



Stationsomgeving Best

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer



Stationsomgeving Best

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

opdrachtgever BRO
rapportnummer O 17112-2-RA
datum 19 maart 2024
referentie LL/EdV//O 17112-2-RA
verantwoordelijke ing. L.F.M. Lemmers
opsteller ing. E. de Vries
 +31 24 3570763
 e.devries@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	7
2.1	Algemeen	7
2.2	Meetinstrumenten	8
2.3	Meetresultaten	8
3	Becoördeling	11
3.1	Metingen	11
3.2	Geprojecteerde trillinggevoelige gebouwen	19
4	Toetsing	21
4.1	Toetsingskader	21
4.2	Toetsing	21
5	Conclusie	23

1 Inleiding

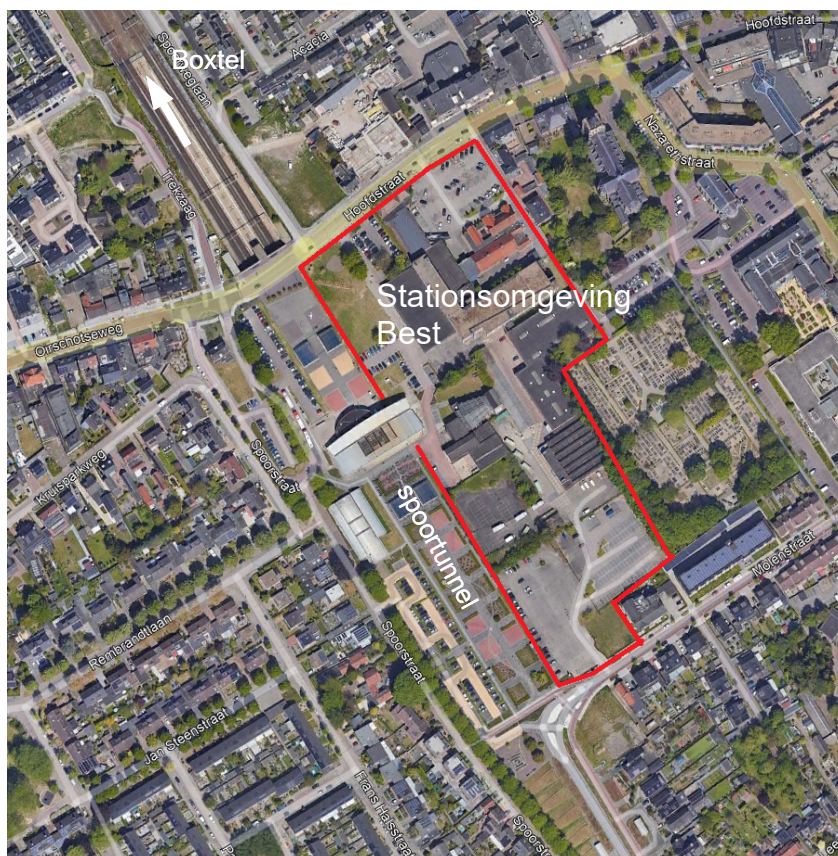
In opdracht van Bro advies- en ontwerp bureau te Boxtel is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in geprojecteerde nieuwbouw van het nieuwbouwplan 'Stationsomgeving' te Best.

Het plan, gesitueerd op zeer korte afstand van door Best lopende spoortunnel, voorziet o.a. in de bouw van een 600-tal appartementen.

De afstand tot het spoor (tunnelbak) ligt met ca. 15 m ruim binnen het standaard aandachtsgebied van 100 m waar conform de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen van het Ministerie van I & W van mei 2019 nader onderzoek naar trillinghinder wenselijk is.

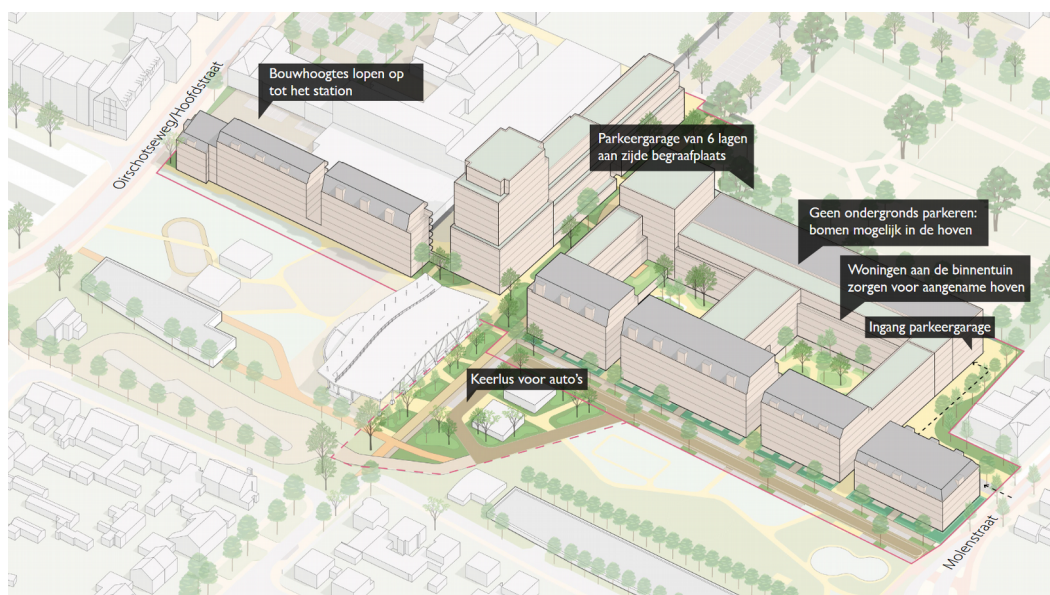
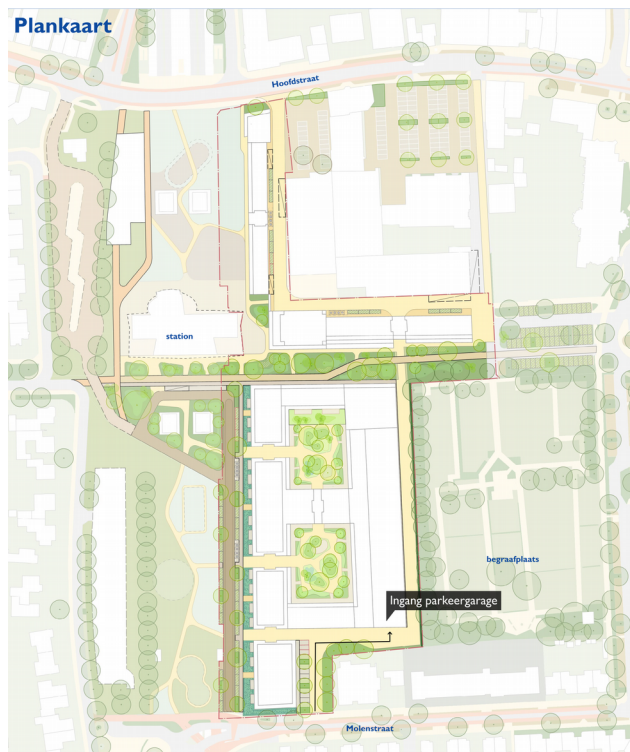
Figuur 1.1 toont de situering van het betreffende terrein ten opzichte van de nabijgelegen spoortunnel.

f1.1 Stationsomgeving Best



Figuur 1.2 toont de plankaart.

f1.2 Plankaart





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

Voor de beoordeling van de in de woningen 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

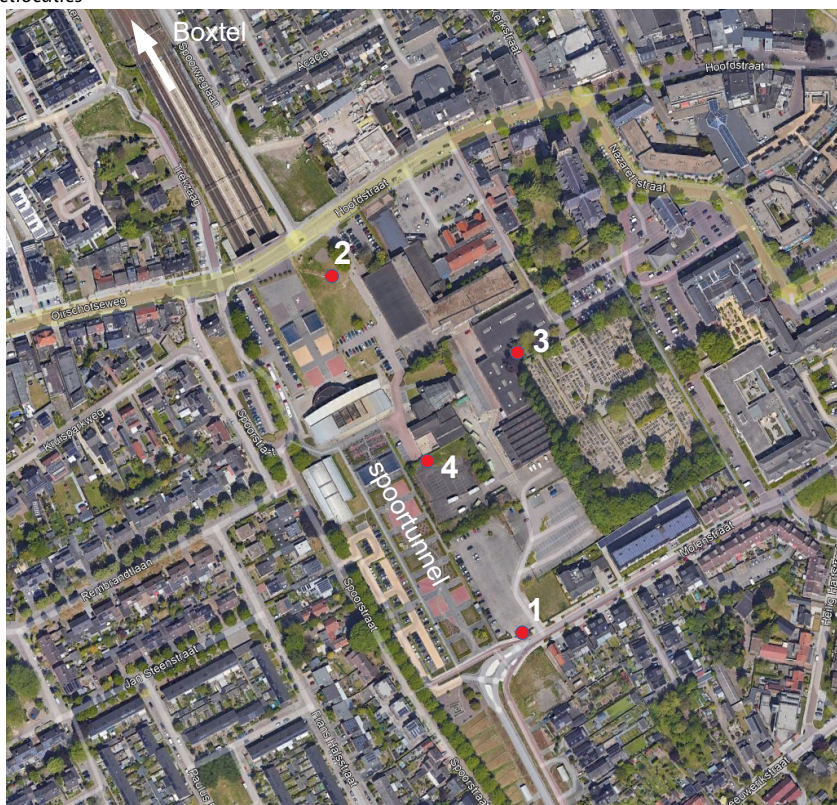
2.1 Algemeen

De metingen hebben tot doel inzicht te verkrijgen met betrekking tot de trillingniveaus vanwege railverkeer. Ter hoogte van het bouwplan is sprake van een spoortunnel met 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 15 februari tot en met 1 maart 2024 zijn binnen het plangebied onbemande trillingmetingen in de bodem verricht op een viertal locaties. Daarbij is per locatie minimaal één week gemeten zodat de meettijd voldoet aan de Handreiking en de meetresultaten representatief geacht mogen worden. De trillingmetingen zijn verricht ter hoogte van onder andere de dichtstbij het spoor gelegen geprojecteerde gevel.

Figuur 2.1 toont de ligging van de meetlocaties 1 t/m 4.

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

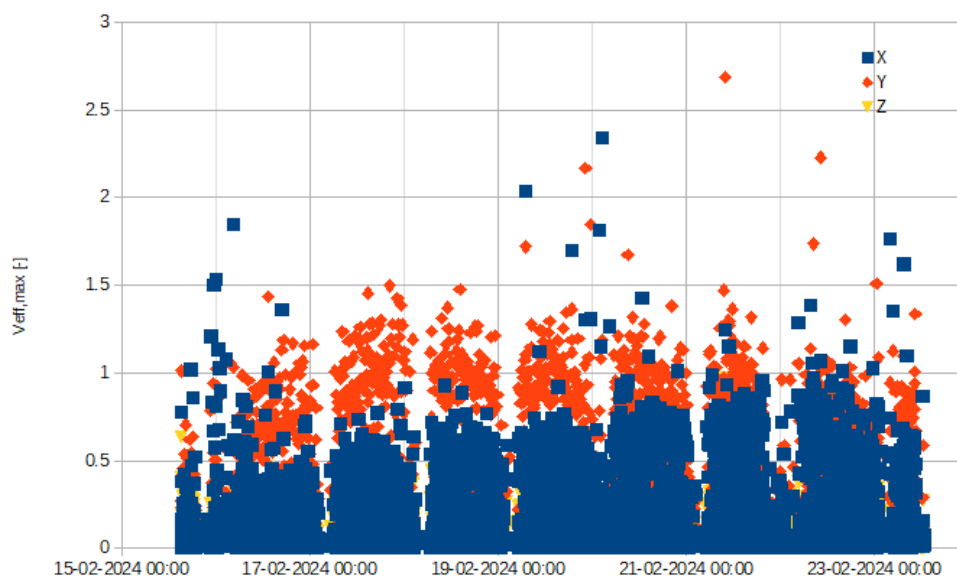
De metingen zijn uitgevoerd met behulp van trillingmeetsystemen, fabrikaat SYSCOM, type MR2002-CE. Analyses zijn uitgevoerd met evaluatiesoftware, fabrikaat Ziegler Consultants, type VIEW2002.

2.3 Meetresultaten

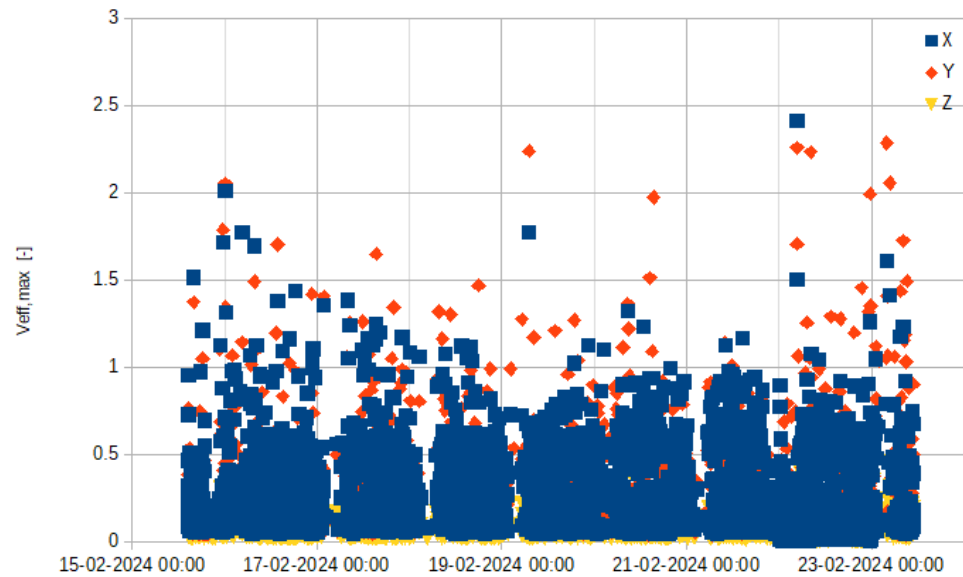
Voor de beoordeling in relatie tot mogelijke trillinghinder is de maximale trillingsterkte $V_{\max}$ (dimensieloos) bepaald overeenkomstig SBR richtlijn B (De conform SBR B gewogen waarde over het frequentiegebied van 1 tot 80 Hz). Conform deze richtlijn geldt dat de grootste trillingsterkte in een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

De onbemande metingen die verricht zijn in de bodem geven inzicht in de optredende trillingen over langere tijd. Figuur 2.2 tot en met 2.5 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 t/m 4.

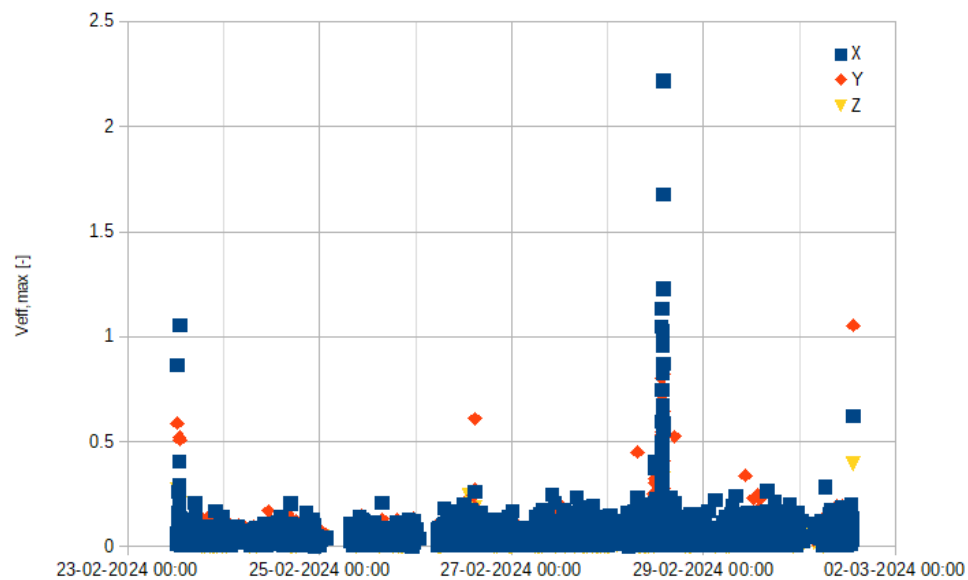
f2.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie 1



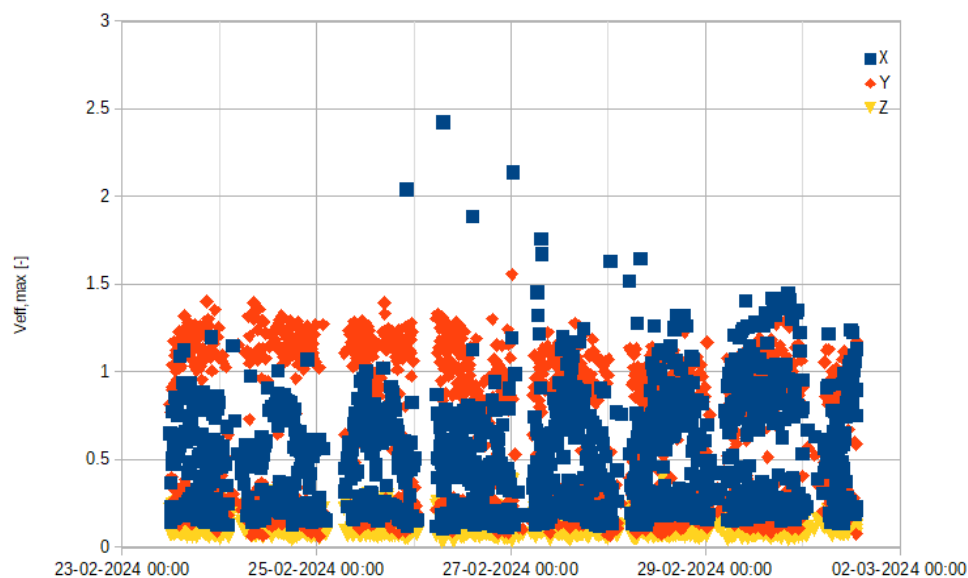
f2.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie 2



f2.4 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie 3



f2.5 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie 4



De getoonde resultaten zijn nog inclusief verstoringen. Met name op meetlocatie 3 (nabij kerkhof), zijn de metingen verstoord geweest. De oorsprong hiervan zijn waarschijnlijk bouwwerkzaamheden in de buurt.

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

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, meetlocatie 1

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
19-02-2024 07:06	2,0	1,7	0,4
19-02-2024 22:20	1,3	2,2	0,5
20-02-2024 02:32	2,3	1,2	0,2
21-02-2024 10:00	1,2	2,7	1,0
22-02-2024 10:20	1,1	2,2	0,4

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, meetlocatie 2

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
19-02-2024 07:06	1,8	2,2	0,3
22-02-2024 04:38	2,4	2,3	0,5
22-02-2024 08:12	0,7	2,2	0,3
23-02-2024 03:56	1,6	2,3	0,5
23-02-2024 04:49	1,4	2,1	0,3

Tabel 3.3 toont op vergelijkbare wijze voor locatie 3 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.

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

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
23-02-24 19:54	0,1	0,1	0,1
26-02-24 07:10	0,1	0,1	0,1
26-02-24 14:23	0,1	0,1	0,1
27-02-24 00:28	0,1	0,1	0,1
01-03-24 06:27	0,3	0,1	0,1

Tabel 3.4 toont op vergelijkbare wijze voor locatie 4 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.

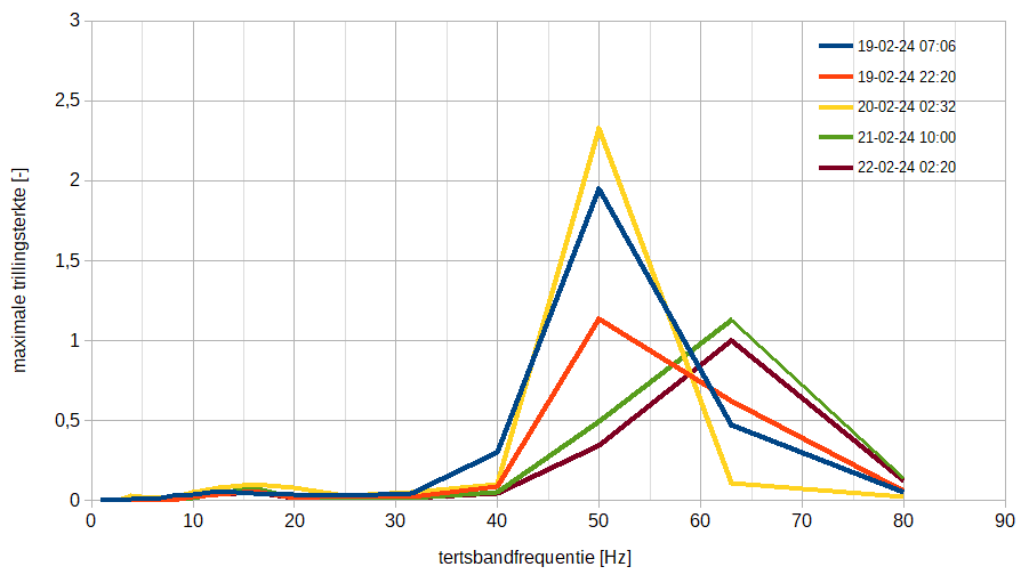
t3.4 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie 4

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
25-02-2024 22:12	2,0	0,6	0,4
26-02-2024 07:10	2,4	0,8	0,3
26-02-2024 14:23	1,9	0,8	0,4
27-02-2024 00:28	2,1	0,8	0,4
27-02-2024 07:23	1,8	1,0	0,3

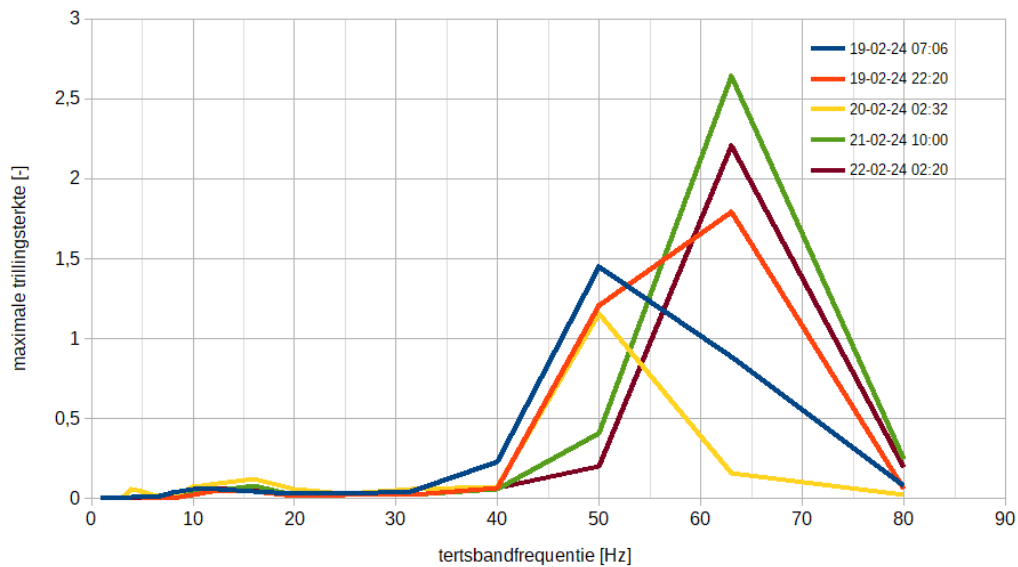
Ten behoeve van een beoordeling dient naast de hoogte van de trillingniveaus inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud van de optredende trillingsterktes.

Figuren 3.1, 3.2 en 3.3 tonen de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages ter plaatse van 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.

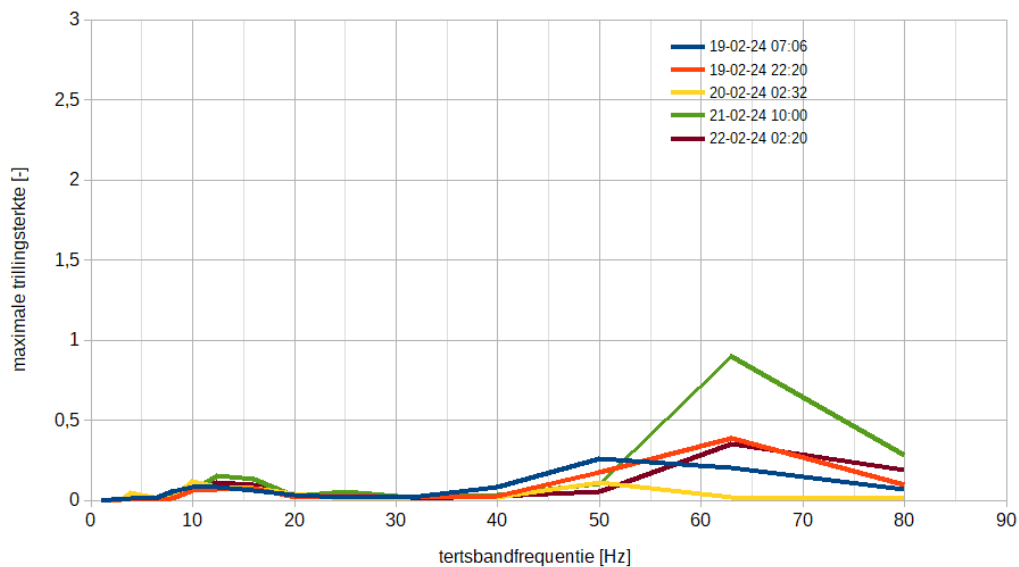
f3.1 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting), meetlocatie 1



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



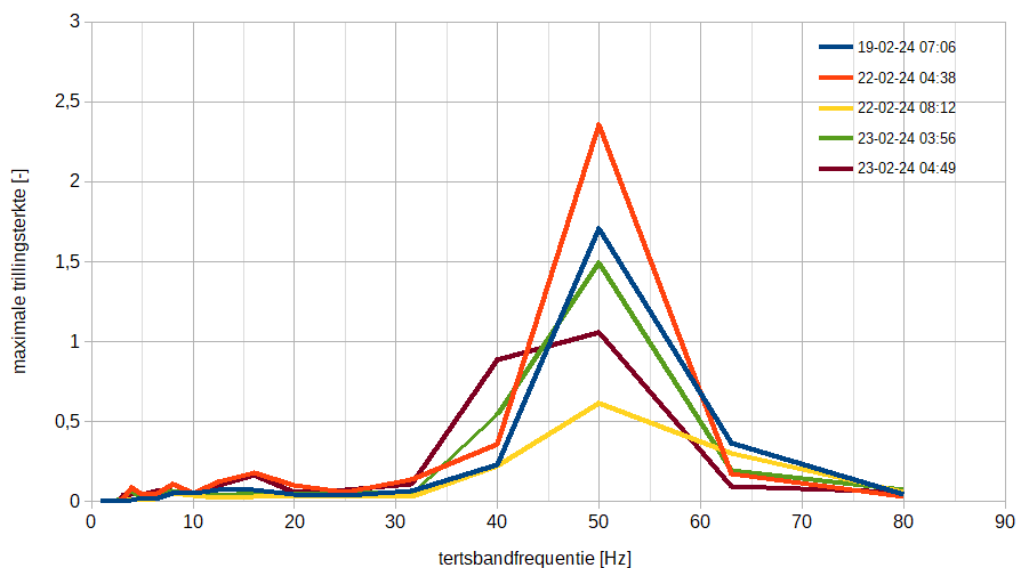
f3.3 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting), meetlocatie 1



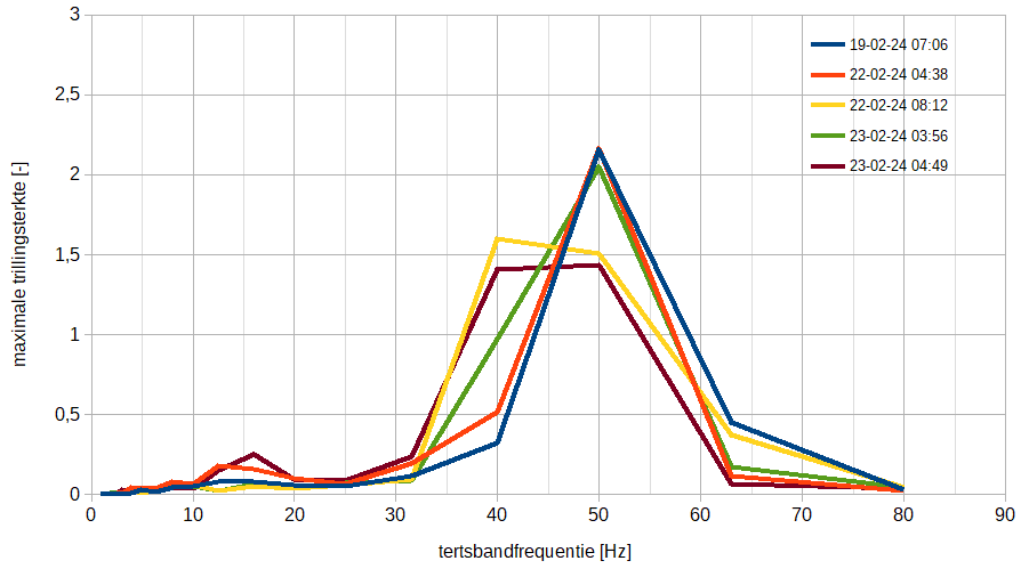
De figuren tonen dat als gevolg van treinpassages sprake is van verhoogde trillingniveaus bij 50 en 63 Hz in horizontale richting. In verticale richting is sprake van aanzienlijke lagere trillingniveaus.

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

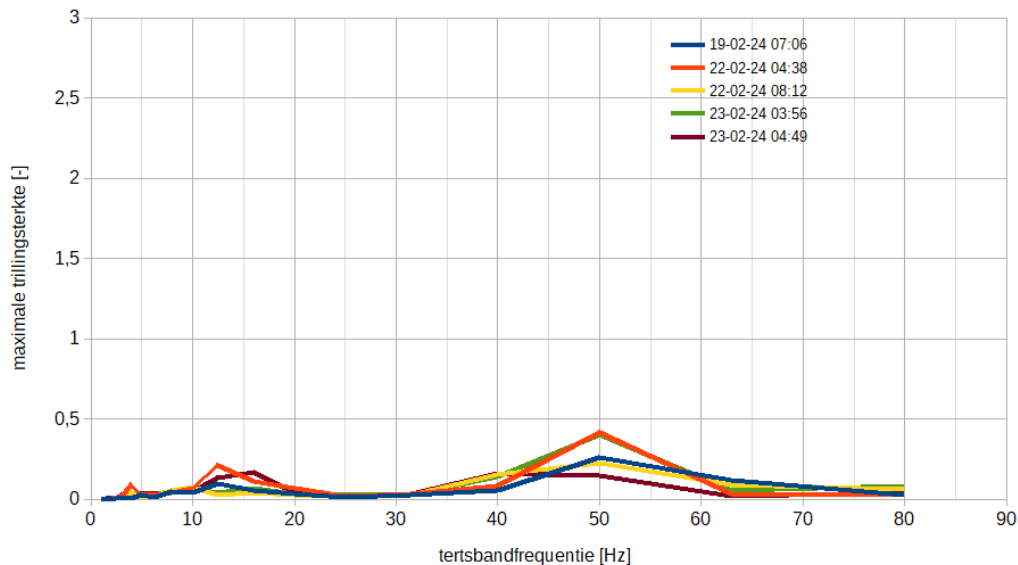
f3.4 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting), meetlocatie 2



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



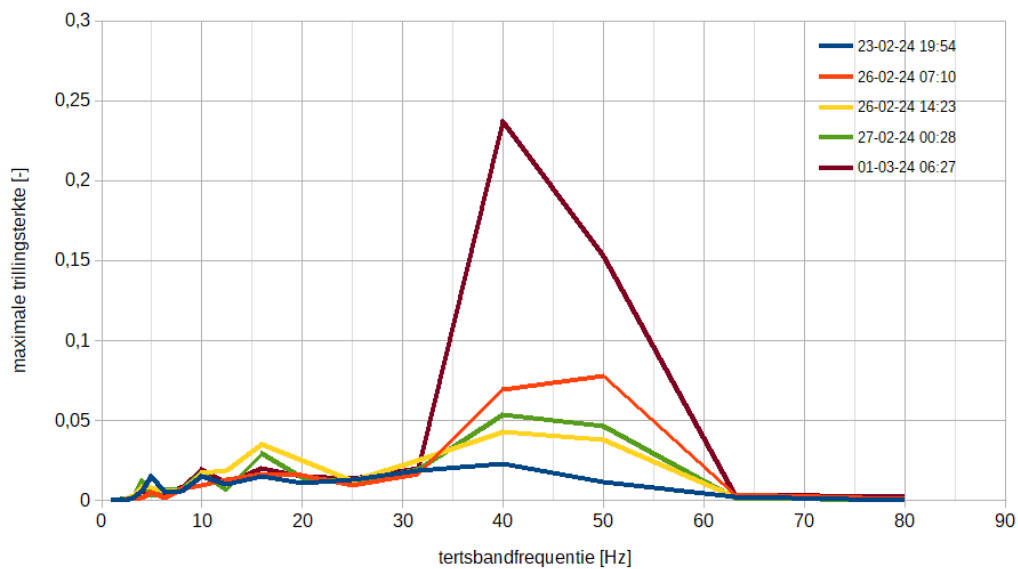
f3.6 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting), meetlocatie 2



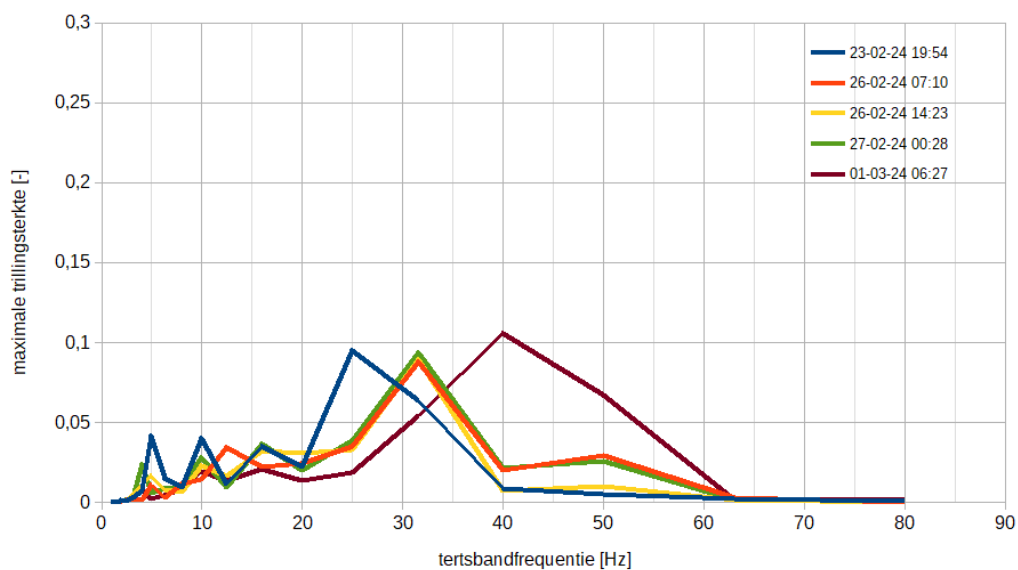
De figuren tonen dat als gevolg van treinpassages sprake is van verhoogde trillingniveaus bij 40 en 50 Hz in horizontale richting. In verticale richting is wederom sprake van aanzienlijke lagere trillingniveaus.

Figuren 3.7, 3.8 en 3.9 tonen op vergelijkbare wijze de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 3.

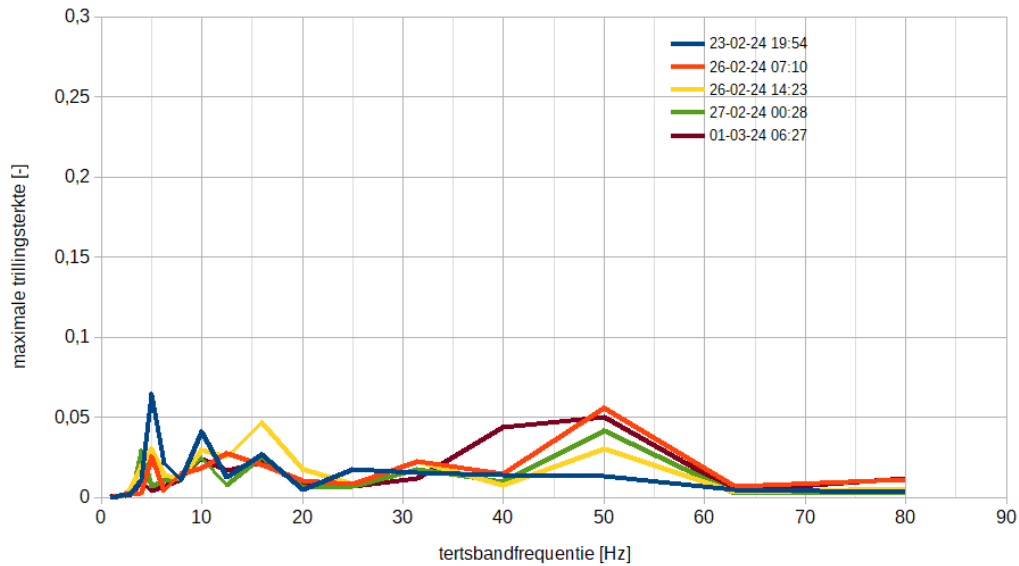
f3.7 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting), meetlocatie 3



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



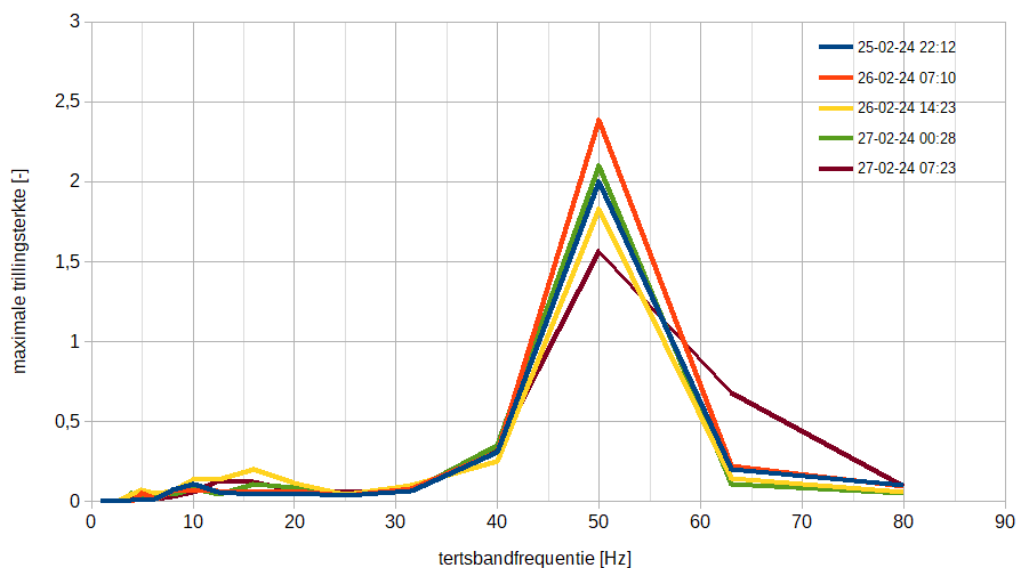
f3.9 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting), meetlocatie 3



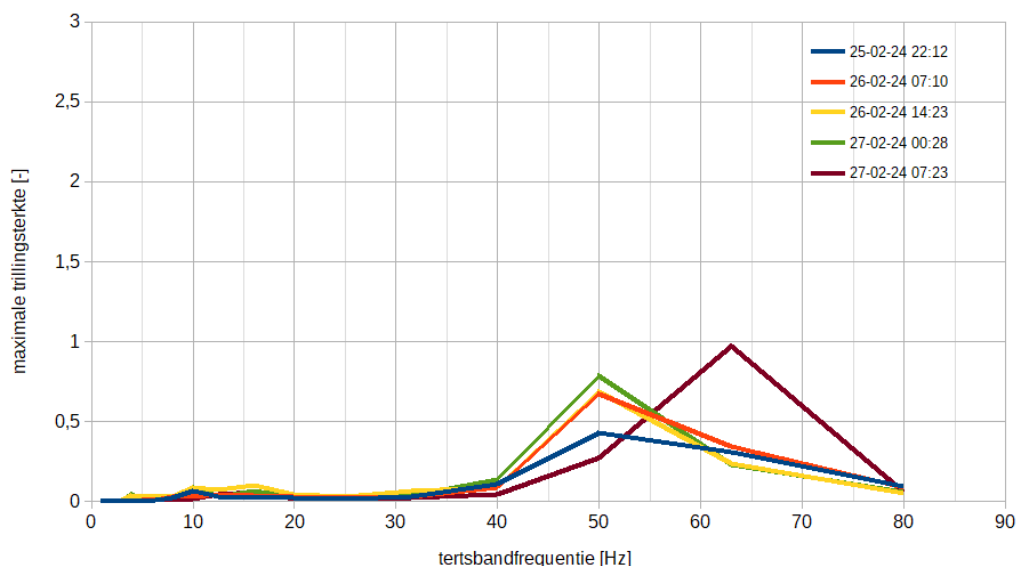
De figuren tonen dat als gevolg van treinpassages sprake is van verhoogde trillingniveaus bij met name 40 en 50 Hz in de horizontale x-richting. In de horizontale y-richting en verticale z-richting is sprake van lagere trillingniveaus.

Figuren 3.10, 3.11 en 3.12 tonen op vergelijkbare wijze de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages in meetlocatie 4.

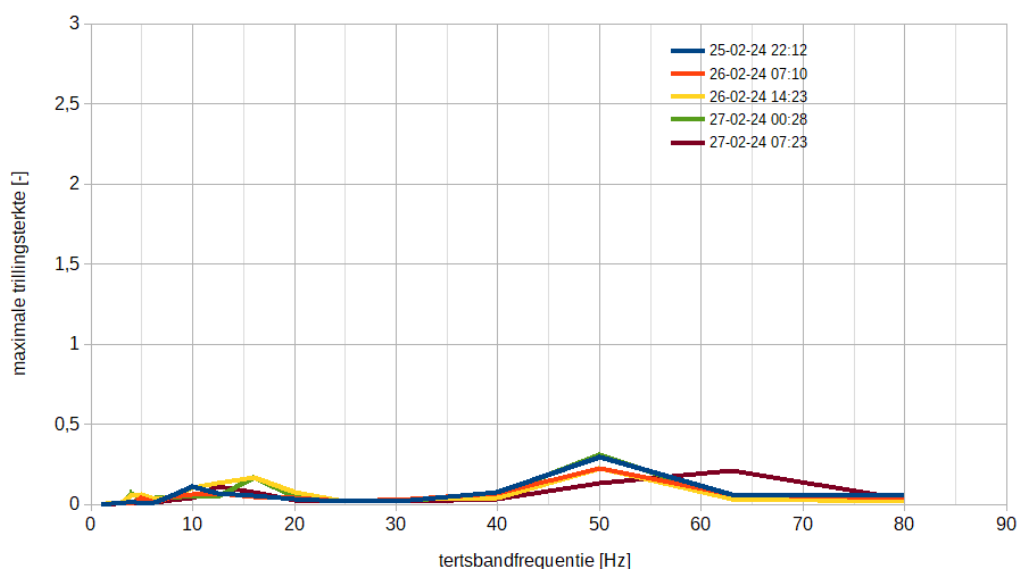
f3.10 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting), meetlocatie 4



f3.11 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting), meetlocatie 4



f3.12 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting), meetlocatie 4



De figuren tonen dat als gevolg van treinpassages sprake is van verhoogde trillingniveaus bij met name 50 en 63 Hz in de horizontale richtingen. In de verticale z-richting is sprake van aanzienlijk lagere trillingniveaus.

Teneinde de (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) in de woning te kunnen berekenen is de (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) in de bodem bepaald.

Tabel 3.5 toont voor de verschillende meetlocaties het gemiddelde per etmaalperiode (dag, avond en nacht).

t3.5 Gemiddelde trillingsterkte in de bodem

		Gemiddelde trillingsterkte (V _{per}) in de bodem		
		X	Y	Z
locatie 1	dag	0,189	0,275	0,088
	avond	0,146	0,223	0,072
	nacht	0,133	0,154	0,050
locatie 2	dag	0,204	0,195	0,072
	avond	0,153	0,147	0,054
	nacht	0,131	0,126	0,039
locatie 3	dag	0,031	0,035	0,013
	avond	0,023	0,022	0,010
	nacht	0,017	0,015	0,007
locatie 4	dag	0,222	0,279	0,064
	avond	0,172	0,243	0,053
	nacht	0,119	0,155	0,035

3.2 Geprojecteerde trillinggevoelige gebouwen

In eerste instantie wordt gewezen op de constatering dat met gemeten trillingsterkten tot 2,4 op de plek waar de woningen komen op dit moment sprake is van duidelijk voelbare trillingen in de bodem als gevolg van passerende treinen. Het beeld, met hoge trillingniveaus in combinatie met relatief hoge frequenties, komt overeen met eerder verrichte trillingmetingen op andere locaties in Best in de directe nabijheid van de spoortunnel.

Om inzicht te krijgen in de trillingniveaus in de 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 verschillende gebouwen. De eerstelijnsbebouwing vanaf het spoor bestaat uit gebouwen met minimaal 4 bouwlagen. 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 3.6 toont de te verwachten trillingsterkte.

t3.6 *Te verwachten trillingsterkte in woningen*

Te verwachten trillingsterkte [-]		
Locatie	horizontale XY richting	verticale Z richting
1	0,8	0,4
2	0,8	0,4
3	0,1	0,1
4	0,8	0,4

De in tabel 3.6 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.

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 gemiddelde trillingsterkte V_{per} bedraagt worstcase 0,28 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 0,089 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 (gemiddelde) trillingsterkte van maximaal 0,089 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 dient te worden opgemerkt dat een dergelijke doelstelling als technisch kritisch maar nog wel realiseerbaar kan worden gekwalificeerd.

De daadwerkelijk te treffen maatregelen kunnen pas in een later stadium worden bepaald als de constructieve uitwerking bekend is.

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 kritisch maar nog 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 toepassing zijnde omgevingsplan te wijzigen.

Dit rapport bevat 23 pagina's

Mook,

