



Sierlijke Dames, Eindhoven

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

Concept



Sierlijke Dames, Eindhoven

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

Concept

opdrachtgever	Land-sHeeren / Trudo bv
rapportnummer	H 8264-5-RA
datum	2 februari 2023
referentie	LL/LL//H 8264-5-RA
verantwoordelijke	████████████████████
opsteller	████████████████████
	+31 85 822 8671
	████████████████████

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 85 822 86 00, mook@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	Metingen	6
2.1	Algemeen	6
2.2	Meetinstrumenten	7
2.3	Meetresultaten	7
3	Beoordeling	9
3.1	Metingen	9
3.2	Geprojecteerde woningen	15
4	Toetsing	17
4.1	Toetsingskader	17
4.2	Toetsing	17
5	Conclusie	19

1 Inleiding

In opdracht van Land-sHeeren te Veldhoven en Trudo bv te Eindhoven is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in geprojecteerde woningen van het nieuwbouwplan Sierlijke Dames te Eindhoven.

Het nieuwbouwplan betreft de realisatie van een tweetal woontorens op de hoek van de Marconilaan en Anthony van Leeuwenhoeklaan.

Het bouwplan is gesitueerd korte afstand van de spoorlijn 's-Hertogenbosch – Eindhoven. Een onder de torens te realiseren parkeerkelder is daarbij voorzien tot op ca. 20 m van het dichtstbij gelegen spoor. De dichtst bij het spoor gelegen toren ligt op ca. 35 m afstand.

De woontorens liggen ruim binnen het standaard aandachtsgebied van 100m waar conform de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen van het Ministerie van I & W van mei 2019 nader onderzoek naar trillinghinder wenselijk is.

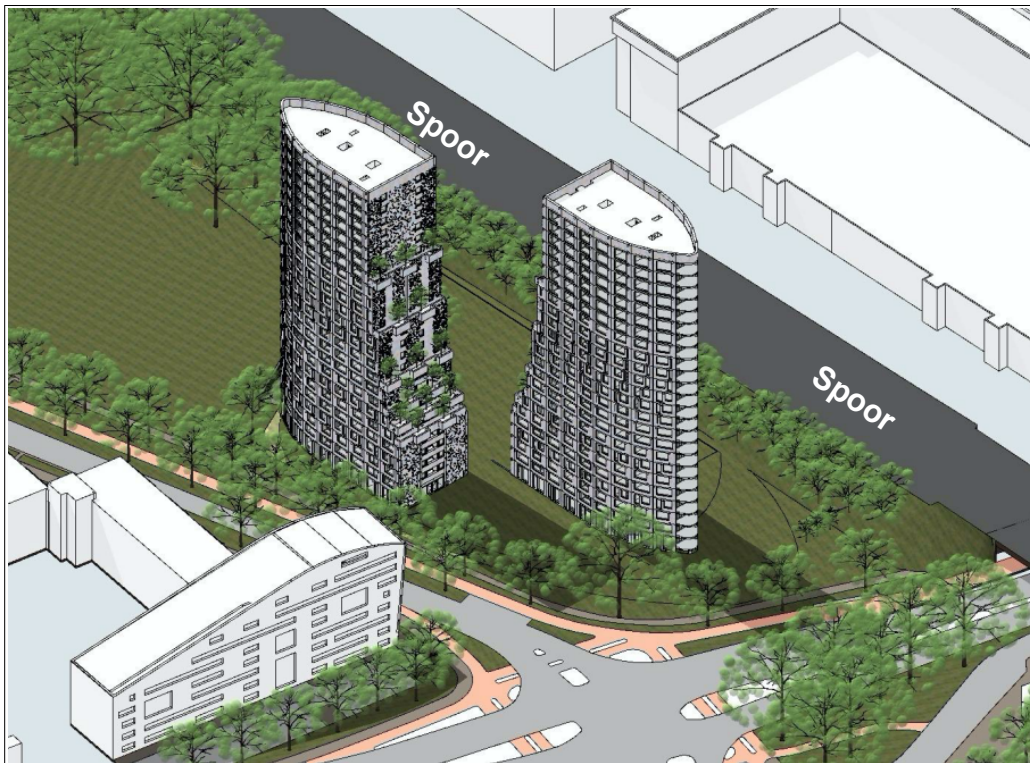
Figuur 1.1 toont de situering van het betreffende plan ten opzichte van de nabijgelegen spoorlijn.

f1.1 Situering nieuwbouw ten opzichte van spoorlijn



Figuur 1.2 toont illustratief de beide torens.

f1.2 Bouwplan



Dit onderzoek geeft een eerste beoordeling van de verwachte trillingen in de woningen (vooronderzoek). Ten behoeve van het onderzoek zijn trillingmetingen ter plaatse uitgevoerd.

Voor de beoordeling van de in de woning te verwachten trillingen is, zoals gebruikelijk, uitgegaan van de streefwaarden voor de maximaal optredende trillingssnelheden zoals opgenomen in de Richtlijn deel B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" van de Stichting Bouwresearch (SBR) van augustus 2006.

2 Metingen

2.1 Algemeen

De metingen hebben tot doel inzicht te verkrijgen met betrekking tot de trillingniveaus vanwege railverkeer. Ter hoogte van het bouwplan is sprake van meerdere sporen. Het spoor ligt verhoogd ten opzichte van het peil van het bouwplan.

Binnen de systematiek van de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen van het Ministerie van I & W van mei 2019 wordt gezien de verwachte variatie in passerende treinen, met name goederentreinen, vaak uitgegaan van meting gedurende één week om een representatief beeld te krijgen. Van 18 januari tot en met 26 januari 2023 zijn binnen het plangebied onbemande trillingmetingen in de bodem verricht. Op de meetlocaties is minimaal één week gemeten zodat de meettijd voldoet aan de Handreiking en de meetresultaten representatief geacht mogen worden.

In het onderhavige geval kan mede sprake zijn van aanstoting van de gebouwen via de parkeerkelder. Om die reden is uitgegaan van meting o.a. op de locatie waar de parkeerkelder dicht bij het spoor is voorzien (positie 2). Verder is gemeten op twee locaties ter hoogte van de voorziene torens.

Figuur 2.1 toont de ligging van de meetlocaties. Nabij meetlocatie 1 is nog een bestaande woning aanwezig op de voorziene plek van de toren. Om die reden is de meetpositie wat noordelijker gekozen.

f2.1 Ligging meetlocaties



Gemeten is in de twee horizontale richtingen, aangeduid met X (parallel aan het spoor) en Y (loodrecht op het spoor), en de verticale richting, aangeduid met Z, gemeten.

Met betrekking tot de uitvoering van metingen is aansluiting gezocht bij de SBR Richtlijn deel B (Hinder voor personen in gebouwen).

2.2 Meetinstrumenten

De metingen zijn uitgevoerd met behulp van trillingmeetsystemen, fabrikaat SYSCOM, type MR2002-CE. Analyses zijn uitgevoerd met evaluatiesoftware, fabrikaat Ziegler Consultants, type VIEW2002.

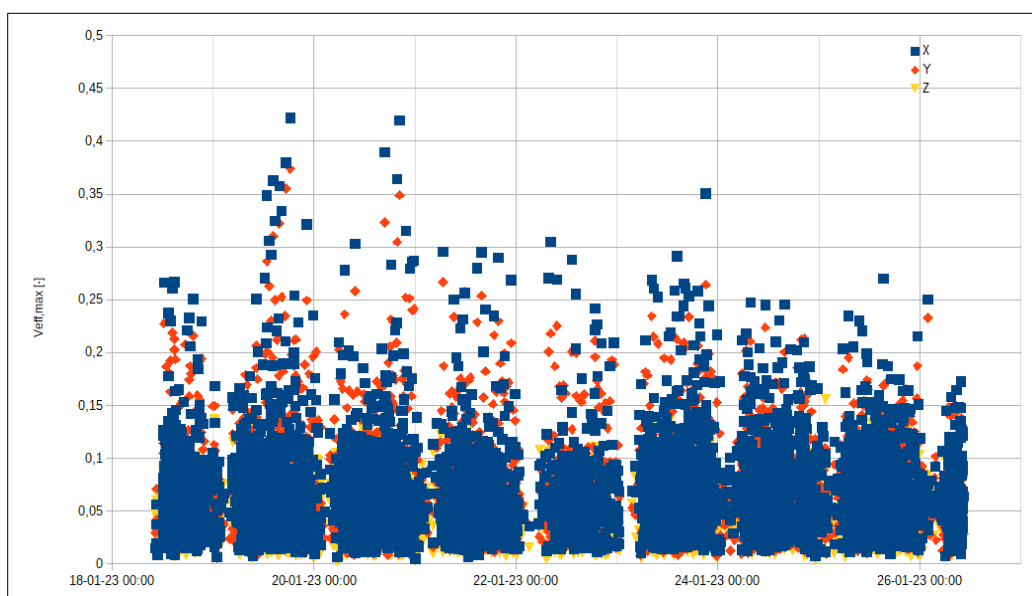
2.3 Meetresultaten

Voor de beoordeling in relatie tot mogelijke trillinghinder is de maximale trillingsterkte $V_{\max}$ (dimensieloos) bepaald overeenkomstig SBR richtlijn B (De conform SBR B gewogen waarde over het frequentiegebied van 1 tot 80 Hz). Conform deze richtlijn geldt dat de grootste trillingsterkte in een tijdsinterval van 30 s wordt bepaald.

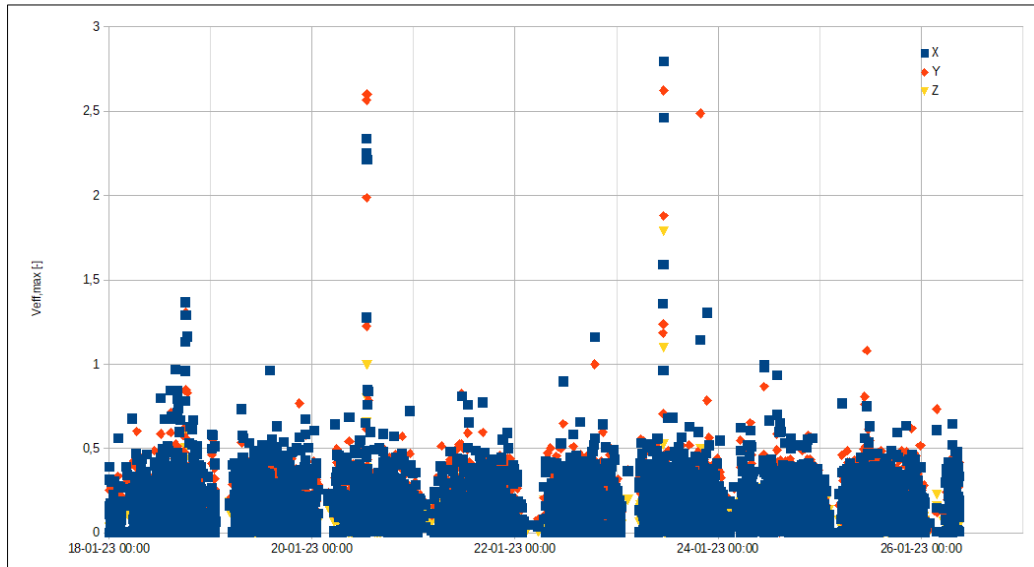
De onbemande metingen die verricht zijn in de bodem geven inzicht in de optredende trillingen over langere tijd.

Figuur 2.2 t/m 2.4 tonen een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\text{eff,max}}$ in horizontale (X en Y) en verticale richting (Z) ter plaatse van respectievelijk meetlocatie 1 en 2.

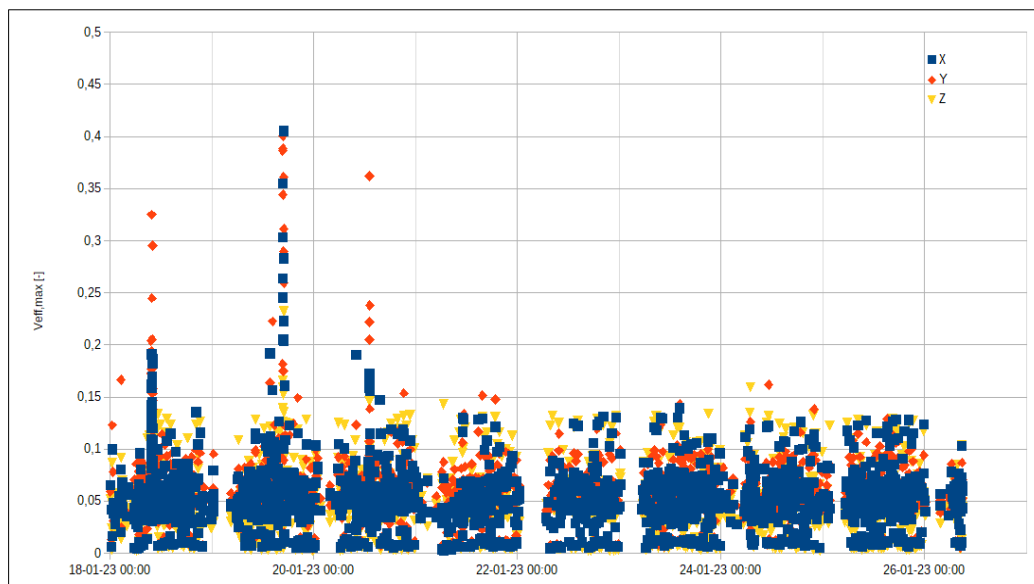
f2.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem meetlocatie 1



f2.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem meetlocatie 2



f2.4 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem meetlocatie 3



Op basis van het gemeten tijdsignaal is vastgesteld of de meetwaarden zijn toe te kennen aan passerende treinen of verstoringen.

De metingen in positie 1 tonen geen relevante verstoringen. Een aantal sterk verhoogde waarden in de posities 2 en 3 zijn op basis van het gemeten tijdsignaal niet toe te kennen aan passerende treinen en zijn waarschijnlijk veroorzaakt door andere activiteiten nabij de meetpositie (het betreffende bedrijfsterrein is nog in gebruik met o.a. opslag). Navolgende beschouwingen zijn beperkt tot passerende treinen.

3 Beoordeling

3.1 Metingen

De tabellen 3.1 t/m 3.3 tonen voor respectievelijk de meetlocatie 1, 2 en 3 de gemeten maximale trillingsterkte in de bodem als gevolg van de vijf maatgevende treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale X-, Y- en verticale Z-richting.

t3.1 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, locatie 1

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
19-01-23 17:16	0,38	0,36	0,07
19-01-23 18:19	0,42	0,37	0,08
20-01-23 20:16	0,42	0,35	0,07
24-01-23 10:31	0,09	0,10	0,14
25-01-23 01:37	0,10	0,11	0,16

t3.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, locatie 2

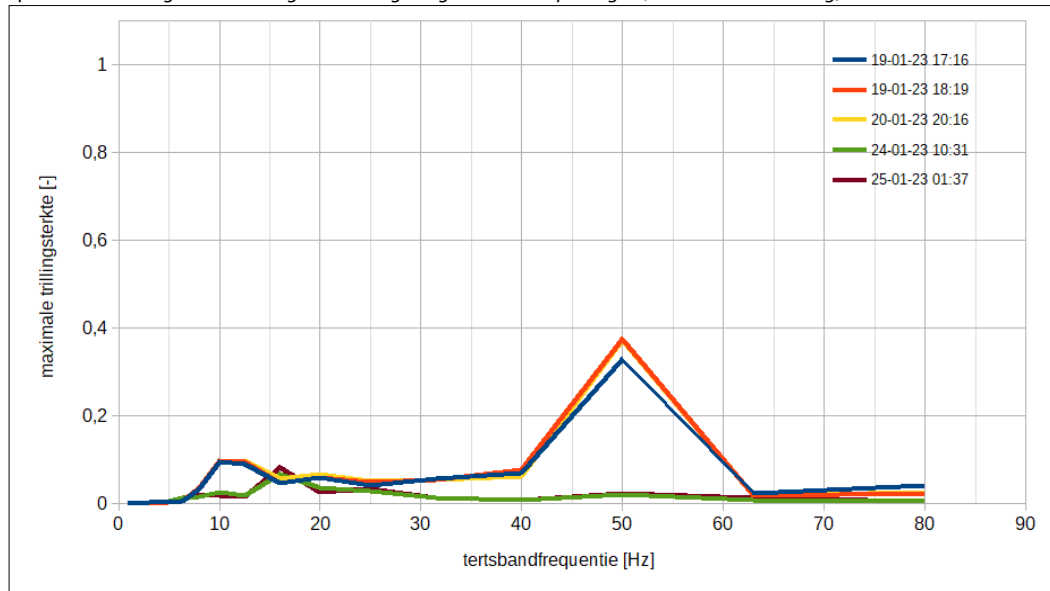
Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
18-01-23 18:32	1,16	0,83	0,32
19-01-23 17:16	0,54	0,41	0,19
20-01-23 16:47	0,42	0,50	0,15
22-01-23 18:48	1,16	1,00	0,39
24-01-23 10:49	0,98	0,98	0,42

t3.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, locatie 3

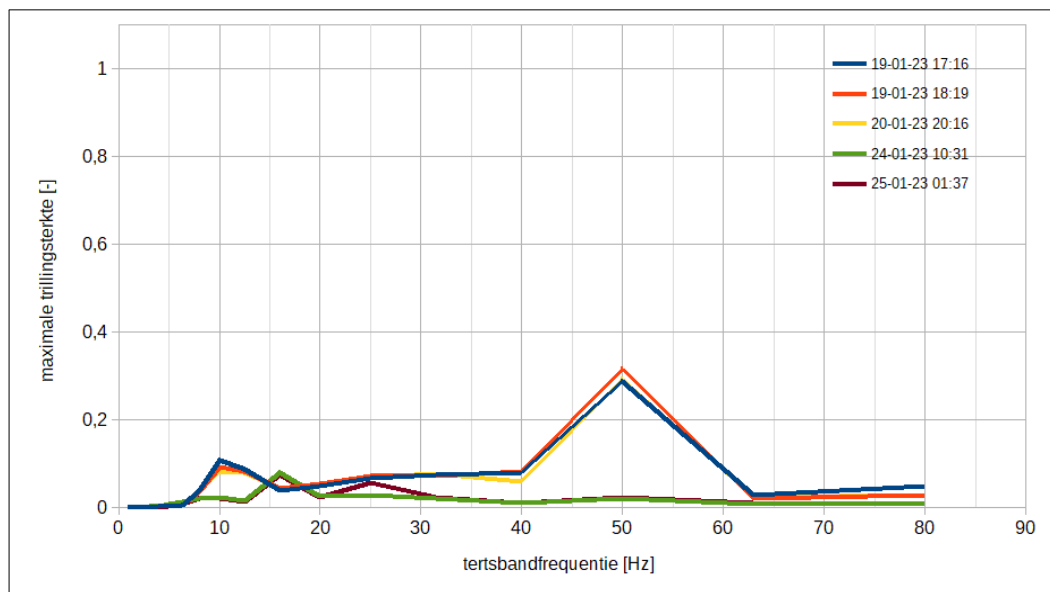
Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
20-01-23 21:16	0,11	0,15	0,13
21-01-23 06:38	0,07	0,09	0,14
21-01-23 15:45	0,13	0,15	0,13
24-01-23 06:55	0,09	0,13	0,16
24-01-23 11:16	0,12	0,16	0,13

Ten behoeve van een beoordeling dient naast de hoogte van de trillingniveaus inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud van de optredende trillingsterktes. Figuren 3.1 t/m 3.3 tonen de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 1 in resp. horizontale X richting, horizontale Y richting en verticale Z richting.

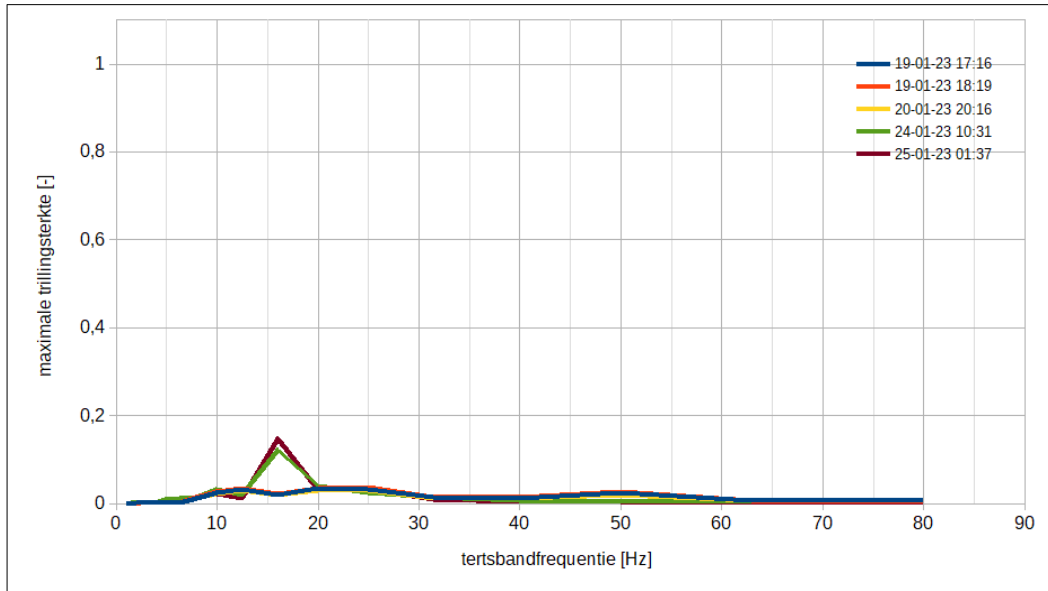
f3.1 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting) in locatie 1



f3.2 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting) in locatie 1



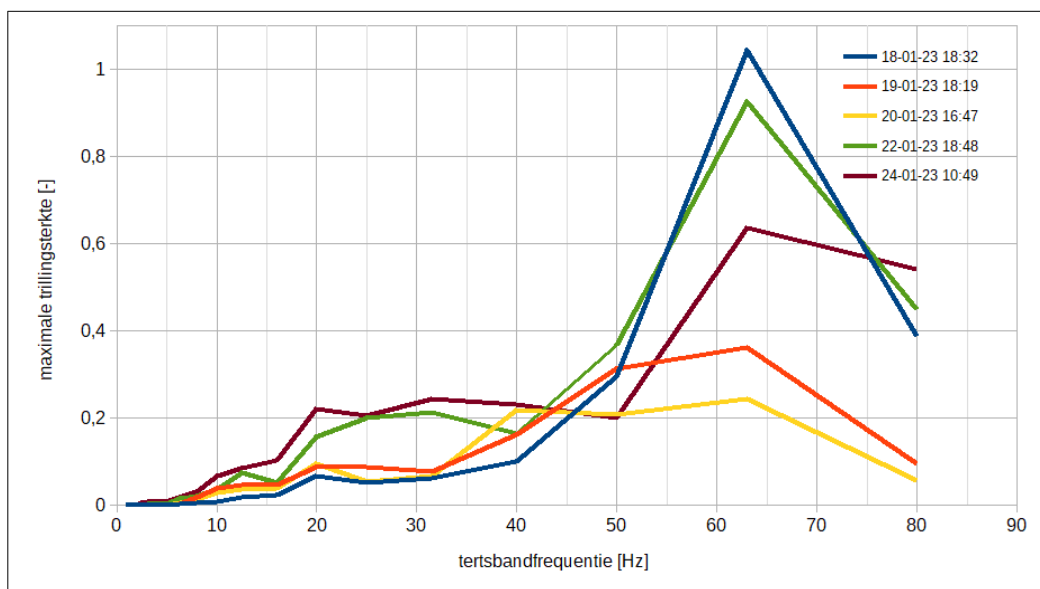
f3.3 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 1



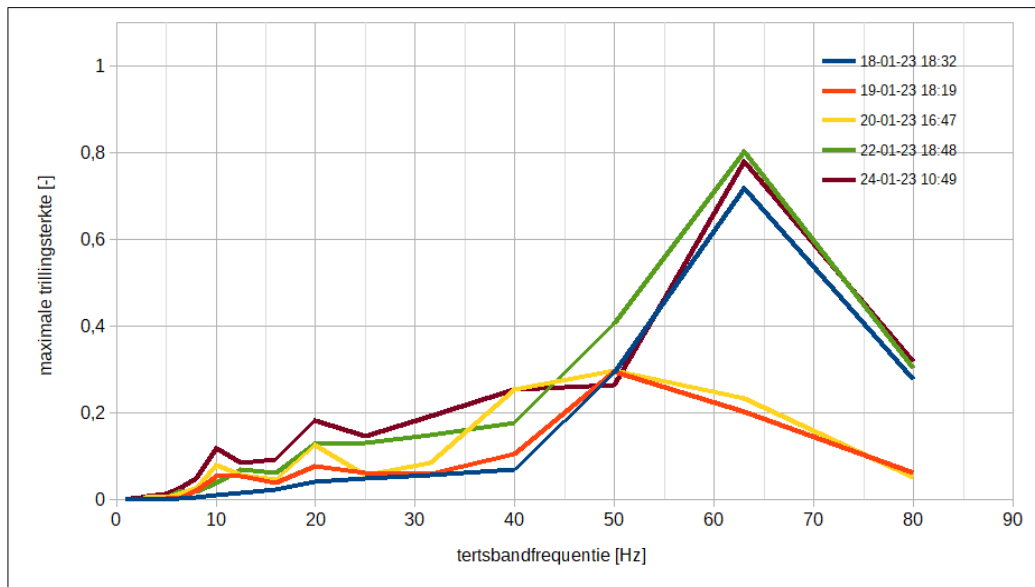
De figuren tonen dat als gevolg van een treinpassage in horizontale richting sprake is van verhoogde trillingniveaus bij met name 50 Hz en in mindere mate tussen 10 en 16 Hz. In z-richting is sprake verhoogde trillingniveaus bij met name 16 Hz

Figuren 3.4, t/m 3.6 tonen op vergelijkbare wijze de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 2.

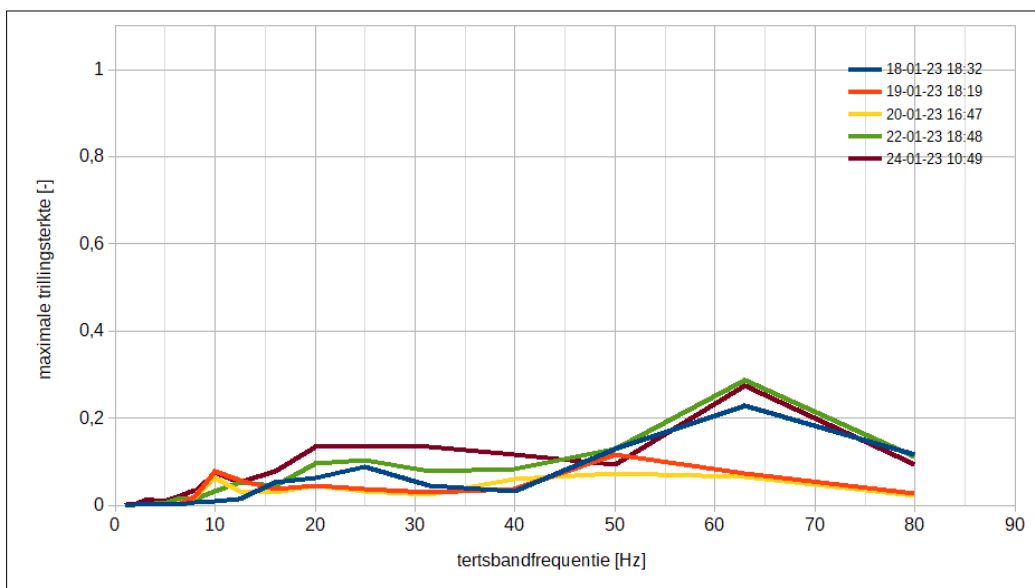
f3.4 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting) in locatie 2



f3.5 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting) in locatie 2



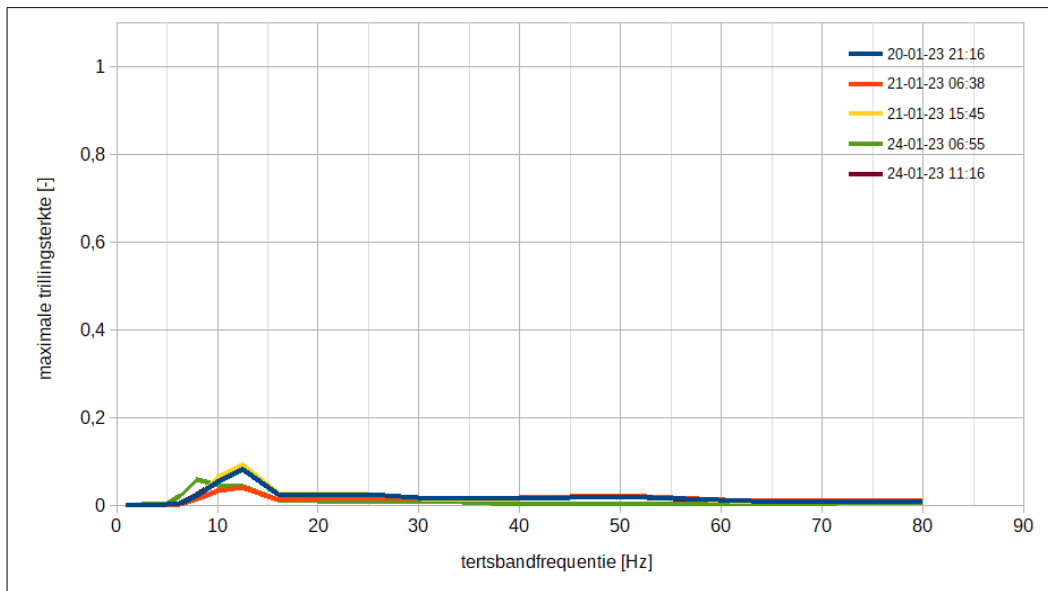
f3.6 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 2



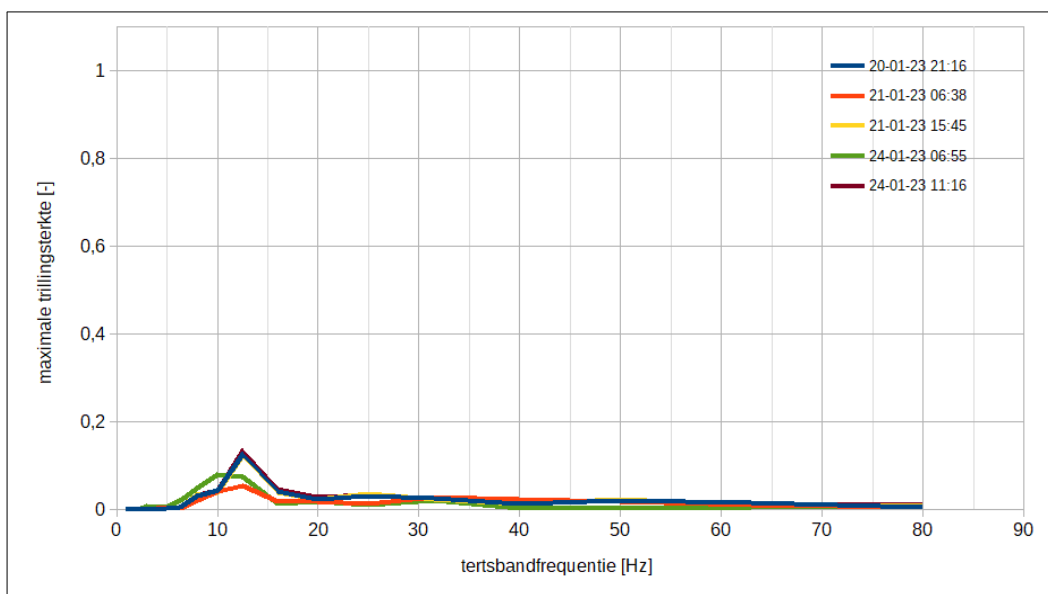
De figuren tonen dat als gevolg van een treinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus boven 63 Hz in horizontale x- en y-richting. In z-richting is sprake van aanzienlijke lagere trillingniveaus.

Figuren 3.7 t/m 3.9 tonen op vergelijkbare wijze de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 3.

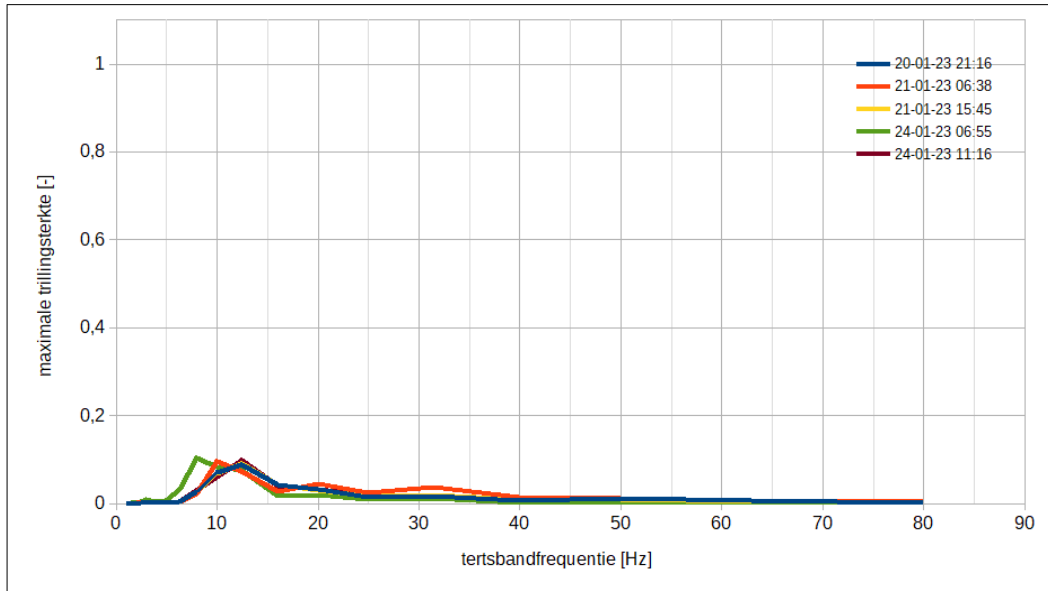
f3.7 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting) in locatie 3



f3.8 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting) in locatie 3



f3.9 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 3



De figuren tonen dat als gevolg van een treinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus tussen met name 8 en 12,5Hz in zowel x-, y- en z-richting.

De hoogste waarden worden in de posities 1 en 3 worden in alle gevallen bepaald door goederentreinen danwel locomotief-getrokken intercity's. In positie 2 worden ook verhoogde trillingniveaus als gevolg van dubbeldekkers gemeten.

Teneinde de (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) in de woning te kunnen berekenen is de (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode ($V_{per, meet}$) in de bodem bepaald. De (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode is bepaald op basis van de metingen.

Tabel 3.4 toont voor de meetlocaties het gemiddelde per etmaalperiode (dag, avond en nacht) en het aantal 'events'. Het aantal events komt overeen met het aantal momenten dat een relevant trillingniveau is geregistreerd.

t3.4 Gemiddelde van de maximale trillingsterktes in de bodem

		Aantal events	Trillingsterkte over de beoordelingsperiode (Vper,meet) in de bodem		
			X	Y	Z
Locatie 1	dag	731	0,060	0,053	0,039
	avond	142	0,048	0,046	0,026
	nacht	118	0,028	0,025	0,018
Locatie 2	dag	527	0,146	0,130	0,058
	avond	139	0,119	0,114	0,047
	nacht	114	0,068	0,062	0,028
Locatie 3	dag	205	0,024	0,025	0,022
	avond	44	0,020	0,020	0,019
	nacht	44	0,012	0,013	0,012

3.2 Geprojecteerde woningen

Op basis van de metingen kan in eerste instantie worden geconcludeerd dat op dit moment met gemeten trillingsterkten tot 1,2 op de plek waar de parkeerkelder het dichtst bij het spoor is voorzien aldaar sprake is van zeer duidelijk voelbare trillingen in de bodem als gevolg van passerende treinen.

Ter plaatse van de dichtst bij het spoor voorziene toren (meetlocatie 1) is met waarden tot ca. 0,4 eveneens sprake van voelbare trillingen. Bij de verder van het spoor gelegen toren kunnen de huidige trillingen in de bodem bij sommige passages nog juist voelbaar zijn.

Om inzicht te krijgen in de trillingniveaus in toekomstige woningen dienen de nu in de bodem gemeten waarden in principe gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslinging in het gebouw. Deze opslinging kan in verticale richting veroorzaakt worden door (vrij overspannen) vloervelden en in horizontale richting kan de gebouwconstructie verder nog voor opslinging zorgen.

In het onderliggende geval zal, met name als het gaat om de gemeten waarden in locatie 2, nog sprake zijn van trillingafname in de kelderconstructie richting woontorens.

Bij de overgang van bodem naar fundament zal afhankelijk van de frequentie sprake zijn van een demping tot 10 dB (afname met factor 3). De opslinging van vloerdelen hangt af van eventuele samenvallende vloerresonanties met het excitatiespectrum van de treinpassages en kan 10 tot 15 dB (factor 3 tot 5) bedragen. De opslinging van de gebouwconstructie hangt af van eventuele samenvallende gebouwresonanties met het excitatiespectrum van de treinpassages en kan een factor 3 bedragen. De versterking als gevolg van de gebouwresonanties is op basis van onze ervaring met vergelijkbare projecten in het

algemeen beperkt tot het frequentiegebied van ca. 1 Hz tot ca. 16 Hz terwijl de versterking als gevolg van vloerresonanties in het algemeen beperkt is tot het frequentiegebied van ca. 8 tot 31,5 Hz.

Tabel 3.4 toont de op basis van bovenstaande te verwachten trillingsterkte.

t3.5 Te verwachten trillingsterkte in woningen

Te verwachten trillingsterkte [-]		
	horizontale XY richting	verticale Z richting
Meetlocatie 1	<0,2	0,3
Meetlocatie 2	0,4	0,3
Meetlocatie 3	<0,2	0,3

De in tabel 3.5 gegeven waarden kunnen worden gezien als worst case en kunnen optreden als bepaalde (nu nog niet bekende) constructieve eigenschappen op een ongunstige wijze samenvallen. Denk daarbij aan een aanstoting bij een frequentie waar het fundament slechts een lage demping levert terwijl bepaalde vloeren bij dezelfde frequentie juist een sterke opslingering (eigenfrequentie) vertonen. In de praktijk zal nagenoeg altijd sprake zijn van lagere trillingniveaus.

4 Toetsing

4.1 Toetsingskader

Zoals eerder aangegeven is bij de beoordeling aansluiting gezocht bij de richtlijn B 'Hinder voor personen in gebouwen' van de Stichting Bouwresearch (SBR B).

Tabel 4.1 toont de van toepassing zijnde streef- en grenswaarden conform de SBR B (nieuwe situaties, herhaald voorkomende trillingen).

t4.1 Overzicht streefwaarden conform SBR B

	dag en avond			nacht		
	A ₁ [-]	A ₂ [-]	A ₃ [-]	A ₁ [-]	A ₂ [-]	A ₃ [-]
woning	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

Volgens de SBR dient de maximale trillingssterkte $V_{\max}$ in eerste instantie getoetst te worden aan A₁. Indien hieraan voldaan wordt is sprake van een acceptabele situatie. Indien niet wordt voldaan aan A₁ dient de maximale trillingssterkte getoetst te worden aan A₂.

Bij overschrijding van A₂ is sprake van een conform de SBR hinderlijke situatie. In het geval dat wordt voldaan, dient de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor de betreffende ruimte (V_{per}) getoetst te worden aan A₃. Bij overschrijding van A₃ is wederom sprake van een conform de SBR hinderlijke situatie.

Opgemerkt wordt dat de streefwaarden van de SBR in principe geen wettelijke grenswaarden zijn.

Volledigheidshalve nog de kanttekening dat het voldoen aan de streefwaarden van de SBR niet inhoudt dat geen sprake zal zijn van voelbare trillingen. De waarde van 0,1 wordt normaliter gezien als de voelbaarheidsgrens. Een streefwaarde van $V_{\max}$ van 0,2 in woningen sluit derhalve niet uit dat bepaalde passages voelbaar kunnen zijn.

4.2 Toetsing

Voor woningen geldt een zogenaamde onderste streefwaarde A₁ van 0,1. Deze waarde wordt, gezien de worst case maximale trillingsterkte tot 0,4 in de geprojecteerde woningen, overschreden.

Bij overschrijding van de onderste streefwaarde wordt in eerste instantie toetsing aan de bovenste streefwaarde A₂ relevant. Omdat ook in de nacht sprake is van passerende treinen geldt een maatgevende A₂ van 0,2. Aan deze waarde zal juist worden voldaan zodat daarmee toetsing van de trillingsterkte V_{per} aan de orde is.

Hiervoor is de verwachte (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) in de woningen bepaald. De trillingsterkte $V_{\text{per,meet}}$ bedraagt worstcase 0,058 in de bodem. Uitgaande van een vergelijkbare verhouding als bij de maximale trillingsterkte tussen bodem en woning wordt een (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) in de woning verwacht van maximaal 0,03 waarmee wordt voldaan aan de streefwaarde A_3 van 0,05.

Met een worst case verwachte trillingsterkte V_{max} in de geprojecteerde woningen van maximaal ca. 0,4 bij een na te streven waarde van 0,2 voor nieuwe situaties en een (gemiddelde) trillingsterkte die voldoet kan worden geconcludeerd dat in de woningen een reductiedoelstelling met circa een factor 2 aan de orde is.

Gezien onze ervaring met vergelijkbare projecten dient te worden opgemerkt dat een dergelijke doelstelling als zeer wel realiseerbaar kan worden gekwalificeerd.

De exacte maatregelen kunnen pas in een later stadium worden gedimensioneerd waarbij middels nadere dynamische berekeningen van de constructie ter eerste een nauwkeuriger prognose kan worden gegeven en ook mogelijke maatregelen kunnen worden doorgerekend.

Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat de verwachte trillingsterkten wel voldoen aan de streefwaarden die voor bestaande bouw in de SBR B zijn opgenomen.

5 Conclusie

Op basis van de verrichte metingen kan worden geconcludeerd dat de in het kader van trillinghinder in woningen na te streven waarden zoals aangegeven in de Richtlijn deel B "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" van de Stichting Bouwresearch (SBR) van augustus 2006 zullen worden overschreden.

Op basis van ervaring wordt de situatie beoordeeld zeer wel oplosbaar. De exacte maatregelen kunnen pas in een later stadium worden gedimensioneerd. Middels maatregelen kan een acceptabel woonklimaat worden gewaarborgd zodat qua trillingen geen belemmeringen bestaan om het bestemmingsplan vast te stellen.

Mook,

Dit rapport bevat 19 pagina's