



Herbesteming voormalig bungalowpark Het Caendorp

trillingonderzoek



Herbesteming voormalig bungalowpark Het Caendorp

trillingonderzoek

opdrachtgever Bungalowpark Het Caendorp
rapportnummer HK 6999-2-RA
datum 6 juli 2022
referentie HH/HH//HK 6999-2-RA
verantwoordelijke ir. J.A. Huizer
opsteller ir. J.A. Huizer
 +31 85 8228738
 h.huizer@peutz.nl

peutz bv, postbus 696, 2700 ar zoetermeer, +31 85 822 87 00, zoetermeer@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Streefwaarden trillingniveaus	5
2.1	Bestemmingsplan	5
2.2	Streefwaarden volgens SBR richtlijn B	5
3	Gemeten trillingniveaus	7
4	Trillingniveaus op locatie woning	9
5	Overdrachtsberekeningen	11
6	Uitgangspunten	12
7	Rekenresultaten	14
8	Beoordeling en conclusie	16

1 Inleiding

In opdracht van de Bungalowpark Het Caendorp is een onderzoek uitgevoerd naar de te verwachten trillingniveaus op de vloer(en) van de geprojecteerde woningen de Groeneweg 10 te Heiloo. De ontwikkeling betreft de herbestemming van het voormalige bungalowpark naar Buurtschap Het Caendorp, waarin in fase 1 totaal 15 woningen worden gerealiseerd.

In figuur 1.1 is het stedenbouwkundige plan gegeven. De kortste afstand van de dichtstbijzijnde gevel van een woning (dit is woning nr. 15) tot de dichtstbijzijnde spoorstaaf is gelegen op 28 m. Het buurtschap is gelegen binnen het bestemmingsplan Zandzoom.

f1.1 Verkavelingsplan



Gezien de korte afstand tot het spoor is een nader onderzoek naar het voorkomen of beperken van voelbare trillingen in de te realiseren woningen vanwege passerende treinen noodzakelijk. Daar voorziet voorliggend rapport in.

2 Streefwaarden trillingniveaus

2.1 Bestemmingsplan

In het bestemmingsplan Zandzoom, vastgesteld 11 juni 2005, geldt ter plaatse van de planlocatie de bestemming UW3: 'Uit te werken bestemming wonen'. In de regels van dit bestemmingsplan is geen voorwaardelijke verplichting opgenomen voor het uitvoeren van een trillingonderzoek, zoals wel voor andere woningbouwlocaties binnen andere bestemmingsplannen en uitwerkingsplannen binnen de gemeente is opgenomen.

Gezien de korte afstand tot het spoor is een nader onderzoek naar het voorkomen of beperken van voelbare trillingen in de te realiseren woningen vanwege passerende treinen evenwel noodzakelijk.

2.2 Streefwaarden volgens SBR richtlijn B

De trillingsnelheden vanwege het railverkeer ter plaatse van de geprojecteerde woningbouwlocatie worden getoetst aan de streefwaarden uit 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 weergegeven streefwaarden gehanteerd.

De gegeven streefwaarden betreffen dimensieloze eenheden, waarin de frequentieafhankelijke waardering van trillingen door mensen is verwerkt (vergelijkbaar met de A-weging voor geluid).

t2.1 Overzicht streefwaarden conform 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 streefwaarden voor bestaande situaties zijn een factor 2 minder streng dan de streefwaarden vermeld in tabel 2.1 voor nieuwe situaties.

Bovengenoemde streefwaarden zijn overigens geen wettelijke grenswaarden. Wel worden de SBR richtlijnen in de jurisprudentie gehanteerd ter bepaling van de beoordelingscriteria.



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.

NB: trillingniveaus tot 0,2 zijn in het algemeen nog (zeer) licht voelbaar door mensen.

3 Gemeten trillingniveaus

Er is door Peutz nabij de bouwlocatie gemeten; zie rapport O 16119-2-RA d.d. 24 januari 2019 dat onderdeel vormde van de toelichting op het bestemmingsplan Zandzoom 2019. Weliswaar is dit bestemmingsplan vernietigd vanwege een gerechtelijke uitspraak, echter de meetresultaten zijn uiteraard valide. De bouwlocatie, fase 1 (licht geel omkaderd) is het meest nabij meetpositie 4 gesitueerd, zie figuur 2.1.

f2.1 Meetposities op de gebieden met mogelijke woningbouwplannen (bron: Peutz O 16119-2-RA-001 d.d. 24 januari 2019)



De statistisch bepaalde trillingniveaus ($V_{\max}$) op positie 4 bedragen:

- horizontaal 0,53 en 0,70;
- verticaal 0,36.

Het gemiddelde trillingniveau (over de meetperiode gemiddelde waarde welke direct afhankelijk is van het aantal treinpassages) in de betreffende beoordelingsperiode (V_{per}) op positie 4 bedraagt 0,13 en 0,15 voor beide horizontale richtingen en 0,11 in de verticale richting.

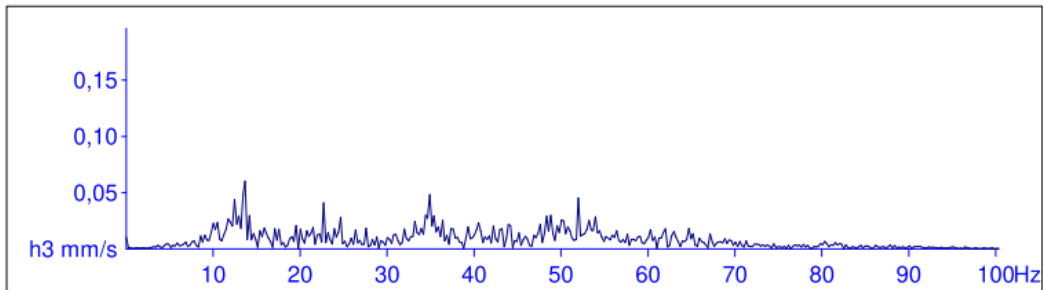
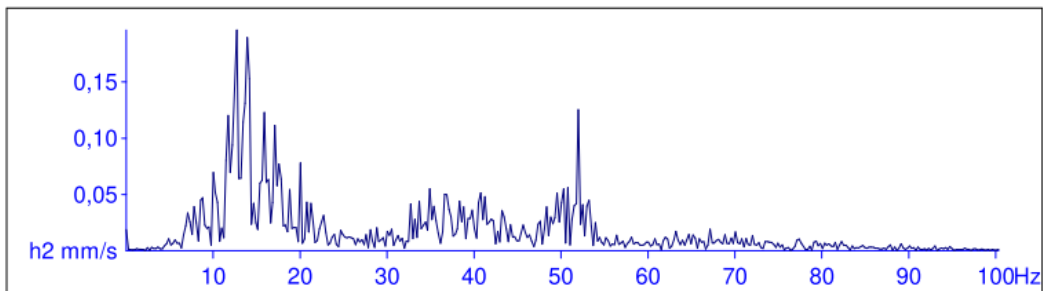
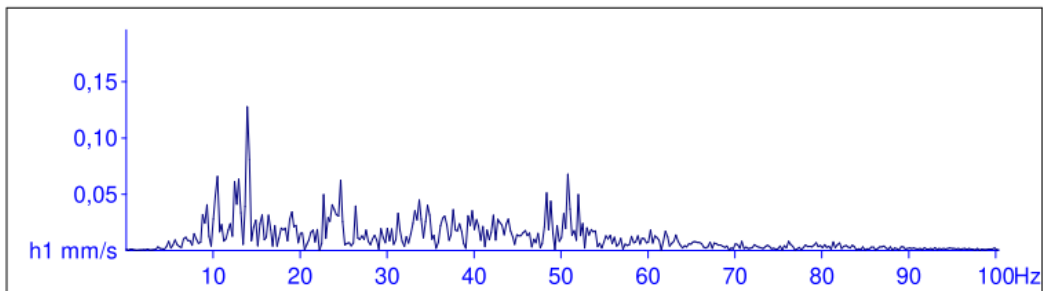
Van een maatgevende treinpassage is een smalbandige (FFT) analyse gemaakt voor de x-, y- en z-richting; zie figuur 2.3. Uit deze figuur blijkt dat de trillingniveaus overwegend worden bepaald door de frequenties vanaf circa 10 Hz, met de hoogste amplitudes bij 13 a 14 Hz.

f2.3 FFT-analyse passage

MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...IEW2002 1106\19010146.XMR	Event Nr.:	146	Freq(1):	13,92 Hz
Station:	2280-16040009	Event Date:	10-01-2019	Freq(2):	12,70 Hz
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	11:05:44 + 89 ms	Freq(3):	13,67 Hz
		Range:	54,82 - 59,93 s		

Amplitude Spectrum



4 Trillingniveaus op locatie woning

Meetpositie 4 is gesitueerd op 20 m, gemeten vanaf de dichtstbijgelegen spoorstaaf. De dichtstbijgelegen gevel van de geprojecteerde woning gericht naar het spoor is gelegen op 28 m afstand vanaf de dichtstbijgelegen spoorstaaf.

Vanwege de enigszins grotere afstand tot het spoor zullen op de afstand van 28 m enigszins lagere trillingniveaus optreden dan op de meetpositie op 20 m afstand.

Voor de af- of toename van trillingen met de afstand kan gebruik gemaakt worden van de formule van Barkan voor oppervlaktegolven, die in de onderhavige situatie gezien de afstand tussen het spoor en de woning maatgevend zijn:

$$H_{bodem}(f) = \frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{x_1}{x_2}} \times e^{-\rho \pi f (x_2 - x_1)}$$

waarin:

- v_i : trillingsnelheid in bodem op punt i [m/s];
- x_i : afstand tot trillingbron op punt i [m];
- ρ : bodemconstante [s/m];
- f : frequentie [Hz].

Als een trillingniveau v_1 is gemeten op een afstand x_1 vanaf de trillingbron, dan wordt met deze formule van Barkan het trillingniveau v_2 berekend op een afstand x_2 vanaf diezelfde trillingbron. Bij gebruik van de formule wordt rekening gehouden met de afstand tussen meetpunt en feitelijke trillingbron, om vervolgens het trillingniveau te bepalen op een andere afstand ten opzichte van de trillingbron. Met de *verhouding* (x_1/x_2) van beide afstanden is deze eerste afstand tussen meetpunt en trillingbron verdisconteerd.

In de formule van Barkan staat de eerste term voor de geometrische uitbreiding van het golffront.

De tweede term (exponentiële term) staat voor de demping in de bodem (weerstand of wrijving). Deze demping (door wrijving in de bodem) is enerzijds afhankelijk van de bodemsamenstelling, anderzijds afhankelijk van de golflengte, ofwel de frequentie.

Volgens Amick¹ bedraagt de bodemconstante ρ voor een slappe, zachte bodem (bijvoorbeeld veen) $6 \cdot 10^{-4}$ tot $2 \cdot 10^{-3}$ s/m. Voor een stevigere bodem (zand, klei) bedraagt de bodemconstante ρ ongeveer $2 \cdot 10^{-4}$ tot $6 \cdot 10^{-4}$ s/m.

Vanwege de zandbodem op de eerste meters op de bouwlocatie kan een bodemconstante verwacht worden van orde grootte $\rho = 2 \cdot 10^{-4}$ s/m.

1 "A frequency-dependent soil propagation model", Amick, H. SPIE Conference, 1999.

Uit de metingen blijkt dat de maatgevende frequenties liggen tussen circa 10 en 20 Hz met de hoogste trillingniveaus op circa 15 Hz. De term $\rho\pi f$ bedraagt aldus $3 \cdot 10^{-3} \text{ 1/m}$ bij de gemiddelde frequentie van 15 Hz. Voor de berekening van de overdracht van de trillingen naar de woning op 28 m afstand is deze term toegepast.

Uit de overdrachtsberekening blijkt dat op 28 m afstand vanaf de dichtstbijzijnde spoorstaaf de gemeten trillingniveaus met een factor 1,06 zijn afgenomen ten opzichte van de meetresultaten op 20 m afstand, leidend tot de volgende trillingniveaus:

- horizontaal 0,43 en 0,57
- verticaal 0,30.

Om te voldoen aan de streefwaarde A_2 voor nieuwe situaties zal er dus sprake moeten zijn van demping door de gebouwconstructie (zie hoofdstuk 5). Bij het voldoen aan A_2 wordt dan ook voldaan aan de streefwaarde A_3 .

5 Overdrachtsberekeningen

Om op de vloeren van de geprojecteerde woningen te kunnen toetsen aan de streefwaarden uit de SBR Richtlijn B dient de overdracht van de trillingniveaus op maaiveld te worden bepaald naar de vloeren. De fundering en gebouwconstructie dient niet te leiden tot relevante opslinging van de trillingniveaus gemeten op maaiveld. Ook opslinging vanwege aanstoting van eigenfrequenties van vloeren dient te worden voorkomen.

De nachtperiode is maatgevend voor de beoordeling. Het trillingniveau $V_{\max}$ dient ten hoogste 0,2 te bedragen en de parameter V_{per} ten hoogste 0,05.

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 CUR² (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 in gebouwen te ontwikkelen 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 Hz³ van trillingen van bodem of fundering naar gebouwelementen.

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

² Tegenwoordig SBRCURnet.

³ Trillingen met een frequentie hoger dan 100 Hz zijn niet voelbaar voor mensen.

6 Uitgangspunten

Uitgangspunt is dat als de trillingniveaus voldoen aan de grenswaarden in de dichtst bij het spoor gelegen woning, ook op de verder weg gelegen woningen wordt voldaan. De dichtstbijgelegen woning is genummerd 15.

De uitgangspunten voor de bodemparameters zijn ontleend aan sonderingen uitgevoerd door Sondeermeester Geomechanica, rapport van 8 april 2022.

De afmetingen en constructiegegevens zijn afkomstig van Hoope+Plevier (plattegrondtekeningen van 2 maart 2022 en constructiedetails van de funderingen van 9 juni 2022).

De begane grond vloer wordt uitgevoerd als een kanaalplaatvloer, 200 mm hoog voorzien van een anhydriet afwerkvloer.

De verdiepingsvloer worden uitgevoerd als een samengestelde constructie bestaande uit houten balken en houten vloerplaat, voorzien van Fermacell en een droogvloersysteem. De exacte opbouw is nog niet bekend. Voor de verdiepingsvloer is uitgegaan is van een totale oppervlakte massa van 60 kg/m^2 . **Indien de massa hoger of lager zou uitkomen, dient te worden nagegaan of dit acceptabel is.**

De woning wordt gefundeerd op funderingsbalken. Gebruik wordt gemaakt van bestaande funderingsbalken aangestort met een vorstrand. De funderingsbalken kennen afmetingen van $800 \times 400 \text{ mm}$.

Uit berekeningen van de eigenfrequenties van de vloeren blijkt dat de kanaalplaatvloer op de begane grond een 1^e orde eigenfrequentie kent van circa 14 Hz. Deze frequentie valt binnen het gebied waarin ook aanstoting plaatsvindt (namelijk vooral bij 13 en 14 Hz, zie hoofdstuk 3). **Aldus wordt afgeraden om een kanaalvloer te selecteren. Om een lagere eigenfrequentie te realiseren dient een zwaardere begane grondvloer geselecteerd te worden. Bij eenzelfde hoogte (200 mm) dient de massa verhoogt te worden naar minimaal 500 kg/m^2 . Een breedplaatvloer lijkt dan het meest geschikt.**

De berekeningen zijn uitgevoerd met dit uitgangspunt.

In figuur 6.1 zijn de relevante invoerparameters voor het rekenmodel gegeven, gebaseerd op genoemde uitgangspunten. De vloerafmetingen zijn sterk maatgevend of er sprake zal zijn van opslingering.

Het programma kent overigens alleen vloeren met een constante hoogte, die gebruikt wordt om het traagheidsmoment te bepalen. Voor de ribcassettevloer is een hoogte ingevoerd die overeenkomt met het te verwachten traagheidsmoment dat verwacht kan worden voor de samengestelde vloer met houten vloerbalken. De hoogste stijfheid van de vloerbalken is in de lengterichting. De lengterichting van de vloerbalken is loodrecht op het spoor.

f6.1 Invoerparameters voor het gebouw- en bodemmodel, invoergegevens voor zowel de begane grondvloer als de vloer van de 1^e verdieping

Begane grond

Uit bestand laden
Afdrukken
Alles leegmaken

Bodemgegevens:

Vol massa op PP-niveau (roPaal):	2000 kg/m3
Glijmodulus op PP-niveau (GPaal):	1,15e+008
Poisson ratio op PP-niveau (nuPaal):	0,3
Vol massa op fund.-niveau (roFund):	1800 kg/m3
Glijmodulus op fund.-niveau (GFund):	1,44e+007
Poisson ratio op fund.-niveau (nuFund):	0,3

Heipaalgegevens:

Volumieke massa (roPaal):	2400 kg/m3
Diameter (DiaPaal):	0,2 m
Lengte (LPaal):	3 m
E-Modulus (EPaal):	3e+010 N/m2
Dempingsratio (ksiPaal):	0,02
Viskeuze demping (alphaPaal):	1,5
Aantal (NumPaal):	0

Gebouwgegevens:

V. massa fundering (roFund):	2400 kg/m3
Volumieke massa Wand (roWand):	2400 kg/m3
Breedte fundering (BFund):	0,8 m
Lengte fundering (LFund):	7 m
Hoogte fundering (HFund):	0,4 m
Hoogte gebouw (H):	6,45 m
Diepte gebouw (D):	7 m
Aantal bouwlagen (Nbouwlagen):	2
Breedte wand (BWand):	7 m
Dikte wand (DWand):	0,4 m
E-Modulus Fund (EFund):	3e+010 N/m2
E-Modulus Wand (EWand):	3e+008 N/m2
Viskeuze demping Wand (alphaFund):	1,5
Dempingsratio Fund (ksiFund):	0,02
Viskeuze demping Wand (alphaWand):	1,5
☒ Dempingsratio Wand (ksiWand):	0,05
☐ Hysteresis demping Wand (hysWand):	0,02

Vloergegevens:

Vloerdikte (DVloer):	0,2 m
Breedte vloer (BVloer):	15 m
Overspanning vloer (LVloer):	7 m
E-modulus vloer (EVloer):	3e+010 N/m2
Oppervlaktetmassa vloer (oppmVloer):	500 kg/m2
Viskeuze demping Vloer (alphaVloer):	1,5
Dempingsratio Vloer (ksiVloer):	0,02

Algemeen:

Bestand

[Elementen ter onderverdeling Paal: 10](#)
[Elementen ter onderverdeling kolom: 21](#)

OK

Gebouw ID:
Naar bestand opslaan

1^e verdieping

Uit bestand laden
Afdrukken
Alles leegmaken

Bodemgegevens:

Vol massa op PP-niveau (roPaal):	2000 kg/m3
Glijmodulus op PP-niveau (GPaal):	1,15e+008
Poisson ratio op PP-niveau (nuPaal):	0,3
Vol massa op fund.-niveau (roFund):	1800 kg/m3
Glijmodulus op fund.-niveau (GFund):	1,44e+007
Poisson ratio op fund.-niveau (nuFund):	0,3

Heipaalgegevens:

Volumieke massa (roPaal):	2400 kg/m3
Diameter (DiaPaal):	0,2 m
Lengte (LPaal):	3 m
E-Modulus (EPaal):	3e+010 N/m2
Dempingsratio (ksiPaal):	0,02
Viskeuze demping (alphaPaal):	1,5
Aantal (NumPaal):	0

Gebouwgegevens:

V. massa fundering (roFund):	2400 kg/m3
Volumieke massa Wand (roWand):	2400 kg/m3
Breedte fundering (BFund):	0,8 m
Lengte fundering (LFund):	7 m
Hoogte fundering (HFund):	0,4 m
Hoogte gebouw (H):	6,45 m
Diepte gebouw (D):	7 m
Aantal bouwlagen (Nbouwlagen):	2
Breedte wand (BWand):	7 m
Dikte wand (DWand):	0,4 m
E-Modulus Fund (EFund):	3e+010 N/m2
E-Modulus Wand (EWand):	3e+008 N/m2
Viskeuze demping Wand (alphaFund):	1,5
Dempingsratio Fund (ksiFund):	0,02
Viskeuze demping Wand (alphaWand):	1,5
☒ Dempingsratio Wand (ksiWand):	0,05
☐ Hysteresis demping Wand (hysWand):	0,02

Vloergegevens:

Vloerdikte (DVloer):	0,165 m
Breedte vloer (BVloer):	15 m
Overspanning vloer (LVloer):	7 m
E-modulus vloer (EVloer):	1,2e+009 N/m
Oppervlaktetmassa vloer (oppmVloer):	60 kg/m2
Viskeuze demping Vloer (alphaVloer):	1,5
Dempingsratio Vloer (ksiVloer):	0,02

Algemeen:

Bestand

[Elementen ter onderverdeling Paal: 10](#)
[Elementen ter onderverdeling kolom: 21](#)

OK

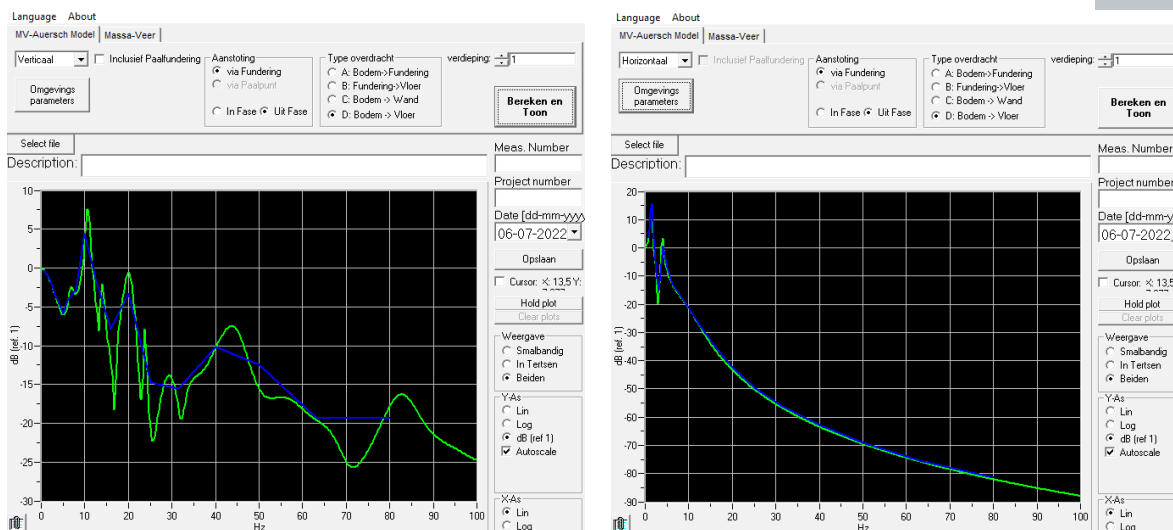
Gebouw ID:
Naar bestand opslaan

7 Rekenresultaten

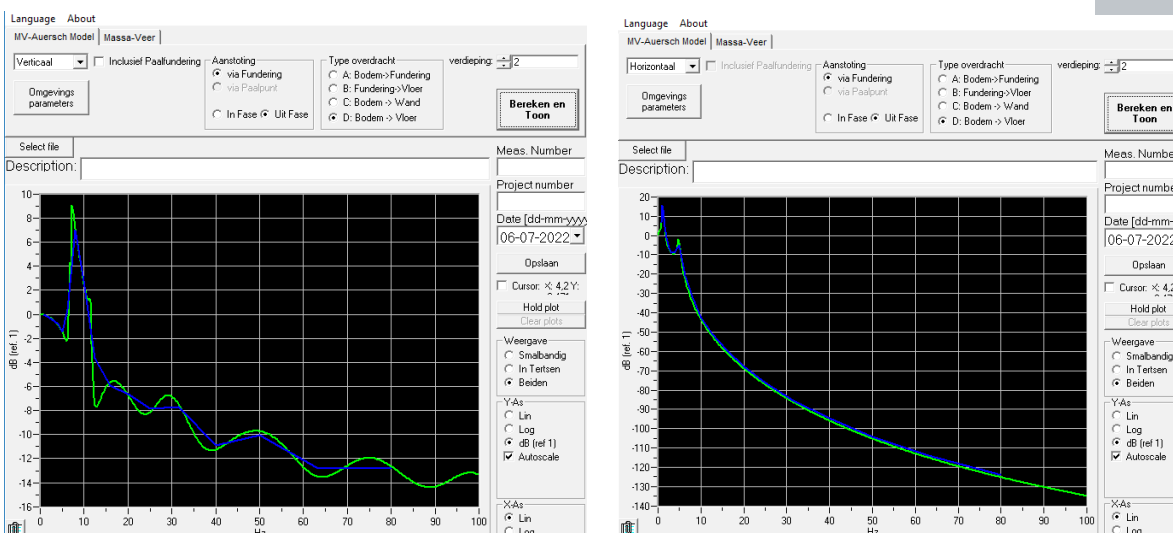
In de figuren 7.1 en 7.2 zijn de resultaten van de overdrachtsberekeningen gegeven voor de verticale en horizontale richting vanaf bodem naar respectievelijk de vloer van de begane grond en de vloer van de 1^e verdieping een woning.

De resultaten zijn gegeven als overdracht in dB⁴. Een positieve waarde is een toename van de trillingen ten opzichte van het maaiveld, een negatieve waarde betekent dat de trillingen worden gedempt door het gebouw. De resultaten van berekeningen geven de overdracht op de locatie van de vloer waar de hoogste trillingen verwacht worden.

f7.1 Overdracht bodem – begane grond vloer; verticaal (links) en horizontaal (rechts)



f7.2 Overdracht bodem – verdiepvingsvloer (1e); verticaal (links) en horizontaal (rechts)



4 Ter informatie: – 6 dB betekent een afname van de trillingniveaus met een factor 2, – 10 dB een factor 3.

Uit figuur 7.1 blijkt dat rond circa 10 Hz er een toename wordt berekend van het trillingniveau in de verticale richting op de begane grondvloer ten opzichte van het trillingniveau op maaiveld. Deze frequentie komt overeen met de 1^e orde eigenfrequentie van de vloer. Vanaf circa 10 Hz vindt een afname plaats van de trillingniveaus. De eigenfrequentie bij circa 10 Hz wordt evenwel niet relevant aangestoten door passerende treinen.

Een kanaalplaatvloer met dezelfde hoogte zou een 1^e orde eigenfrequentie kennen van circa 14 Hz, hetgeen niet acceptabel is (zie hoofdstuk 6).

In de horizontale richting vindt een toename plaats bij circa 2 Hz en in geringe mate bij circa 4 Hz. Voor alle overige frequenties vindt een afname plaats van het trillingniveau op maaiveld naar de begane grond vloer van de woning.

Uit figuur 7.2 blijkt dat er een toename plaats vindt van het trillingniveau op de verdiepingsvloer bij circa 8 Hz. In de horizontale richting is dit bij circa 2 Hz .

De trillingdemping over het gehele frequentiespectrum in de verticale richting is zowel voor de begane grondvloer als de verdiepingsvloer meer dan een factor 2. In de horizontale richting is de trillingdemping nog veel hoger. De trillingen op maaiveld zullen door de overdracht van de bodem naar de vloer dus uitdempen waardoor de verticale en horizontale trillingniveau op de vloeren lager zullen zijn dan de streefwaarde A_2 van 0,2 die geldt voor de nachtperiode. Ook de streefwaarde A_3 wordt dan niet overschreden.

8 Beoordeling en conclusie

De te verwachte trillingniveaus op de vloer in de geplande woningen zullen, zowel in verticale als horizontale richting, niet hoger zijn dan de strengste streefwaarde A_2 van 0,2 die geldt voor de nachtperiode uit de SBR Richtlijn B. Ook de streefwaarde A_3 wordt niet overschreden.

Van belang is om op begane grondvloer alleen een vloer toe te passen met een maximale hoogte van 200 mm en een oppervlaktemassa van 500kg/m^2 . Mocht bij de definitieve keuze van de opbouw van de vloeren een andere opbouw en/of andere massa worden gerealiseerd waar thans van uit is gegaan (zie hoofdstuk 6), dan is het van belang om na te gaan of deze vloeren ook leiden tot voldoende trillingdemping. Zeker in verticale richting zijn de marges ten opzichte van de streefwaarden gering.

Dit rapport bevat 16 pagina's.

Zoetermeer,

