus vanwege het railverkeer ter plaatse van de geprojecteerde woningbouwlocatie worden getoetst aan de streefwaarden uit de publicatie 'Trillingen: meet- en beoordelingsrichtlijnen, Hinder voor personen in gebouwen, deel B' uit augustus 2002 van de Stichting Bouwresearch (SBR Richtlijn B).

Conform SBR richtlijn B worden voor nieuwe situaties en bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd, waarvan in deze situatie sprake is, de in tabel 2.1 gegeven streefwaarden voor de dimensieloze trillingsterkte gehanteerd. De streefwaarden hebben betrekking op voelbare trillingen tot 100 Hz. Boven 100 Hz zijn trillingen door de mens in het algemeen niet meer voelbaar.

t2.1 Overzicht streefwaarden conform de Richtlijn SBR-B voor de gebouwfunctie wonen in een nieuwe situatie bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd

Periode	A ₁	A ₂	A ₃
Dagperiode (07.00 – 19.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Avondperiode (19.00 – 23.00 uur)	0,1	0,4	0,05
Nachtperiode (23.00 – 07.00 uur)	0,1	0,2	0,05

De optredende trillingniveaus voldoen aan de streefwaarden indien voldaan wordt aan één van onderstaande twee voorwaarden:

- de waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte ($V_{\max}$) is kleiner dan A_1 ;
- de waarde van de maximale trillingsterkte in een ruimte ($V_{\max}$) is kleiner dan A_2 waarbij de trillingsterkte over de beoordelingsperiode in deze ruimte (V_{per}) kleiner is dan A_3 .

Omdat treinpassages zowel in de dag-, avond- als nachtperiode plaatsvinden zijn de streefwaarden voor de nachtperiode maatgevend voor de beoordeling. Bovengenoemde streefwaarden zijn overigens geen wettelijke grenswaarden. Wel worden de SBR richtlijnen in de jurisprudentie gehanteerd ter bepaling van de beoordelingscriteria en zijn als zodanig als grenswaarden te hanteren.

Recentelijk is het RIVM rapport 2014-0096: 'Wonen langs het spoor - gezondheidseffecten trillingen van treinen', 23 februari 2015 verschenen. In dit rapport wordt geconcludeerd dat in bestaande situaties sprake is van (ernstige) hinder en slaapverstoring bij een significant aandeel van de bevolking die woonachtig is binnen 300 m van het spoor. In het algemeen worden in bestaande situaties de streefwaarden uit tabel 2.1 (significant) overschreden. In het RIVM rapport worden geen concrete streef- of grenswaarden voorgesteld.

Bij het voldoen aan de streefwaarden uit SBR Richtlijn B is er in het algemeen sprake van een acceptabele situatie, ondanks dat trillingniveaus groter dan 0,1 (zeer) licht voelbaar kunnen zijn.

3 Metingen en berekeningen

3.1 Meetmethode en meetinstrumenten

De trillingmetingen zijn uitgevoerd conform de SBR Richtlijn B.

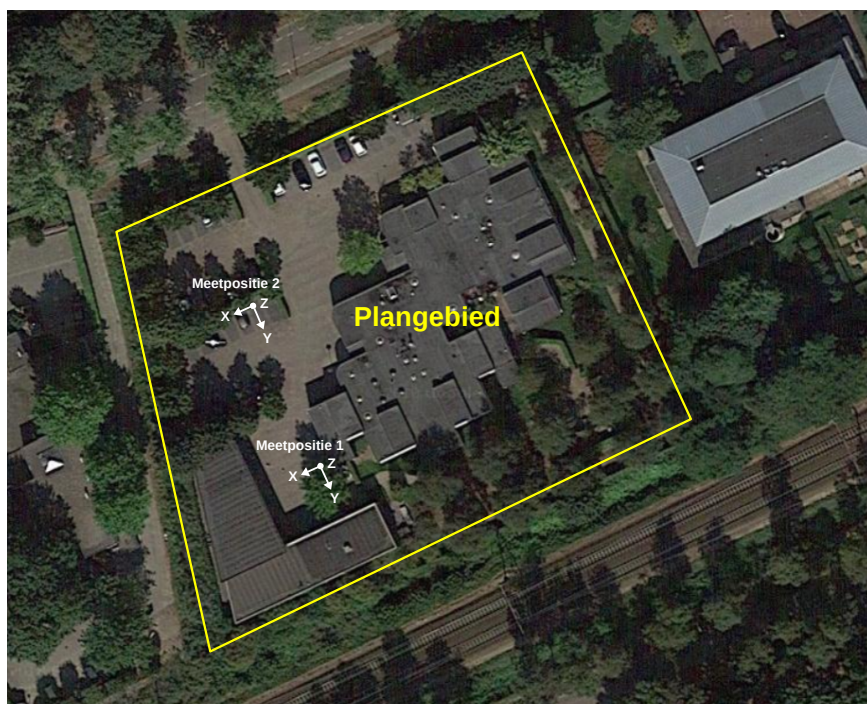
De trillingmetingen zijn uitgevoerd met behulp van trillingrecorders, fabricaat SYSCOM, type MR3000C met geïntegreerde xyz-opnemers. De trillingopnemer is een triaxiale snelheidssensor en heeft een frequentiebereik van 1 tot 315 Hz.

De metingen zijn geanalyseerd met behulp van het analyse programma VIEW2002 versie 3.1 door Ziegler Consultants.

3.2 Meetposities

In figuur 3.1 zijn de locaties van de meetposities weergegeven. Er is gemeten op twee posities op het terrein van de geprojecteerde bouwlocatie, waarbij de trillingsensoren zijn geplaatst op de bestaande bestrating van de parkeerplaats. Positie 1 is gelegen ter hoogte van de geprojecteerde bebouwingsgrens op 30 meter van het dichtstbijzijnde spoor. Meetpositie 2 is gelegen op 60 meter van het dichtstbijzijnde spoor.

f3.1 Ligging en oriëntatie van de meetposities op de geprojecteerde bouwlocatie aan de Hoff van Hollandlaan



3.3 Resultaten van metingen en berekeningen

De trillingmetingen zijn verricht op woensdag 11 april 2018 tussen circa 10.00 en 15.45 uur. In deze periode vonden 45 passages van reizigerstreinen plaats (met name van het type ICM en FLIRT en een enkele IRM). De treinpassages in de dagperiode wijken qua type treinen niet af van de te verwachten treinpassages in de avond- en nachtperiode. Het spoortraject Den Bosch – Nijmegen wordt daarnaast gebruikt voor goederenvervoer. Gedurende de metingen hebben zich geen passages van goederentreinen voorgedaan (zie hiervoor de beschouwing onder tabel 3.1).

De gedurende de meetduur opgetreden trillingniveaus zijn weergegeven in de figuren in bijlage 1. Het betreft de voortschrijdende maximale effectieve trillingsnelheid $v_{\text{eff,max}}$ per tijdsinterval van 30 seconden. Hierbij wordt de gemeten trillingsnelheid frequentieafhankelijk gewogen volgens de weegfunctie die is opgenomen in de SBR Richtlijn B. De weegfunctie is bedoeld om frequenties waarbij het menselijk waarnemingsvermogen is verminderd ook minder in de beoordeling te betrekken. De dimensieloze effectieve waarde $v_{\text{eff,max}}$ is per passage bepaald voor de drie orthogonale richtingen 'x', 'y' (beiden horizontaal) en 'z' (verticaal).

Zowel de resultaten op meetpositie 1 als meetpositie 2 zijn weergegeven. Hierbij dient te worden bedacht dat niet alle weergegeven trillingpieken worden veroorzaakt door passerend railverkeer. Ook vrachtverkeer rijdend over de Hoff van Hollantlaan en de aan de overzijde van het spoor gelegen T.M. Kortenhorstlaan, personenwagens rijdend over het bestaande parkeerterrein en langslopende personen veroorzaken trillingpieken. Deze pieken zijn, wanneer wordt ingezoomd op de betreffende gebeurtenis, overigens eenvoudig te onderscheiden van de door treinpassages veroorzaakte trillingpieken.

Per meetpositie zijn de maximale waarden van $v_{\text{eff,max}}$ van alle treinpassages (doorgaande en stoptreinen) bepaald. Hierbij is op de 15 hoogst gemeten waarden de statistische verwerking toegepast van paragraaf 9.6 van de SBR Richtlijn B. In bijlage 1 is deze berekening opgenomen, waarbij de 15 maatgevende trillingniveaus voor de beide meetposities en in iedere trillingsrichting zijn weergegeven. De maatgevende treinpassages betreffen zowel stoptreinen (FLIRT) als doorgaande treinen (ICM). Stoptreinen hebben een vergelijkbare aslast als de doorgaande reizigerstreinen, maar een gemiddeld lagere rijnsnelheid vanwege de ligging van station Rosmalen in de omgeving van de planlocatie. Het afremmen voor station Rosmalen kan echter alsnog relevante trillingniveaus tot gevolg hebben.

De maatgevende treinpassages leiden tot de waarden van V_{max} – zijnde de maximale trillingsterkte per beoordelingsperiode en V_{per} – zijnde het kwadratisch gemiddelde van de trillingsterkte betrokken op de bedrijfsduur in de betreffende beoordelingsperiode - zoals gegeven in tabel 3.1.

t3.1 De berekende parameters voor de verschillende meetposities en richtingen

Parameter	Positie 1			Positie 2		
	x	y	z	x	y	z
μ (gemiddelde)	0,06	0,11	0,05	0,02	0,02	0,03
σ (standaarddeviatie)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
$V_{\max}$	0,08	0,15	0,08	0,03	0,03	0,05
V_{per}	0	0,01	0	0	0	0

Gedurende de metingen zijn er geen goederentreinen gepasseerd. Op basis van trillingmetingen door Peutz op het maaiveld nabij het spoor op diverse locaties in Nederland is gebleken dat de trillingniveaus veroorzaakt door een goederentrein (aslast tot 22,5 ton bij maximaal 100 km/u) ongeveer vergelijkbaar zijn met die van een passerende doorgaande reizigerstrein (ICM/IRM, aslast beladen circa 13 tot 17 ton bij maximaal 140 km/u). Gedurende de metingen is geconstateerd dat alle doorgaande reizigerstreinen met deze maximale snelheid langs de meetlocatie passeerden. Het ontbreken van goederentrein-passages hoeft daarom in beginsel geen invloed te hebben op de uiteindelijke meetresultaten.

Uit eerdere metingen door Peutz op (houten) verdiepingsvloeren en vloeren op de begane grond van bestaande woningen in Rosmalen is ook gebleken, dat trillingniveaus vanwege goederentreinen ten opzichte van reizigerstreinen in de horizontale x-richting tot een factor 2,2 hoger kunnen bedragen, in de y-richting tot een factor 2,0 en in de verticale z-richting tot een factor 1,5. Trillingmetingen op relatief dunne vloeren verschillen vanwege de veelal hoge mate van opslingingering echter sterk van metingen op het maaiveld, zeker als het houten verdiepingsvloeren betreft.

Wanneer de genoemde verschilfactoren toch als 'worst case' uitgangspunt voor de te verwachten trillingniveaus vanwege een passerende goederentrein worden gebruikt, is in het uiterste geval op meetpositie 1 in de x-, y- en z-richting een $V_{\max}$ van respectievelijk 0,18, 0,3 en 0,12 te verwachten.

3.4 Beoordeling

Uit de resultaten blijkt dat op meetpositie 2 op maaiveld wordt voldaan aan de grenswaarde voor A_1 uit de SBR richtlijn B. Op meetpositie 1 wordt in y-richting (loodrecht op het spoor) niet voldaan aan de grenswaarde A_1 . Er wordt hier wel voldaan aan de grenswaarden A_2 en A_3 voor de gebouwfunctie wonen in een nieuwe situatie bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd. In beginsel is er derhalve sprake van een acceptabele situatie ten aanzien van trillinghinder. Uiteraard zijn deze posities op maaiveldniveau gelegen terwijl de streefwaarden uit de SBR Richtlijn B van toepassing zijn op trillingniveaus in gebouwen.

Uitgaande van de 'worst case' benadering voor goederentreinen uit paragraaf 3.3 wordt op meetpositie 2 nog steeds voldaan aan grenswaarde A_1 . Op meetpositie 1 wordt in dat geval in alle richtingen niet langer voldaan aan grenswaarde A_1 . In x- en z-richting wordt nog wel voldaan aan grenswaarde A_2 . In y-richting wordt ook niet langer voldaan aan grenswaarde A_2 .

Overigens zal in alle gevallen voldaan blijven worden aan grenswaarde A_3 , vanwege het relatief beperkt aantal treinpassages gedurende een gehele meetperiode.

Over het algemeen liggen de trillingniveaus in de uiteindelijk te realiseren woningen lager dan de op het maaiveld gemeten waarden. Hierbij spelen een tweetal effecten een rol:

- demping vanwege de trillingoverdracht van de bodem naar de gebouwfundering;
- opslingingering vanwege de overdracht van de gebouw fundering naar het midden van een vloerveld.

Het dempingseffect is over het algemeen sterker dan het effect van opslingingering, zeker bij voldoende zwaar uitgevoerde vloeren. Uiteindelijke opslingingering van de trillingniveaus kan echter niet per definitie worden uitgesloten. In hoofdstuk 4 wordt de overdracht in detail beschouwd.

4 Trillingniveaus in gebouwen

4.1 Algemeen

Om op de verdiepingsvloeren van de geprojecteerde woningen te kunnen voldoen aan de streefwaarden uit de SBR Richtlijn B dienen de op het maaiveld gemeten trillingniveaus te worden gereduceerd in de overdrachtsweg van bodem naar de verdiepingsvloeren. Opslingering vanwege de vloeren dient daarbij zoveel mogelijk te worden voorkomen. De nachtperiode is maatgevend voor de beoordeling. In principe dient de parameter V_{per} dus ten hoogste 0,05 te bedragen en de parameter V_{max} ten hoogste 0,2.

Een en ander vereist inzicht in de verschillende bodemparameters en gegevens over fundering, (woningscheidende) wanden en vloeren van de gebouwen. Omdat het project zich nog in de voorontwerpfase bevindt, zijn er nog geen gedetailleerde gebouwgegevens en/of sonderingsgegevens bekend. Derhalve is ook geen detailinformatie over de bodemsamenstelling en bodemmechanica beschikbaar, behoudens het feit dat er ter plaatse sprake is van een zandbodem.

4.2 Overdrachtsberekeningen

Globale berekeningen ten aanzien van de trillingoverdracht zijn uitgevoerd met het Peutz softwareprogramma: MVAuersch/Massaveer 0.3. Dit programma is opgesteld ten behoeve van het bepalen van trillingen van bodem naar gebouwelementen, in opdracht van het CUR¹ (Civieltechnisch centrum uitvoering research en regelgeving). Het programma maakt onderdeel uit van een groter onderzoek met het doel een vereenvoudigd berekeningsmodel voor de prognose van trillingen te ontwikkelen in gebouwen voor diverse trillingbronnen (heien, intrillen damwanden, railverkeer etc.).

Het programma rekent voor een gebouwmodel de overdracht door in het relevante frequentiegebied van 1 tot 100 Hz² van trillingen van de bodem of fundering naar gebouwelementen. Het programma rekent per 'kolom' de overdracht door. Onder een kolom wordt verstaan een rechthoekige stapeling van woningen met één breedte. Dit betekent dat bij meerdere kolommen (dus meer woningen op één woonlaag) en/of afwijkende vormen, hetgeen hier het geval is, het programma conservatief rekent, zeker in de horizontale richtingen, omdat in horizontale richtingen het gebouw in werkelijkheid stijver is dan volgens het model.

Het betreffende rekenmodel is een (sterk) vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Bij kritische situaties wordt geadviseerd om een gedetailleerd onderzoek uit te voeren met gebruikmaking van een Eindige Elementen Model (EEM).

1 Tegenwoordig SBRCURnet.

2 Trillingen met een frequentie hoger dan 100 Hz zijn niet voelbaar voor mensen.

4.3 Uitgangspunten

De uitgangspunten voor de bodemparameters zijn ontleend aan algemene gegevens voor zandbodems. Hierin zit een relatief grote spreiding, de uiteindelijke resultaten moeten dan ook als indicatief worden gezien. Voor de gebouwconfiguratie is gebruik gemaakt van de indelingstekening van architectenbureau Van Verseveld en Partners van 24 juni 2017. Als maatgevende 'kolom' is de dichtstbij het spoor gelegen woonunit aan de westzijde van het complex gebruikt. In figuur 4.1 zijn de invoerparameters voor het gebouw- en bodemmodel gegeven.

4.1 Invoerparameters voor het gebouw- en bodemmodel

Uit bestand laden		Afdrukken		Alles leegmaken	
Bodemgegevens:					
Vol massa op PP-niveau (roPaal):	2000 kg/m3	Heipaalgegevens:		Volumieke massa (roPaal):	2400 kg/m3
Glijmodulus op PP-niveau (GPaal):	8e+007	Diameter (DiaPaal):		0,2 m	
Poisson ratio op PP-niveau (nuPaal):	0,3	Lengte (LPaal):		10 m	
Vol massa op fund.-niveau (robFund):	2000 kg/m3	E-Modulus (EPaal):		3,2e+010 N/m	
Glijmodulus op fund.-niveau (GFund):	8e+007	Dempingsratio (ksiPaal):		0,02	
Poisson ratio op fund.-niveau (nuFund):	0,3	Viskeuze demping (alphaPaal):		1,5	
		Aantal (NumPaal):		3	
Gebouwgegevens:					
V. massa fundering (roFund):	2400 kg/m3	Vloergegevens:		Vloerdikte (DVloer):	0,2 m
Volumieke massa Wand (roWand):	2400 kg/m3	Breedte vloer (BVloer):		12,6 m	
Breedte fundering (BFund):	0,5 m	Overspanning vloer (LVloer):		6,8 m	
Lengte fundering (LFund):	12,6 m	E-modulus vloer (EVloer):		3,2e+010 N/m	
Hoogte fundering (HFund):	0,5 m	Oppervlakttemassa vloer (oppmVloer):		500 kg/m2	
Hoogte gebouw (H):	9 m	Viskeuze demping Vloer (alphaVloer):		1,5	
Diepte gebouw (D):	6,8 m	Dempingsratio Vloer (ksiVloer):		0,02	
Aantal bouwlagen (Nbouwlagen):	3	Algemeen:			
Breedte wand (BWand):	12,6 m	Bestand			
Dikte wand (DWand):	0,25 m				
E-Modulus Fund (EFund):	3,2e+010 N/m				
E-Modulus Wand (EWand):	3,2e+010 N/m				
Viskeuze demping Wand (alphaFund):	1,5				
Dempingsratio Fund (ksiFund):	0,02				
Viskeuze demping Wand (alphaWand):	1,5				
☒ Dempingsratio Wand (ksiWand):	0,02				
☐ Hysterese demping Wand (hysWand):	0,02				
Gebouw ID: Naar bestand opslaan OK					

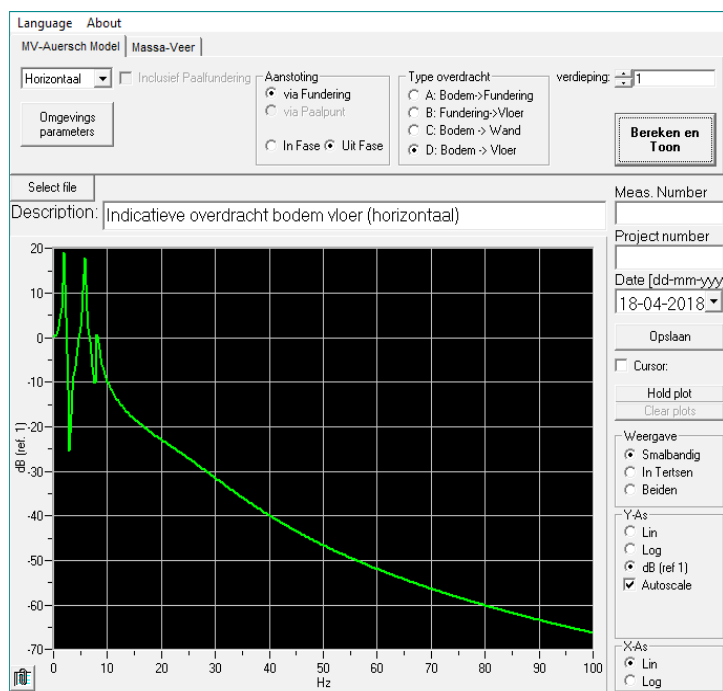
Als er een verdere invulling van het te realiseren gebouw beschikbaar is kan de opslingering eventueel nauwkeuriger berekend worden middels een Eindige Elementen modellering.

4.4 Rekenresultaten

4.4.1 Horizontale richting

In figuur 4.2 is de berekende overdracht gegeven voor de horizontale richting van de bodem naar de eerste verdiepingsvloer. Naar hogere verdiepingen ontstaat een vergelijkbaar beeld, waarbij er evenwel meer demping optreedt bij met name hogere frequenties.

f4.2 Overdracht van bodem naar 1ste verdiepingvloer, horizontaal



In bijlage 2 zijn een tweetal frequentiespectra gegeven van maatgevende treinpassages. Bij de bepalende frequenties in de horizontale richting (circa 60 tot 70 Hz) vindt een significante demping vanwege de gebouwoverdracht plaats van minimaal enkele tientallen dB's (factor 10 of meer). Hiermee zijn de horizontale trillingen bij deze frequenties op de vloer dusdanig gering dat deze niet voelbaar zijn ($V_{\max} \ll 0,1$). Bij lagere frequenties tussen 0 en 10 Hz is mogelijk enige opslingering te verwachten. De trillingniveaus op het maaiveld zijn bij deze frequenties echter dermate laag dat zelfs indien opslingering aan de orde is de niveaus naar verwachting niet boven de voelbaarheidsgrens van 0,1 mm/s uitkomen. Voor horizontale trillingen wordt dus ruimschoots voldaan aan de streefwaarden uit de SBR B.

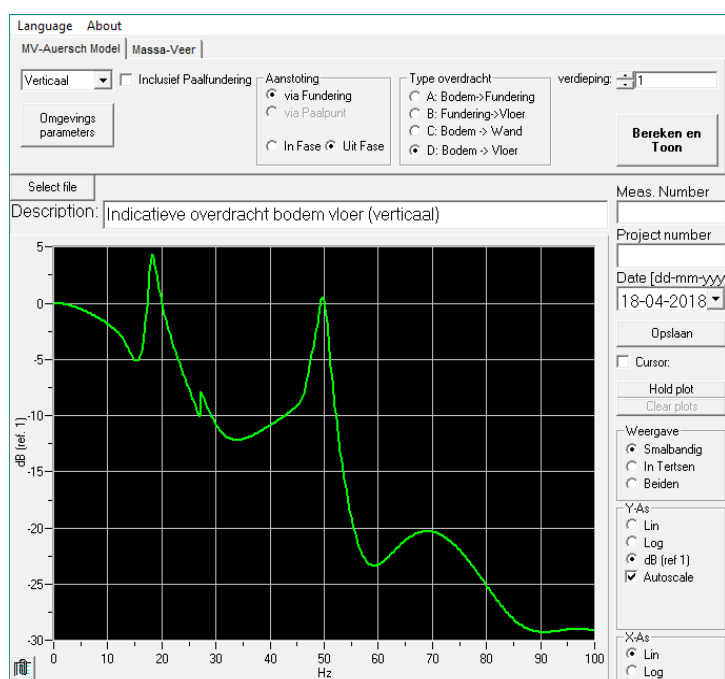
Uitgaande van de 'worst case' benadering voor goederentreinen uit paragraaf 3.3 en het feit dat passages van goederentreinen over het algemeen een laagfrequent spectrum (vooral rond de 10 tot circa 20 Hz) laten zien dan passages van reizigerstreinen, is het mogelijk dat bij lagere frequenties in horizontale richting slechts marginale demping of zelfs enige opslingering plaatsvindt. Op voorhand kan in dat geval niet met zekerheid worden gesteld dat in de woningen in horizontale richting wordt voldaan aan grenswaarde A_2 uit de SBR richtlijn B.

Indien de vloeren worden gedimensioneerd op een eerste orde eigenfrequentie van ten minste 25 Hz en de funderingsbalken voldoende zwaar worden uitgevoerd (ten minste 0,5 x 0,5 m) is deze potentiële opslingering in principe te voorkomen.

4.4.2 Verticale richting

In figuur 4.3 is de berekende overdracht gegeven voor de verticale richting van de bodem naar de eerste verdiepingsvloer. Naar hogere verdiepingen ontstaat een vergelijkbaar beeld, waarbij er evenwel meer demping optreedt bij met name de hogere frequenties.

f4.3 Overdracht van bodem naar 1ste verdiepingsvloer, verticaal



Bij de bepalende frequenties in de verticale richting (circa 10 tot 20 Hz) vindt beperkte demping vanwege de gebouwoverdracht plaats en mogelijk ook enige opslingering bij frequenties richting de 20 Hz. De trillingen in verticale richting zijn op maaiveld echter al dermate gering dat deze ook op de verdiepingsvloeren niet voelbaar zullen zijn ($V_{\max} < 0,1$). Er wordt voldaan aan de streefwaarde A_1 uit de SBR B.

Uitgaande van de 'worst case' benadering voor goederentreinen uit paragraaf 3.3 en eerder genoemd laagfrequent spectrum is het niet geheel uit te sluiten dat bij deze lagere frequenties in verticale richting enige opslingering plaatsvindt, met name richting de 20 Hz. Een opslingering van een kleine 5 dB zoals weergegeven in de figuur is ongeveer een factor 1,7. De waarde van $V_{\max}$ komt in dat geval potentieel rond de 0,2 ($= 0,12 \times 1,7$) te liggen.

Op voorhand kan in dus niet met zekerheid worden gesteld dat in de woning in verticale richting wordt voldaan aan de grenswaarde voor A_2 uit de SBR richtlijn B. Hierbij dient dan wel het overgrote deel van de trillingsenergie geconcentreerd te zijn rond de 18 Hz.



Om deze opslinging te voorkomen dienen de vloeren zodanig te worden gedimensioneerd dat sprake is van een eerste orde eigenfrequentie van ten minste 25 Hz. Voor de funderingsbalken moet worden uitgegaan van een doorsnede van minstens 0,5 x 0,5 m.

5 Conclusie

Horizontale trillingen op de maatgevende verdiepingsvloer zullen door de overdracht van de bodem naar de vloer uitdempen tot onder de voelbaarheidsgrens. De trillingenniveaus in de verticale richting zullen niet per definitie uitdempen, doch zijn in beginsel al lager dan de trillingen in horizontale richting en liggen ruimschoots onder de voelbaarheidsgrens. Er wordt op basis van het gehanteerde vereenvoudigde overdrachtsmodel en de globale uitgangspunten voor de bodemsamenstelling en de bouwparameters voldaan aan de streefwaarden voor A_1 uit de SBR B. In beginsel is de situatie daarmee niet als kritisch te bestempelen.

Indien wordt uitgegaan van de 'worst case' benadering voor goederentreinen kan met name in horizontale richting in de overdracht sprake zijn van enige opslinging, waardoor niet gegarandeerd kan worden de optredende trillingenniveaus voldoen aan grenswaarde A_2 . Ook voor de verticale richting kan dit niet met zekerheid worden gesteld, maar omdat de potentiële overschrijding kleiner is zijn omstandigheden waarin sprake is van een overschrijding van grenswaarden minder waarschijnlijk.

In het kader van een goede ruimtelijke ordening wordt geconcludeerd dat onder bepaalde omstandigheden sprake kan zijn van lichte overschrijdingen van de grenswaarden uit de SBR-B, met name in horizontale richting loodrecht op het spoor. Indien het gebouw wordt uitgevoerd met voldoende stijve vloeren (een eerste orde eigenfrequentie van ten minste 25 Hz) en voldoende zware fundering (minstens 0,5 x 0,5 m) kunnen deze overschrijdingen en derhalve onacceptabele hinder worden vermeden. Ten aanzien van trillingen is er in dat geval sprake van een goed woon- en leefklimaat.

De te verwachten trillingenniveaus in de woningen zijn bepaald op basis van een indicatief overdrachtsmodel. Teneinde deze trillingenniveaus nauwkeuriger te bepalen behoort het opstellen van een Eindige Elementen model tot de mogelijkheden. Dit wordt in beginsel niet noodzakelijk geacht, mits de vloeren voldoende stijf en de fundering voldoende zwaar worden uitgevoerd.

Zoetermeer,

Dit rapport bevat 16 pagina's en 2 bijlagen.



Maatgevende treinpassages op meetpositie 1

Tijd	Treintype	x	y	z	
1	11-04-2018 10:01:45	ICM	0,072349	0,125505	0,0523304
2	11-04-2018 10:29:15	ICM	0,0661119	0,0929559	0,0623059
3	11-04-2018 10:31:45	ICM	0,067482	0,100716	0,0574101
4	11-04-2018 10:59:15	ICM	0,0719008	0,0933186	0,0533382
5	11-04-2018 11:01:45	ICM	0,0600436	0,101891	0,0536614
6	11-04-2018 11:21:45	FLIRT	0,0560953	0,146065	0,0559612
7	11-04-2018 11:59:45	ICM	0,0521242	0,0904171	0,0380106
8	11-04-2018 12:02:15	ICM	0,0606738	0,086495	0,0478477
9	11-04-2018 12:29:15	ICM	0,0546889	0,125408	0,0477949
10	11-04-2018 12:59:15	ICM	0,049699	0,0870109	0,0568932
11	11-04-2018 14:11:15	FLIRT	0,0422384	0,0945917	0,037073
12	11-04-2018 14:29:15	ICM	0,0469122	0,107881	0,0579104
13	11-04-2018 14:31:45	ICM	0,0501718	0,121675	0,0562948
14	11-04-2018 14:59:15	ICM	0,0476684	0,104541	0,0413841
15	11-04-2018 15:01:45	ICM	0,0545692	0,106199	0,0645435
mu		0,057	0,106	0,052	
sigma		0,012	0,023	0,011	
beta		1.76			

Veff,max,stat

0,083

0,154

0,075

Vper

0

0,013

0

Maatgevende treinpassages op meetpositie 2

Tijd	Treintype	x	y	z	
1	11-04-2018 10:01:59	ICM	0,0217591	0,0213657	0,0306518
2	11-04-2018 10:29:29	ICM	0,0202388	0,0284094	0,0342079
3	11-04-2018 10:31:59	ICM	0,0246353	0,0256937	0,0414535
4	11-04-2018 10:58:59	ICM	0,0221164	0,0294296	0,0340657
5	11-04-2018 11:01:29	ICM	0,021337	0,0242299	0,029845
6	11-04-2018 11:21:29	FLIRT	0,0182876	0,0195861	0,0280165
7	11-04-2018 11:59:29	ICM	0,0134041	0,0189315	0,0273702
8	11-04-2018 12:01:59	ICM	0,0181297	0,0175313	0,0239641
9	11-04-2018 12:28:29	ICM	0,0231313	0,0175062	0,0305071
10	11-04-2018 12:58:59	ICM	0,0190048	0,0223038	0,0298617
11	11-04-2018 14:10:59	FLIRT	0,0169883	0,0184925	0,0328704
12	11-04-2018 14:29:29	ICM	0,0193287	0,0200178	0,0334852
13	11-04-2018 10:31:59	ICM	0,0246353	0,0256937	0,0414535
14	11-04-2018 14:59:29	ICM	0,0199004	0,0262764	0,0362982
15	11-04-2018 15:01:29	ICM	0,0321026	0,0252799	0,0382934
mu		0,021	0,023	0,033	
sigma		0,006	0,005	0,007	
beta		1,76			

Veff,max,stat

0,034

0,034

0,047

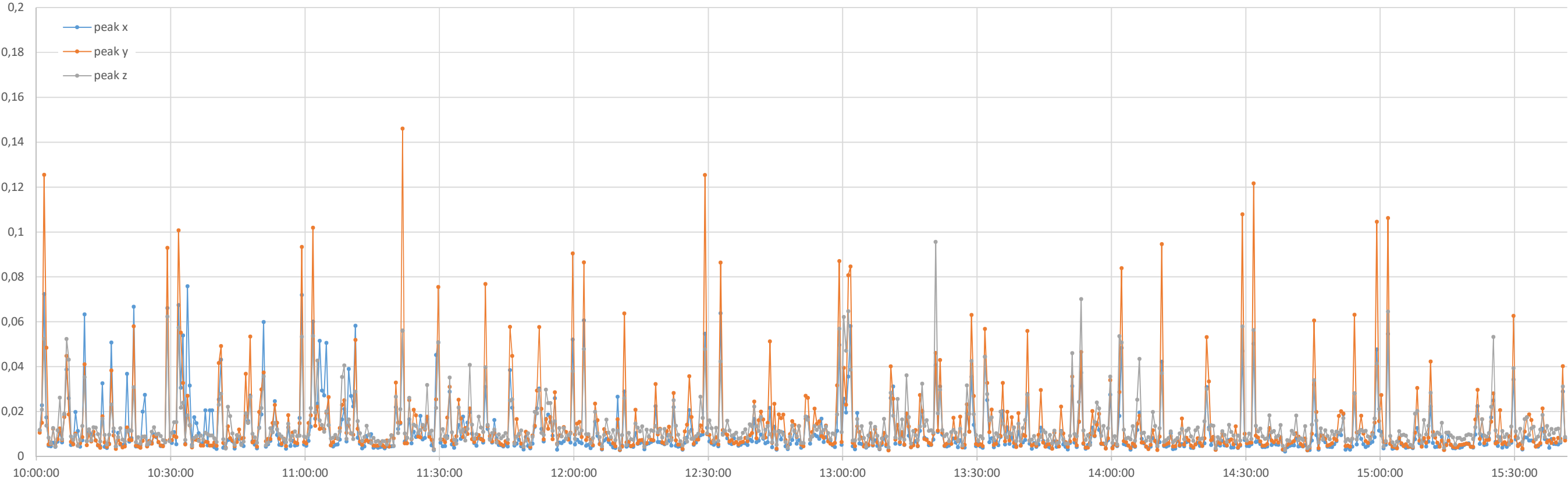
Vper

0

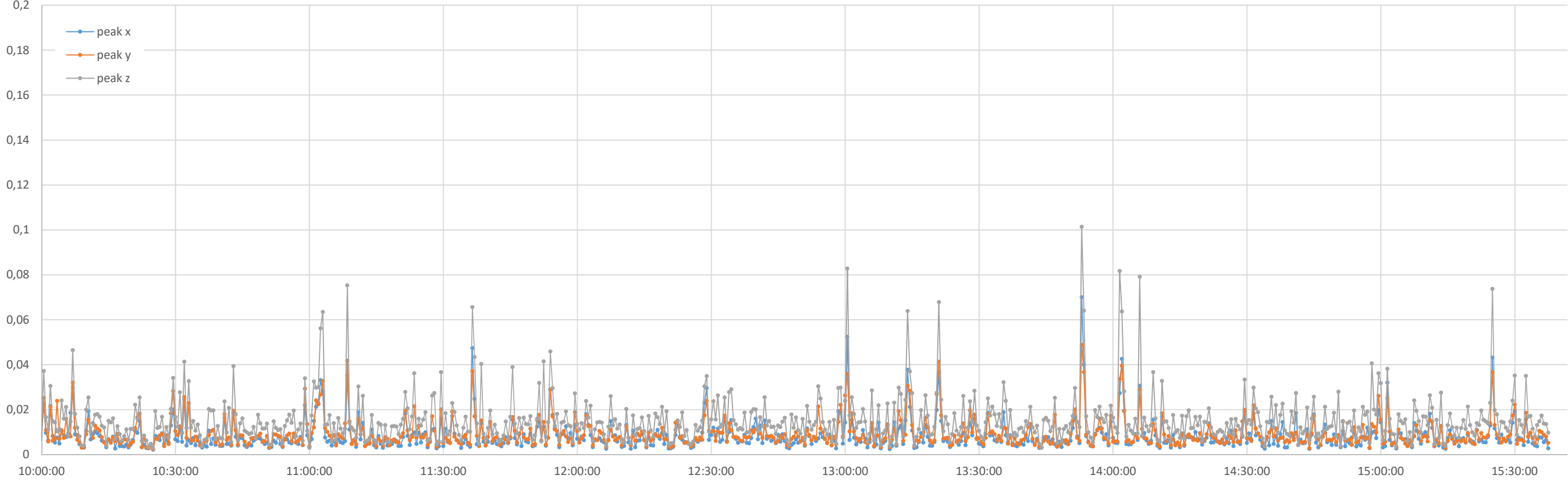
0

0

Gemeten effectieve waarde van de trillingsterkte per 30 seconden interval op positie 1 (30 m afstand van de buitenste spoorstaaf)



Gemeten effectieve waarde van de trillingsterkte per 30 seconden interval op positie 2 (60 m afstand van de buitenste spoorstaaf)



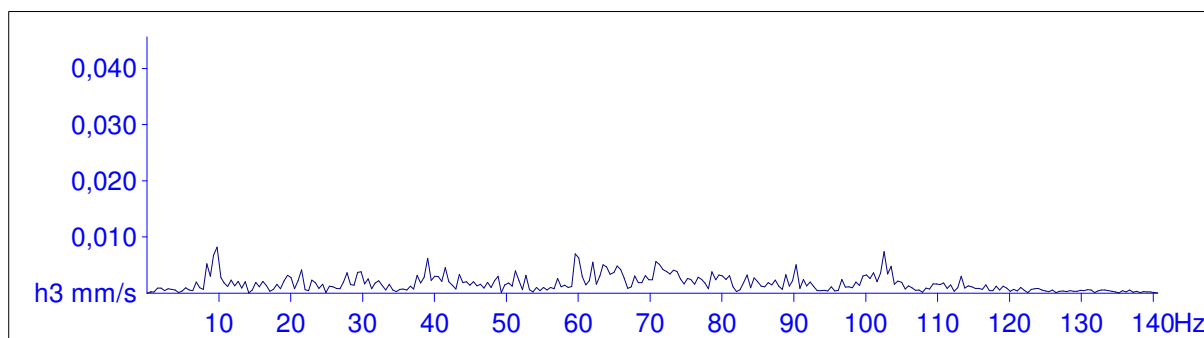
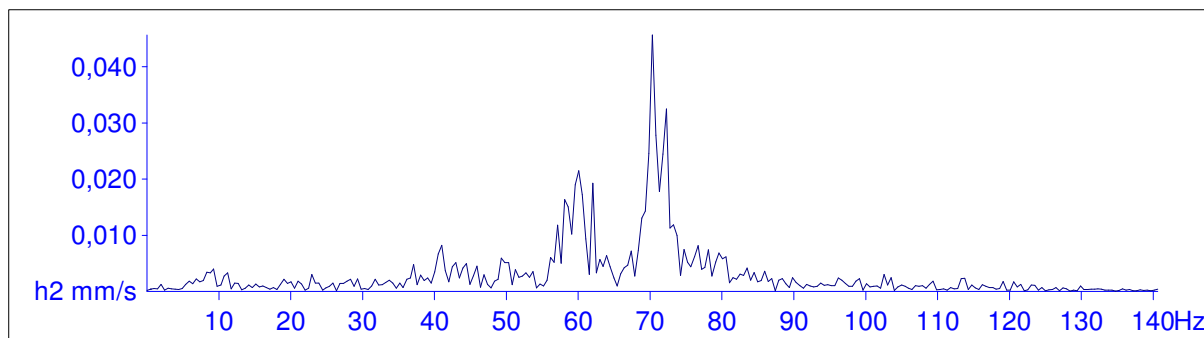
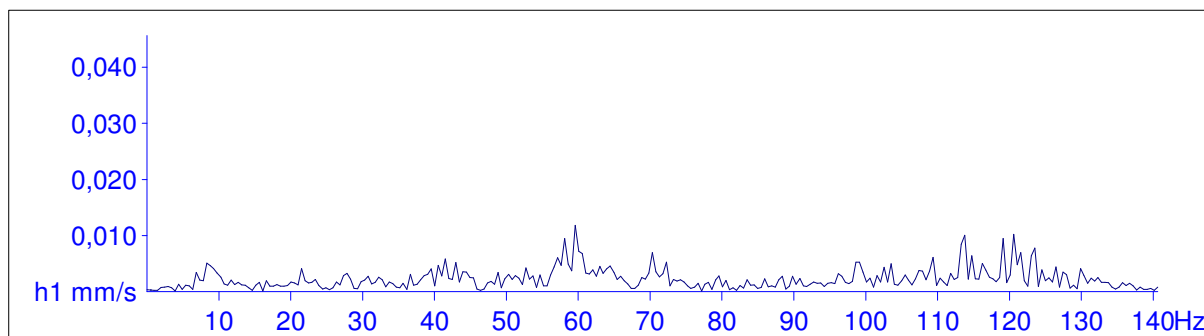
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name: ...s\2018\04\11\18101082.XMR
 Station: 2277-16060000
 Signal: Baseline corrected

Event Nr.: 82
 Event Date: 11-04-2018
 Start Time: 11:20:48 + 197 ms
 Range: 24,98 - 28,69 s

Freq(1): 59,57 Hz
 Freq(2): 70,31 Hz
 Freq(3): 9,766 Hz

Amplitude Spectrum



Spectrale verdeling afremmende stoptrein richting station Rosmalen

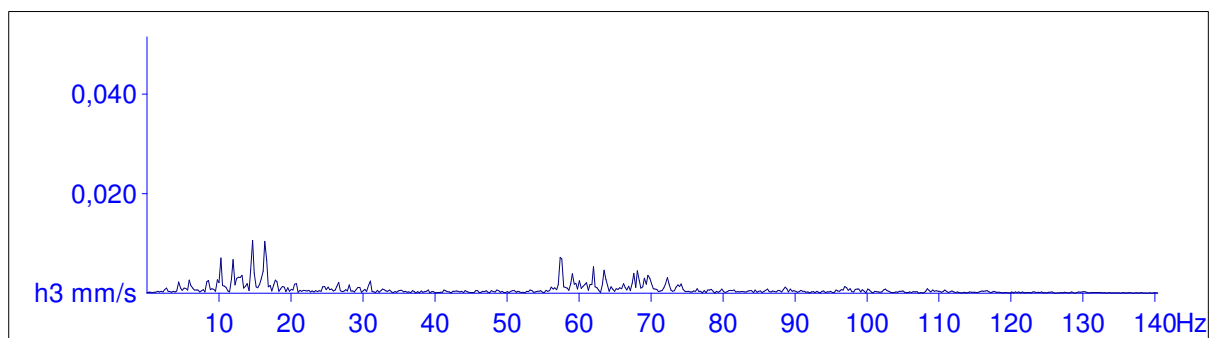
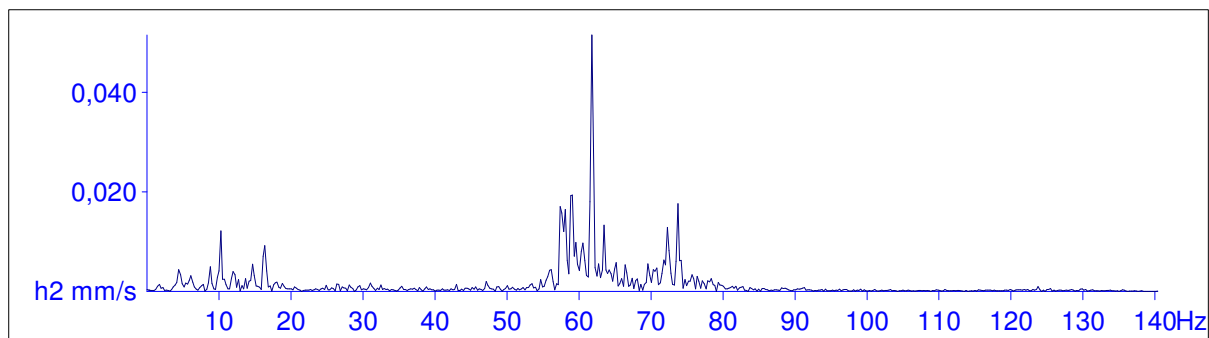
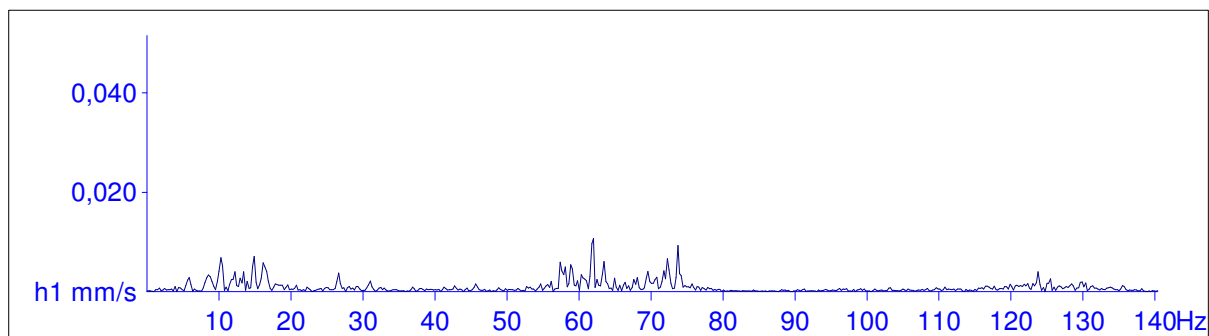
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name: ...s\2018\04\11\18101272.XMR
 Station: 2277-16060000
 Signal: Baseline corrected

Event Nr.: 16
 Event Date: 11-04-2018
 Start Time: 14:30:48 + 296 ms
 Range: 33,83 - 39,91 s

Freq(1): 62,01 Hz
 Freq(2): 61,77 Hz
 Freq(3): 14,65 Hz

Amplitude Spectrum



Spectrale verdeling passerende doorgaande trein richting Den Bosch