



Bestemmingsplan MindLabs Spoorzone Tilburg

Onderzoek naar trillingen ten gevolge van railverkeer



Bestemmingsplan MindLabs Spoorzone Tilburg

Onderzoek naar trillingen ten gevolge van railverkeer

opdrachtgever	Gemeente Tilburg
rapportnummer	O 15875-2-RA
datum	19 februari 2018
referentie	KvdN/TKr/CJ/O 15875-2-RA
verantwoordelijke	ir. K.V. van der Nat
opsteller	MSc T.B.W. Kraaijenbrink +31 79 34 70 321 t.kraaijenbrink@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	Toetsingscriteria	5
3	Uitgangspunten	6
3.1	Situering	6
4	Metingen en berekeningen	8
4.1	Meetmethode en meetinstrumenten	8
4.2	Meetposities	8
4.3	Resultaten van metingen en berekeningen	9
4.4	Beoordeling	10
5	Trillingniveaus in de gebouwen	11
5.1	Algemeen	11
5.2	Overdrachtsberekeningen	11
5.3	Uitgangspunten	12
5.4	Rekenresultaten	13
6	Beoordeling en conclusie	15

1 Inleiding en samenvatting

In opdracht van de gemeente Tilburg is onderzoek uitgevoerd naar de optredende trillingniveaus ten gevolge van railverkeer bij een geprojecteerde ontwikkeling aan de Burgemeester Broxlaan te Tilburg. De locatie is gelegen in de Spoorzone te Tilburg. Ter plaatse van de Spoorzone te Tilburg zal een hoogbouwontwikkeling, genaamd MindLabs, gerealiseerd worden. Met de realisatie van MindLabs zal een mediacluster ontstaan waar onderwijs en training, onderzoek en ondernemerschap samenkomen en in elkaar overlopen.

De beoogde ontwikkeling past niet binnen het vigerende bestemmingsplan 'Spoorzone', dat is vastgesteld op 20 januari 2010 door de gemeente Tilburg. Om de ontwikkeling planologisch juridisch mogelijk te maken zal een perceelsgebonden bestemmingsplan opgesteld worden. Hierbij zal moeten worden aangetoond dat de realisatie van het plan niet in strijd is met een goede ruimtelijke ordening. MindLabs is gelegen op korte afstand (circa 30 meter) van de buitenste spoorstaaf van het spoortraject Breda – Den Bosch/Eindhoven nabij station Tilburg. Op het spoortraject rijden zowel reizigers- als goederentreinen. De afstand is zodanig dat niet op voorhand uitgesloten kan worden dat trillinghinder op zal treden. In het kader van een goede ruimtelijke ordening vraagt het aspect trillinghinder om dus aandacht en is voorliggend onderzoek uitgevoerd.

Doel van het onderzoek is om de optredende trillingniveaus in de huidige situatie te bepalen voor de beoogde ontwikkelingslocatie. Metingen zijn verricht op maaiveld, waarna middels modellering de overdracht is bepaald naar te verwachten trillingniveaus in het beoogde pand. De trillingniveaus zijn voorts getoetst aan de grenswaarden voor nieuwe situaties uit de Richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" van de Stichting Bouwresearch (SBR Richtlijn B). Deze richtlijn vormt ook volgens de jurisprudentie het toetsingskader.

Uit de resultaten van het onderzoek volgt dat trillinghinder in de gebouwen niet te verwachten is. Ook blijkt uit overdrachtsberekeningen dat de voelbaarheidsgrens binnen de gebouwen niet wordt overschreden.

2 Toetsingcriteria

De trillingniveaus vanwege het railverkeer ter plaatse van de geprojecteerde ontwikkeling worden getoetst aan de streefwaarden uit de Richtlijn B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" 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 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 onderwijs en kantoor in een nieuwe situatie bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd

Periode	A ₁	A ₂	A ₃
Dagperiode (07.00 – 19.00 uur)	0,15	0,6	0,07
Avondperiode (19.00 – 23.00 uur)	0,15	0,6	0,07
Nachtperiode (23.00 – 07.00 uur)	0,15	0,6	0,07

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 .

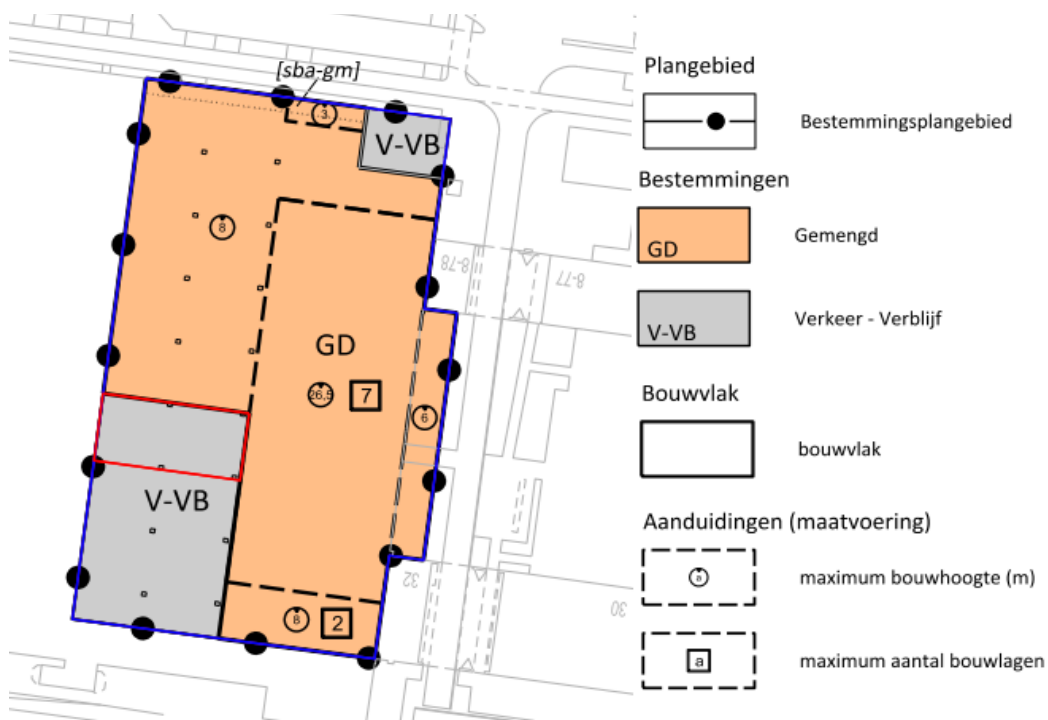
Bovengenoemde streefwaarden zijn overigens geen wettelijke grenswaarden. Wel worden de SBR-richtlijnen in de jurisprudentie gehanteerd ter bepaling van de beoordelingscriteria en zijn als zodanig als grenswaarden te hanteren.

3 Uitgangspunten

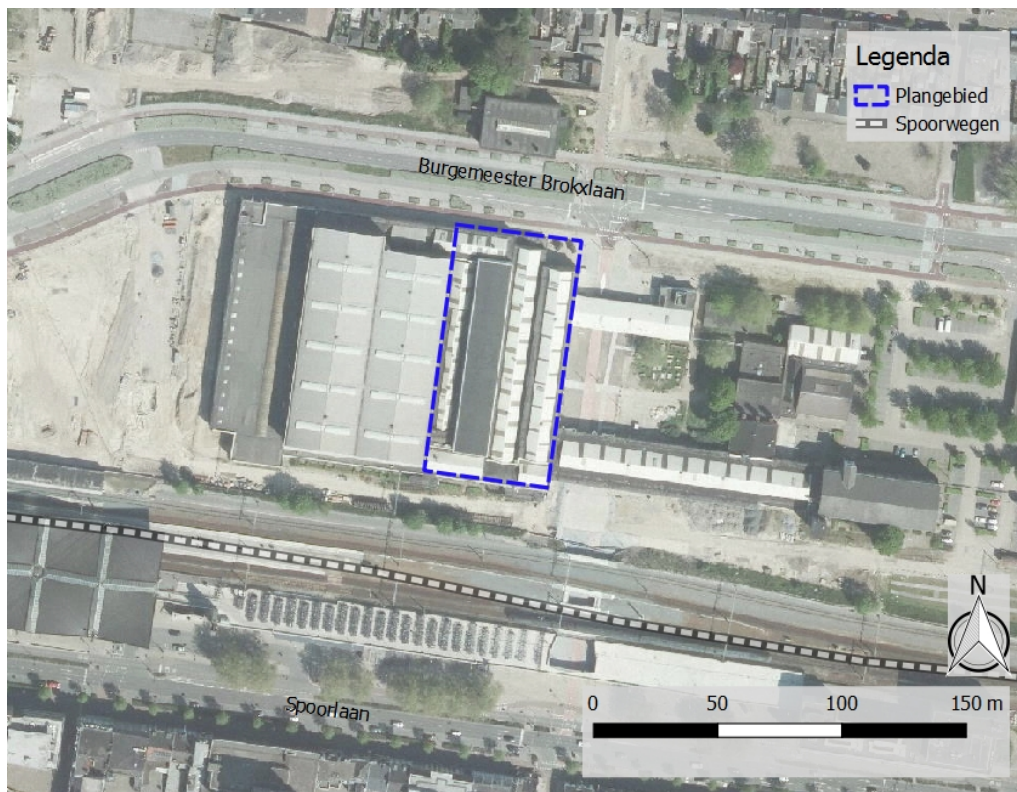
3.1 Situering

De geprojecteerde bouwlocatie is gelegen langs het deel van railtraject Breda – Den Bosch/Eindhoven. Ter plaatse is sprake van 4 sporen. Het station Tilburg is gelegen op circa 100 meter afstand van de bouwlocatie. Ter plaatse van de geprojecteerde ontwikkeling liggen de sporen op een talud. De ontwikkeling ligt op circa 30 meter van het dichtstbijzijnde spoor en circa 20 meter van het talud. De ontwikkeling zal bestaan uit een hoger bouwdeel tot 26,5 meter en enkele lagere bouwdelen tot 8 meter. In figuur 3.1 is de beoogde ontwikkeling op bestemmingsplanniveau opgenomen. In figuur 3.2 is de beoogde ontwikkeling in de omgeving weergegeven.

f3.1 Plankaart van de beoogde ontwikkeling



f3.2 Ligging geprojecteerde ontwikkeling aan de burgemeester Brokxlaan te Tilburg



4 Metingen en berekeningen

4.1 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 analyseprogramma VIEW2002 (Ziegler Consultants).

4.2 Meetposities

In figuur 4.1 zijn de meetposities weergegeven. Er is gemeten op drie posities op het terrein van de geprojecteerde bouwlocatie. Positie 1 en 2 zijn gelegen op de rooilijn van de beoogde ontwikkeling op circa 30 meter van het dichtstbijzijnde treinspoor. De posities zijn circa 25 meter uit elkaar gelegen om zodoende het verschil in bodem in het parallelle vlak ten opzichte van het spoor te bepalen. De 3^e positie is gelegen op circa 40 meter van het dichtstbijzijnde spoor op zodoende de bodemoverdracht in het haakse vlak ten opzichte van de spoorlijn te kunnen bepalen. De posities zijn op enige afstand van de beoogde ontwikkeling gelegen om verstoring van de metingen door zwaar bouw- en constructiewerk in de nabije omgeving te voorkomen.

f4.1 Meetposities nabij de geprojecteerde bouwlocatie



4.3 Resultaten van metingen en berekeningen

De trillingmetingen zijn verricht op woensdag 17 januari 2017 tussen circa 07.00 uur en 16.00 uur. In deze periode vonden 14 passages van goederentreinen en circa 144 passages van reizigerstreinen (Intercity en Sprinter) plaats.

De resultaten van de trillingmetingen zijn voor een aantal maatgevende passages in tabel 4.1 weergegeven. Het betreft de maximale effectieve trillingsnelheid $V_{\text{eff,max},i,30}$. 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 $V_{\text{eff,max},i,30}$ is per passage bepaald voor de horizontale richting 'x' en de verticale richting 'z'. De horizontale richting 'y' (evenwijdig aan het spoor) is niet maatgevend ten opzichte van de horizontale 'x' richting.

Per positie zijn de maximale waarden van $V_{\text{eff,max},i,30}$ van alle passages voor goederentreinen en reizigerstreinen (doorgaande en stoptreinen) bepaald. Voorts is op de 15 hoogst gemeten waarden de statistische verwerking toegepast van paragraaf 9.6 van de SBR Richtlijn B.

t4.1 Gemeten maximale waarden van de trillingsterkte $V_{\text{eff,max},i,30}$ per positie

Tijd	Omschrijving	Spoor	$V_{\text{eff,max},i,30}$ (dimensieloos)					
			Positie 1, x	Positie 2, x	Positie 3, x	Positie 1, z	Positie 2, z	Positie 3, z
08:20	Goederentrein	2	0,06	0,04	0,02	0,13	0,10	0,09
09:09	Sprinter	4	0,05	0,03	0,02	0,09	0,10	0,08
09:48	Goederentrein	3	0,05	0,03	0,02	0,09	0,08	0,08
10:19	Goederentrein	3	0,07	0,04	0,02	0,08	0,08	0,08
10:29	Goederentrein	4	0,10	0,05	0,02	0,08	0,08	0,08
10:52	Goederentrein	4	0,04	0,04	0,02	0,08	0,08	0,07
11:26	IC	2	0,03	0,04	0,02	0,08	0,07	0,06
12:19	IC	2	0,04	0,02	0,01	0,07	0,06	0,05
12:37	Goederentrein	3	0,05	0,04	0,02	0,07	0,05	0,05
12:40	IC	3	0,05	0,02	0,01	0,06	0,05	0,05
13:45	Goederentrein	4	0,04	0,04	0,02	0,06	0,04	0,05
14:06	Goederentrein	2	0,03	0,02	0,01	0,05	0,04	0,04
14:15	Goederentrein	4	0,02	0,02	0,01	0,03	0,04	0,03
15:01	IC	3	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03
15:13	Goederentrein	3	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02

Uit tabel 4.1 volgt dat goederentreinen in de regel hogere trillingniveaus veroorzaken dan reizigerstreinen. Alle reizigerstreinen stopten op het station, goederentreinen reden (vrijwel allemaal) door met beperkte snelheid.

De maatgevende treinen leiden tot $V_{\text{eff,max,stat}}$ - zijnde het hoogst gemeten en statistisch bewerkte trillingniveau - zoals gegeven in tabel 4.2.

t4.2 $V_{\text{eff,max,stat}}$ voor de verschillende meetposities

	Positie 1	Positie 2	Positie 3
$V_{\text{eff,max,stat}} 'x'$ (dimensieloos)	0,09	0,05	0,03
$V_{\text{eff,max,stat}} 'z'$ (dimensieloos)	0,12	0,11	0,10

Doordat er bij geen van de treinpassages de grenswaarde A1 voor de functie kantoor/onderwijs wordt overschreden – vooruitlopend op de resultaten van overdrachtsberekeningen van trillingniveaus op maaiveld naar het gebouw - is het niet noodzakelijk te toetsen aan de gemiddelde trillingsniveaus V_{per} (grenswaarde A3, zie hoofdstuk 2).

4.4 Beoordeling

Uit de resultaten blijkt dat op de meetposities op maaiveld thans wordt voldaan aan de streefwaarden uit SBR Richtlijn B voor de gebouwfunctie onderwijs/kantoor in een nieuwe situatie bij herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd.

Uiteraard zijn dit posities op maaiveldniveau terwijl de streefwaarden uit de SBR van toepassing zijn op trillingniveaus in gebouwen. De te verwachten overdracht van bodem naar gebouwfundering en van fundering naar de vloeren binnen het gebouw is nader uitgewerkt in hoofdstuk 5.

5 Trillingniveaus in de gebouwen

5.1 Algemeen

Om op de verdiepingsvloeren van de beoogde ontwikkeling te kunnen voldoen aan de streefwaarden uit de SBR Richtlijn B dient de overdrachtsweg van de op het maaiveld gemeten trillingniveaus te worden bepaald. Hierbij wordt de overdrachtsweg van bodem naar de verdiepingsvloeren en de opslinging vanwege de vloeren zelf te worden bepaald. In principe dient de parameter $V_{\max}$ ten hoogste 0,6 te bedragen.

Van een maatgevende treinpassage is een FFT-analyse gemaakt. Deze is opgenomen in figuur 1. Uit het figuur blijkt dat de maatgevende frequenties op maaiveldniveau met name optreden bij 9 en 13 Hz en in mindere mate bij 10 tot 15 en enigszins hoger dan 30 Hz (tot 45 Hz). Deze aanstootfrequenties zijn van belang omdat de trillingoverdracht naar de woningen frequentieafhankelijk is.

5.2 Overdrachtsberekeningen

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 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 bodem of fundering naar gebouwelementen. Het programma rekent per 'kolom' de overdracht door. Onder een kolom wordt verstaan een rechthoekige stapeling van ruimten met één breedte. Dit betekent dat bij meerdere kolommen (dus meer ruimtes op één laag) 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 rekenmodel is een vereenvoudigde weergave van de werkelijkheid. Bij kritische situaties wordt geadviseerd om een gedetailleerde 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.

5.3 Uitgangspunten

De uitgangspunten voor de bodemparameters zijn ontleend aan het archeologisch onderzoek behorende bij een naastgelegen perceel. (Sweco, rapport 354487 van 1 februari 2017). De gebouwconfiguratie is ontleend aan enerzijds de mogelijkheden op de plankaart (hoogte) en anderzijds is worst case uitgegaan van de maximaal mogelijke overspanning voor de verdieping uitgaande van de dimensionering op de plankaart. Daarnaast is uitgegaan van een verdiepingsvloerdikte van 26 centimeter. Voor de fundatie zijn vooralsnog geen gegevens bekend, derhalve is uitgegaan van bij Peutz bekende gegevens van soortgelijke gebouwen met eenzelfde omvang en hoogte. Er is worst-case uitgegaan van een relatief lichte fundatie voor een dergelijke hoogbouw (horizontale fundatiebalken van 55 cm x 60 cm). In figuur 5.1 zijn de relevante invoerparameters voor het rekenmodel gegeven, gebaseerd op deze uitgangspunten.

De invoer van de modellering van het gebouw betreft één gebouwsegment welke qua afmetingen wordt afgestemd op de overspanningen van de vloeren op de funderingsbalken en/of dragende wanden.

f5.1 Invoerparameters voor het gebouw- en bodemmodel

Bodemgegevens:		Heipaalgegevens:	
Vol massa op PP-niveau (robPaal):	2000 kg/m3	Volumieke massa (roPaal):	2500 kg/m3
Glijmodulus op PP-niveau (GPaal):	8e+007	Diameter (DiaPaal):	0,5 m
Poisson ratio op PP-niveau (nuPaal):	0,3	Lengte (LPaal):	14 m
Vol massa op fund.-niveau (robFund):	2000 kg/m3	E-Modulus (EPaal):	3e+010 N/m2
Glijmodulus op fund.-niveau (GFund):	5e+007	Dempingsratio (ksiPaal):	0,02
Poisson ratio op fund.-niveau (nuFund):	0,3	Viskeuze demping (alphaPaal):	1,5
		Aantal (NumPaal):	4

Gebouwgegevens:		Vloergegevens:	
V. massa fundering (roFund):	2500 kg/m3	Vloerdikte (DVloer):	0,26 m
Volumieke massa Wand (roWand):	2500 kg/m3	Breedte vloer (BVloer):	90 m
Breedte fundering (BFund):	0,55 m	Overspanning vloer (LVloer):	26 m
Lengte fundering (LFund):	90 m	E-modulus vloer (EVloer):	3e+010 N/m2
Hoogte fundering (HFund):	0,6 m	Oppervlakte massa vloer (oppmVloer):	720 kg/m2
Hoogte gebouw (H):	26,5 m	Viskeuze demping Vloer (alphaVloer):	1,5
Diepte gebouw (D):	90 m	Dempingsratio Vloer (ksiVloer):	0,02
Aantal bouwlagen (Nbouwlagen):	9		
Breedte wand (BWand):	90 m		
Dikte wand (DWand):	0,23 m		
E-Modulus Fund (EFund):	3e+010 N/m2		
E-Modulus Wand (EWand):	3e+010 N/m2		
Viskeuze demping Wand (alphaFund):	1,5		
Dempingsratio Fund (ksiFund):	0,02		
Viskeuze demping Wand (alphaWand):	1,5		
☒ Dempingsratio Wand (ksiWand):	0,02		
☐ Hysteresis demping Wand (hysWand):	0,02		

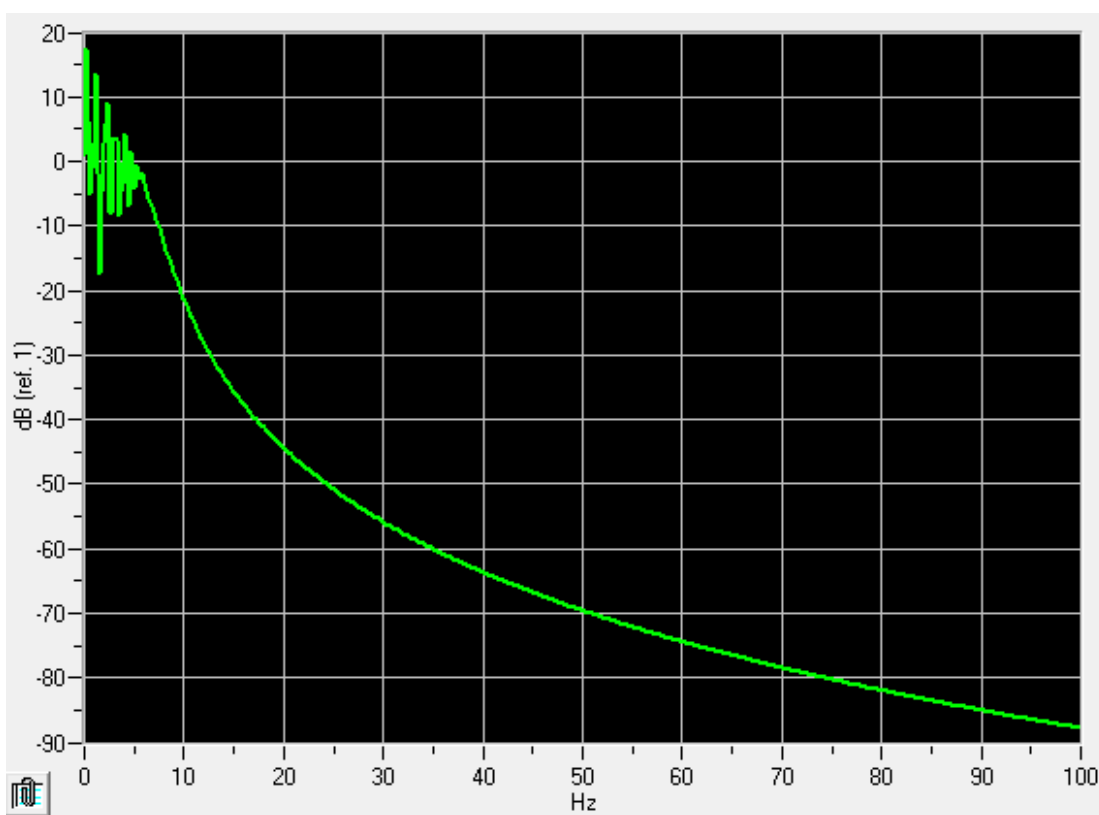
Algemeen:
Bestand

Elementen ter onderverdeling Paal: 46
Elementen ter onderverdeling kolom: 88

5.4 Rekenresultaten

In figuur 5.2 is de berekende overdracht gegeven voor de horizontale richting van de bodem naar verdiepingsvloer. Dit figuur betreft de overdracht naar de eerste verdiepingsvloer. Naar hogere verdiepingen ontstaat een vergelijkbaar beeld, waarbij er evenwel meer demping optreedt met name bij de hogere frequenties.

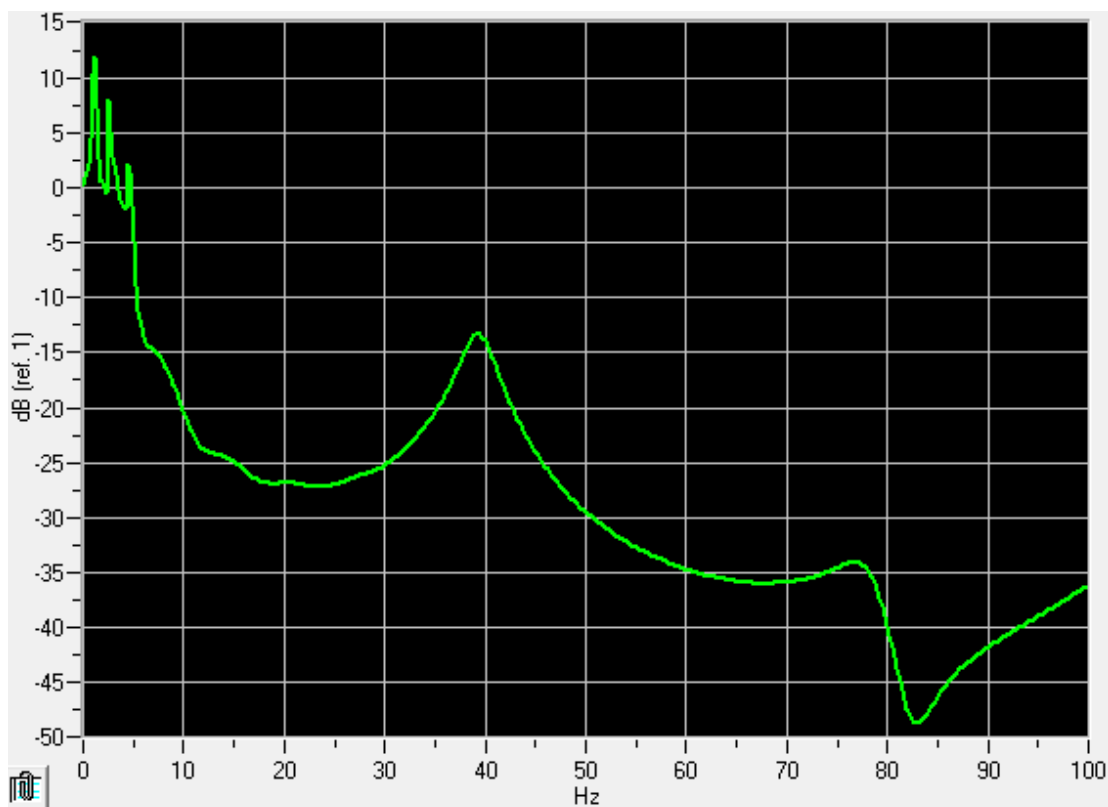
f5.2 Overdracht bodem-verdiepingsvloer, horizontaal



Bij de bepalende frequenties in de horizontale richting (circa 13 Hz) vindt een demping door de gebouwoverdracht plaats van circa 30 dB. Voor de overige bepalende frequenties (5 tot 15 Hz) is de reductie 0 dB tot 35 dB). Hiermee is de gemiddelde reductie circa een factor 20.

In figuur 5.2 is de berekende overdracht gegeven voor de verticale richting van de bodem naar verdiepingsvloer. Deze figuur betreft de overdracht naar de zevende verdiepingsvloer. Naar andere verdiepingen ontstaat een vergelijkbaar beeld, waarbij er evenwel meer demping optreedt met name bij de hogere frequenties.

f5.3 Overdracht bodem-verdiepingsvloer (7e); verticaal



Bij de bepalende frequenties in de verticale richting (circa 9 Hz, 11 Hz en 13 Hz) vindt een demping door de gebouwoverdracht plaats van circa 19 tot 24 dB. Bij de andere relevante frequenties tussen 8 en 15 Hz bedraagt de demping tussen 15 en 25 dB. Bij de overdracht van verticale trillingen op maaiveld naar trillingen in verdiepingsvloeren is derhalve, uitgaande van de in paragraaf 5.3 genoemde uitgangspunten, sprake van een reductie van het trillingsniveau met circa een factor 10.

Daarmee bedraagt $V_{\max}$ 0,013 in verticale richting en 0,0025 in horizontale richting op de bepalende verdiepingsvloeren. Hiermee voldoet $V_{\max}$ in alle richtingen aan grenswaarde A_1 .

6 Beoordeling en conclusie

Zowel in de horizontale als verticale richtingen wordt gedurende de meetperiode voldaan aan de streef- en grenswaarde A1 voor onderwijs en kantoren volgens uit de SBR Richtlijn B.

Trillingen in verticale richting kunnen mogelijk in de bodem (zeer licht) voelbaar zijn, daar deze de voelbaarheidsgrens (0,1 mm/s) beperkt overschrijden. Uitgaande van de overdrachtsberekening wordt dit gereduceerd tot onder de voelbaarheidsgrens.

Zoetermeer,



Dit rapport bevat 15 pagina's en 1 figuur.

Figuur 1 Spectrum maatgevende treinpassage

File Name: ...s\2018\01\17\18017122.XMR Main Frequency(1) = 13,24 Hz
 Event Nr.: 122 Main Frequency(2) = 10,96 Hz
 Amplitude Spectrum Main Frequency(3) = 12,94 Hz

