



Buitenstad te Hoorn

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

Buitenstad te Hoorn

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

opdrachtgever STED Project 5 BV
rapportnummer H 7766-4-RA-002
datum 10 oktober 2025
referentie LL/EdV//H 7766-4-RA-002
verantwoordelijke ing. 5.1.2e
opsteller ing. 5.1.2e
+31 858228663
5.1.2e@peutz.nl

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	14
4	Toetsing	16
4.1	Toetsingskader	16
4.2	Toetsing	16
5	Conclusie	18

1 Inleiding

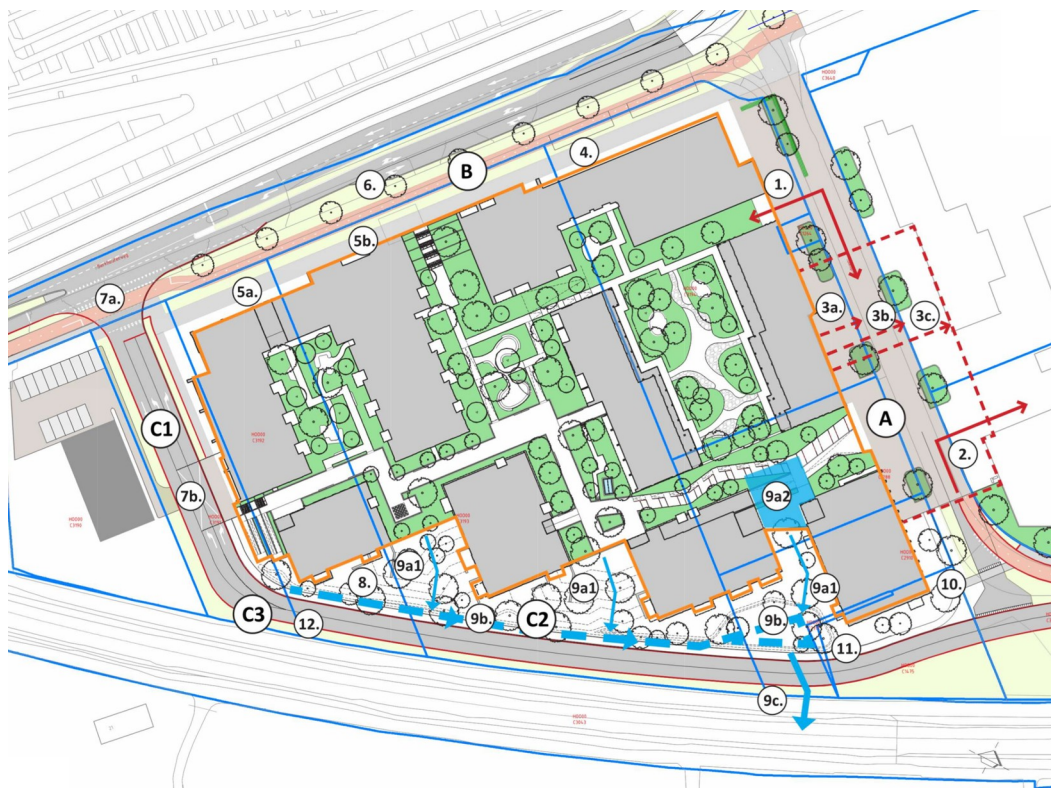
In opdracht van STED Project 5 BV is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in geprojecteerde woningen van het woningbouwplan Buitenstad aan de Berkhouterweg te Hoorn. Het onderzoek dient ter onderbouwing van een planologische procedure.

Het bouwplan is gesitueerd tot op ca. 20 m afstand van de spoorlijn Heerhugowaard-Hoorn en Zaandam-Hoorn-Enkhuizen. Deze afstand ligt ruim binnen het standaard aandachtsgebied waar conform de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen van het Ministerie van I & W van mei 2019 nader onderzoek naar trillinghinder wenselijk is.

Binnen het bouwplan zijn meerdere appartementencomplexen voorzien.

Figuur 1.1 toont het bouwplan (op begane grondniveau).

f1.1 Situering bouwplan



Figuur 1.2 toont de situering van het bouwplan ten opzichte van de nabijgelegen sporen.

f1.2 Situering plangebied (rood) ten opzichte van nabijgelegen (spoor)wegen



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.

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 5 tot en met 15 november 2021 zijn binnen het plangebied onbemande trillingmetingen in de bodem verricht. Op beide meetlocaties is langer dan één week gemeten zodat de meettijd voldoet aan de Handreiking en de meetresultaten representatief geacht mogen worden.

De trillingmetingen zijn verricht ter hoogte van de dichtstbij het spoor gelegen geprojecteerde gevel. Hierbij wordt opgemerkt dat het huidige ontwerp afwijkt van het ontwerp ten tijde van de metingen (november 2021). De dichtstbij het spoor gelegen gevel ligt nu een paar meter dichters het spoor. Bij het uiteindelijke resultaat is hiermee rekening gehouden. Figuur 2.1 toont de ligging van de meetlocaties.

f2.1 Ligging meetlocaties



Hierbij 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 MR3000C. Analyses zijn uitgevoerd met evaluatiesoftware, fabrikaat Ziegler Consultants, type VIEW2002.

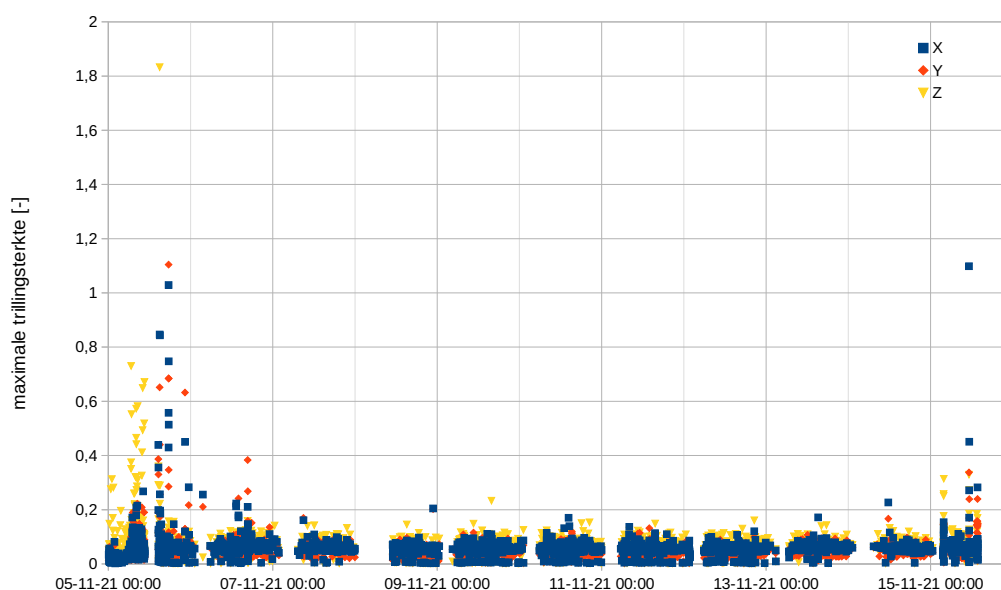
2.3 Meetresultaten

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 seconde wordt bepaald.

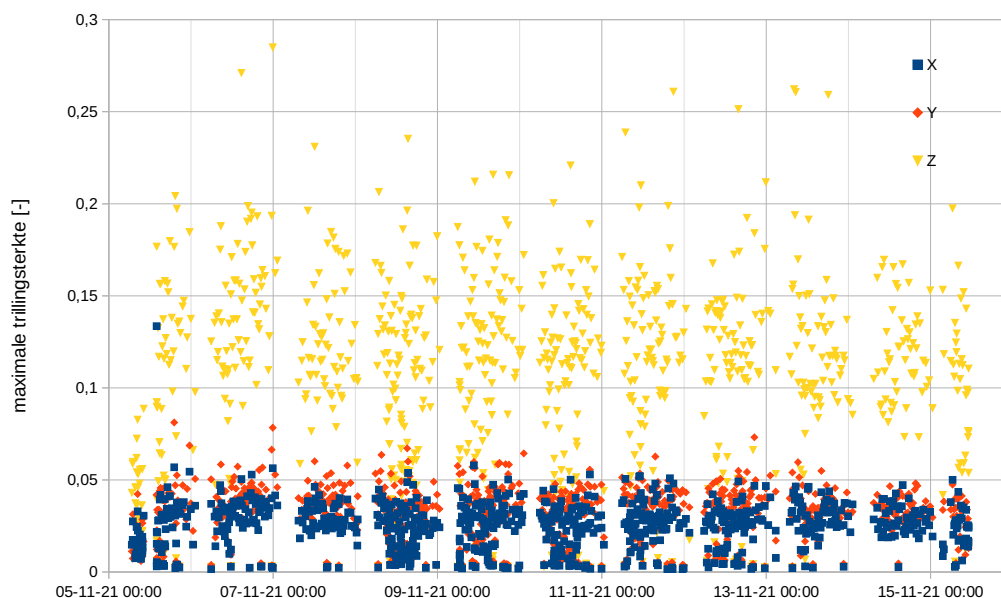
De onbemande metingen die verricht zijn in de bodem geven inzicht in de optredende trillingen over langere tijd.

Figuur 2.2 en 2.3 tonen een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ in horizontale (X en Y) en verticale richting (Z) ter plaatse van respectievelijk meetlocatie 1 en 2. De getoonde resultaten zijn nog inclusief mogelijke verstoringen.

f2.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem (meetlocatie 1)



f2.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem (meetlocatie 2)



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

De resultaten in meetlocatie 1 (zie figuur 2.2) laten zien dat vooral aan het begin en het eind van de meting veel verstoringen zijn opgetreden. Naar verwachting komen deze verstoringen door activiteiten van het autobedrijf dat nog aanwezig is op het betreffende perceel.

3 Beoordeling

3.1 Metingen

Tabel 3.1 toont voor meetlocatie 1 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
06-11-21 14:42	0,12	0,10	0,12
06-11-21 23:34	0,08	0,08	0,13
06-11-21 23:52	0,09	0,08	0,08
10-11-21 14:21	0,05	0,06	0,07
12-11-21 20:33	0,12	0,10	0,16

Tabel 3.2 toont op vergelijkbare wijze voor locatie 2 de 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.

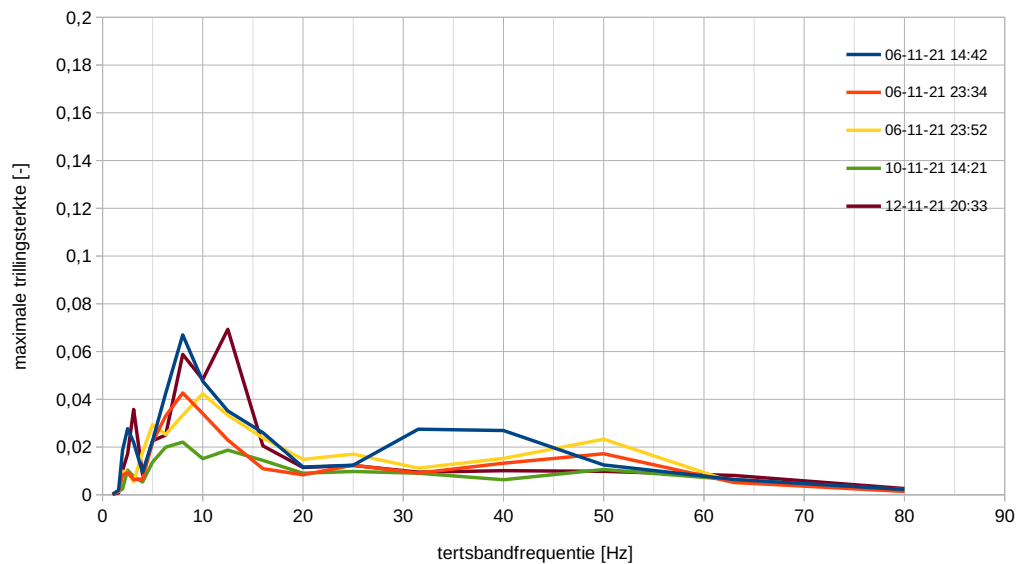
t3.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, locatie 2

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
06-11-21 14:42	0,05	0,05	0,27
06-11-21 23:52	0,06	0,08	0,28
11-11-21 20:52	0,05	0,04	0,26
13-11-21 08:07	0,04	0,04	0,26
13-11-21 08:36	0,05	0,05	0,26

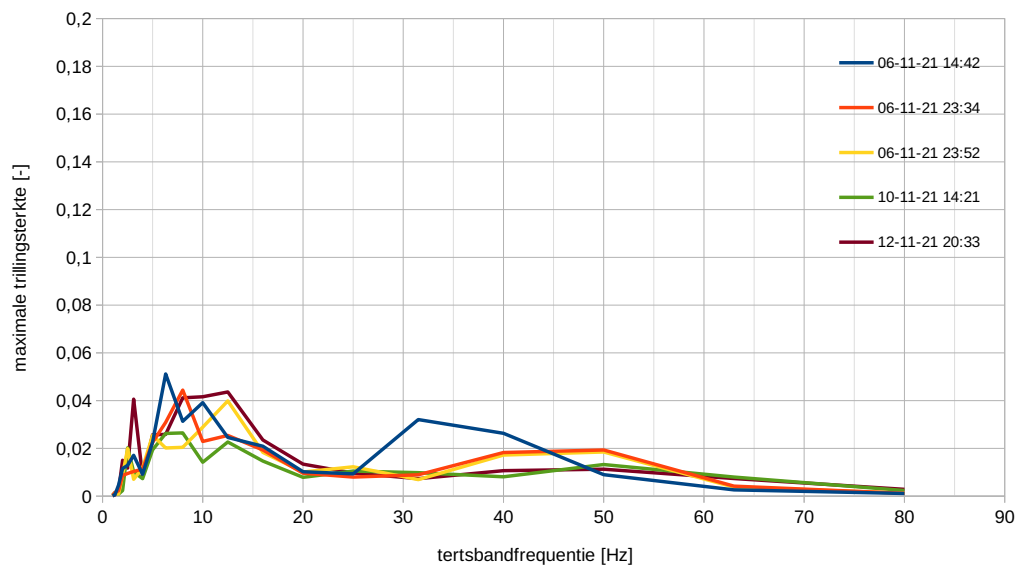
Ten behoeve van een beoordeling dient naast de hoogte van de trillingniveaus inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud van de optredende trillingsterktes.

Figuren 3.1, 3.2 en 3.3 tonen de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 1. Figuur 3.1 toont de spectrale verdeling in de horizontale X richting, figuur 3.2 toont de spectrale verdeling in horizontale Y richting en figuur 3.3 toont de spectrale verdeling in verticale Z richting.

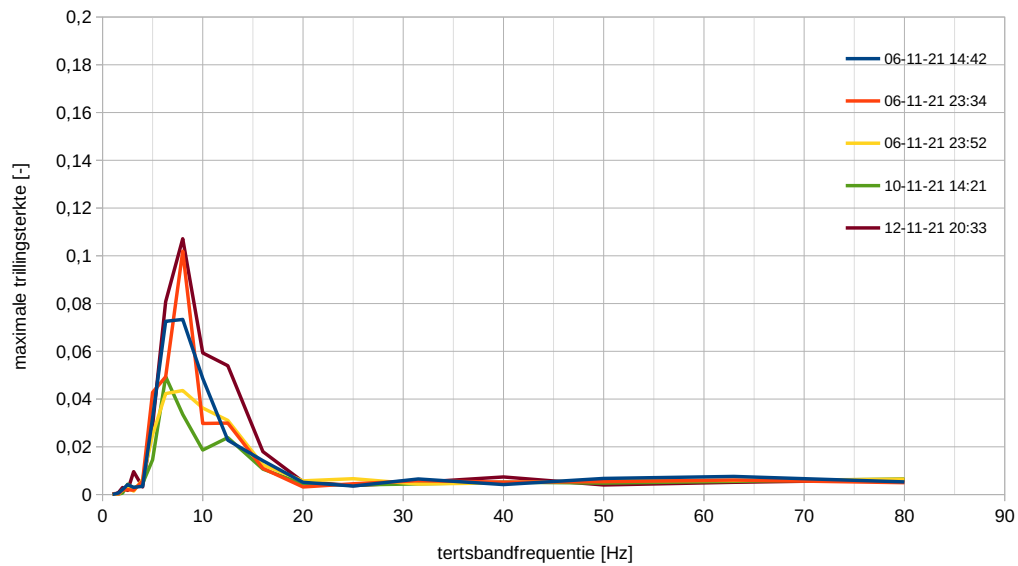
f3.1 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting) in locatie 1



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



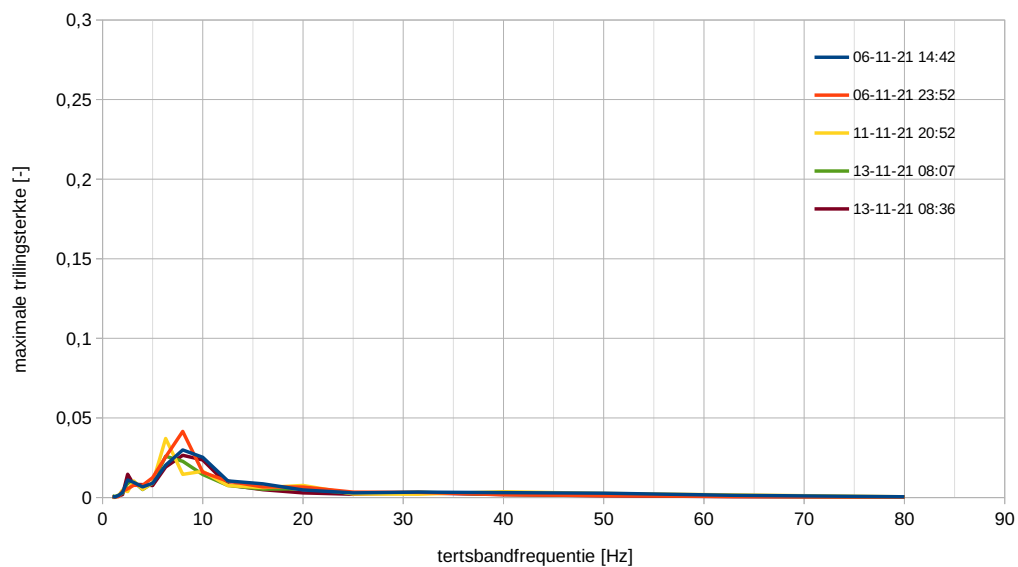
f3.3 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 1



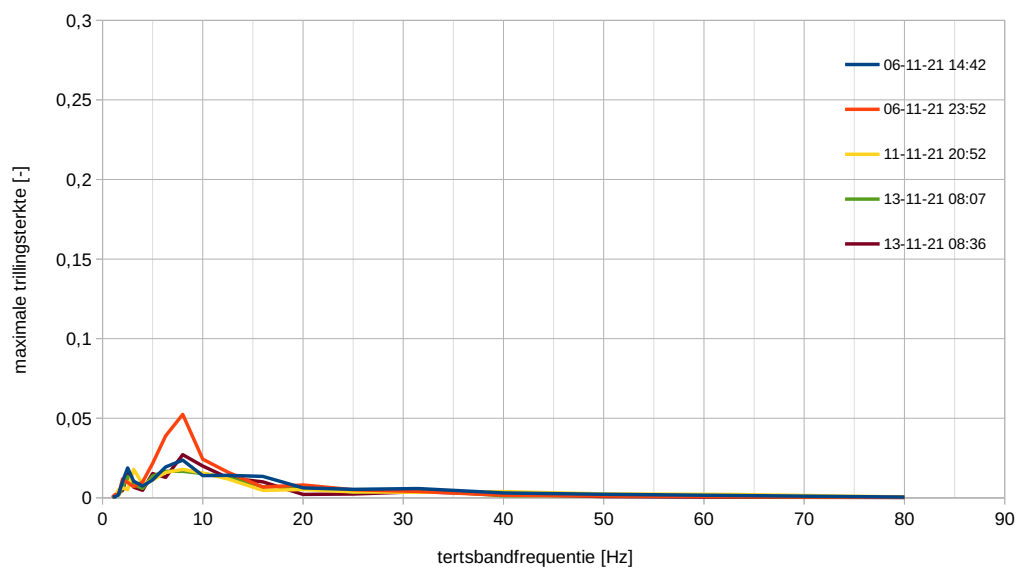
De figuren tonen dat als gevolg van een treinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus tussen 5 en 12,5 Hz in verticale richting. In horizontale x- en y-richting is sprake van gering lagere trillingniveaus waarbij met name het frequentiegebied tussen 8 en 12,5 Hz relevant is.

Figuren 3.4, 3.5 en 3.6 tonen op vergelijkbare wijze de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 2.

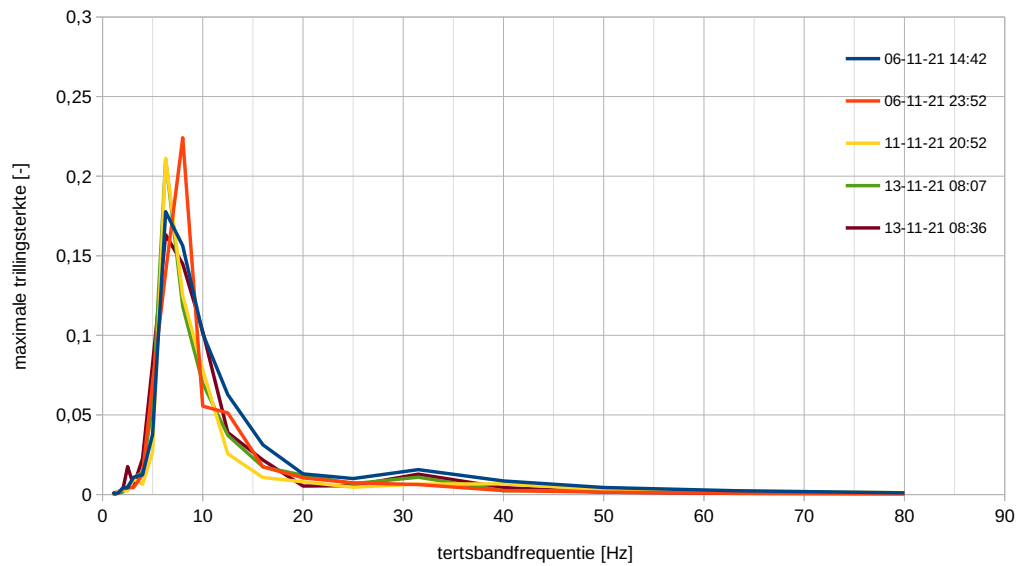
f3.4 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting) in locatie 2



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 tussen 6 en 8 Hz in verticale z-richting. In horizontale x- en y-richting is sprake van aanzienlijk lagere niveaus.

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 (V_{per}) is bepaald op basis van de metingen. Tabel 3.3 toont het gemiddelde per etmaalperiode (dag, avond en nacht).

t3.3 Gemiddelde van de maximale trillingsterktes, in de bodem

		Aantal treinpassages	Trillingsterkte over de beoordelingsperiode ($V_{per,meet}$) in de bodem		
			X	Y	Z
locatie 1	dag	162	0,02	0,02	0,02
	avond	30	0,01	0,01	0,02
	nacht	40	0,01	0,01	0,01
locatie 2	dag	87	0,02	0,02	0,06
	avond	18	0,01	0,02	0,05
	nacht	17	0,01	0,01	0,03

3.2 Geprojecteerde woningen

In eerste instantie wordt gewezen op de constatering dat met gemeten trillingsterkten tot 0,3 op de meetlocaties op dit moment sprake is van voelbare trillingen in de bodem als gevolg van passerende treinen. Op plek waar de dichtst bij het spoor gelegen woningen komen, die ca. 2 m dichterbij het spoor liggen dan de gehanteerde meetlocaties, zal nog steeds sprake zijn van een trillingsterkte tot 0,3.

Om inzicht te krijgen in de trillingniveaus in de 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.

Binnen het plan komen meerdere appartementencomplexen. 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 eveneens een

factor 3 tot 5 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. 4 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 te verwachten trillingsterkte.

t3.4 Te verwachten trillingsterkte in woningen

Te verwachten trillingsterkte [-]		
	horizontale XY richting	verticale Z richting
locatie 1	0,2	0,4
locatie 2	0,2	0,8

De in tabel 3.4 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 damping levert terwijl bepaalde vloeren bij dezelfde frequentie juist een sterke opslinging (eigenfrequentie) vertonen. In de praktijk zal nagenoeg altijd sprake zijn van lagere trillingniveaus.

Indien in het ontwerp vloerfrequenties van 8 Hz worden vermeden zal op locatie 2 de te verwachten trillingsterkte tot 0,4 bedragen in plaats van de in tabel 3.4 getoonde 0,8.

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 0,8 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. Deze waarde wordt ook overschreden.

Volledigheidshalve is ook de verwachte (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) in de woningen bepaald. De trillingsterkte $V_{per,meet}$ bedraagt worstcase 0,06 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 0,16 en daarmee hoger dan de streefwaarde A_3 van 0,05.

Met een worst case verwachte trillingsterkte V_{max} in de geprojecteerde woningen van maximaal ca. 0,8 bij een na te streven waarde van 0,2 en een verwachte (gemiddelde) trillingsterkte van ca. 0,16 bij een na te streven waarde van 0,05 kan worden geconcludeerd dat in de woningen een reductiedoelstelling met circa een factor 4 aan de orde is. Gezien onze ervaring met vergelijkbare projecten kan worden gesteld dat een dergelijke doelstelling als technisch realiseerbaar kan worden gekwalificeerd.

Het nieuwbouwplan bestaat uit een parkeerkelder met daarop de nu beschouwde appartementen die dichtbij het spoor zijn gelegen maar ook appartementen die op grotere afstand tot het spoor zijn gelegen. In principe geldt voor de appartementen op grotere afstand tot het spoor dat de trillingsterkte altijd lager zal zijn dan de berekende trillingsterkte tot 0,8. Een nauwkeurige voorspelling van deze trillingsterkte kan in principe alleen met behulp van een zogenaamde Eindig Elementen Methode rekenmodel omdat de trillingsoverdracht via een parkeergarage vrij onvoorspelbaar is.

Hierbij wordt een 3D rekenmodel gemaakt van de gehele bouwkundige constructie (parkeergarage en appartementen) inclusief omliggende bodem. Aanstoting en bodem worden dan gebaseerd op de trillingmetingen ter plaatse aangevuld met bodemeigenschappen ontleend aan sonderingen. Het gebouw wordt op basis van de dan beschikbare bouwkundige en constructieve opzet gemodelleerd. Zo kunnen in eerste aanleg de te verwachten trillingen in alle appartementen meer in detail in kaart gebracht worden en kunnen vervolgens ook eventuele maatregelen worden doorgerekend.

Dergelijke berekeningen zijn evenwel pas mogelijk en zinvol indien de opbouw van de woningen verder bekend is en zullen derhalve normaliter pas in een later stadium verricht kunnen worden.

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 als technisch oplosbaar. De exacte maatregelen kunnen pas in een later stadium worden gedimensioneerd. Middels deze maatregelen kan een acceptabel woonklimaat worden gewaarborgd zodat qua trillingen geen belemmeringen bestaan om het omgevingsplan te wijzigen.

Mook,

Dit rapport bevat 18 pagina's

5.1.2e



Legenda toegepaste uitzonderingsgrondslagen

In dit document zijn gegevens definitief geanonimiseerd op grond van:

Wet	Artikel	Omschrijving	Pagina's
Wet open overheid	Art. 5.1 lid 2 sub e	De eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer	2, 18