



Herontwikkeling Spoorzone Zwolle

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

Concept



Herontwikkeling Spoorzone Zwolle

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

Concept

opdrachtgever	NS Stations
rapportnummer	O 16621-4-RA-001
datum	30 maart 2023
referentie	TKe/LL//O 16621-4-RA-001
verantwoordelijke	ir. A.C.R. Kessen
opsteller	ing. L.F.M. Lemmers +31 85 822 8671 l.lemmers@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	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Meetinstrumenten	6
2.3	Meetresultaten	6
3	Beoordeling	10
3.1	Metingen	10
3.2	Geprojecteerde woningen	19
4	Toetsing	21
4.1	Toetsingskader	21
4.2	Toetsing	21
5	Conclusie	23
6	Vervolg	24

1 Inleiding

In opdracht van NS Stations is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in mogelijke woonbestemmingen binnen Spoorzone Zwolle. Het onderzoek beperkt zich tot de deelgebieden van NS Stations.

De herontwikkeling van de Spoorzone Zwolle zal een combinatie gaan vormen van wonen, ondernemen, leren, studeren en innoveren. Figuur 1.1 geeft een overzicht van het gebied.

f1.1 Spoorzone Zwolle



In overleg met NS Stations is een inventarisatie gemaakt van de locaties waar in de nabijheid van het spoor wonen mogelijk wordt gemaakt. Verspreid over het plangebied liggen potentiële woonlocaties 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.

Dit onderzoek geeft een eerste beoordeling van de verwachte trillingen in 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

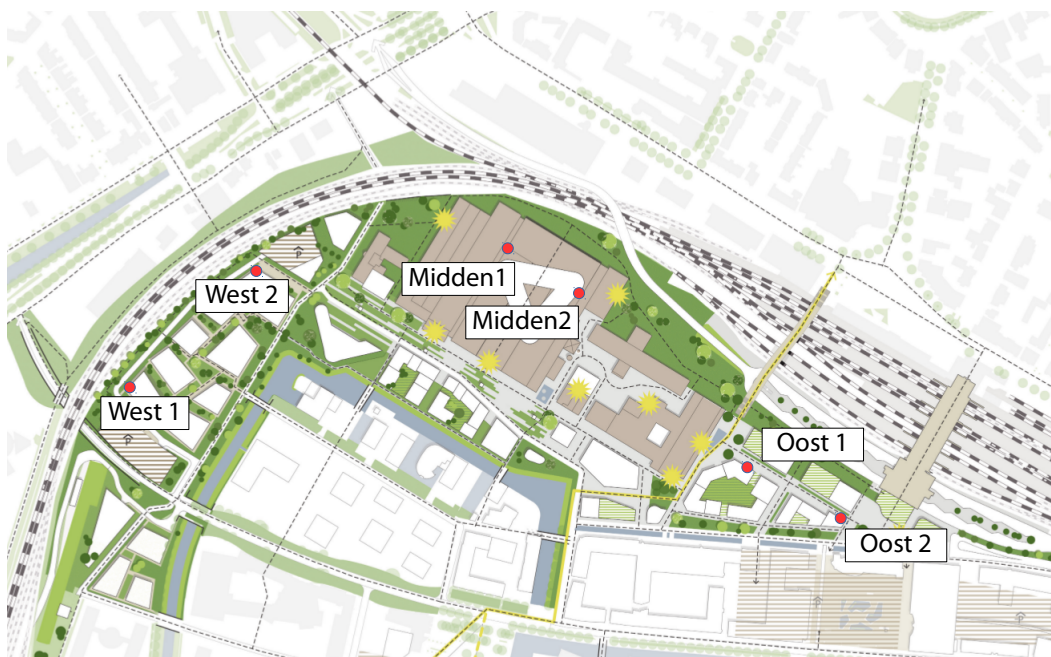
2.1 Algemeen

De metingen hebben tot doel inzicht te verkrijgen met betrekking tot de trillingniveaus vanwege railverkeer.

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.

In de periode van 10 augustus 2022 tot 25 augustus 2022 zijn binnen het plangebied op een 6-tal locaties trillingmetingen verricht. Hierbij zijn ter hoogte van de dichtstbij het spoor gelegen woonbestemmingen trillingmetingen uitgevoerd. Figuur 2.1 toont de ligging van de meetlocaties.

f2.1 Ligging meetlocaties



De metingen West 1 en 2 en Oost 1 en 2 zijn verricht in de bodem. Midden 1 en 2, waar een bestaande bedrijfsgebouw gehandhaafd blijft waarboven een woongebouw mogelijk wordt gemaakt, zijn verricht op de fundatie van het bestaande bedrijfsgebouw.

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.

2.2 Meetinstrumenten

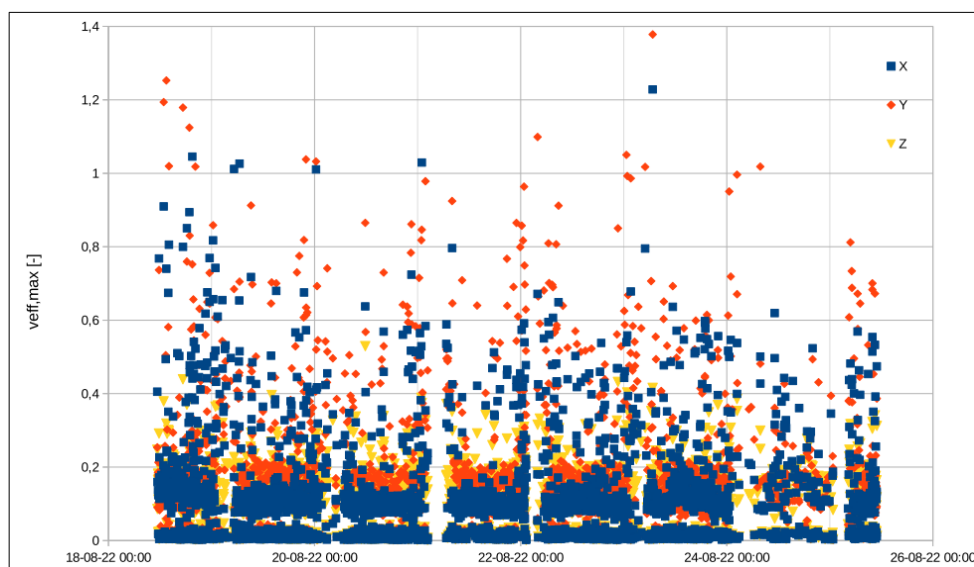
De metingen zijn uitgevoerd met behulp van trillingmeetsystemen, fabrikaat SYSCOM, type MR2002-CE. Analyses zijn uitgevoerd met evaluatiesoftware, fabrikaat Ziegler Consultants, type VIEW2002.

2.3 Meetresultaten

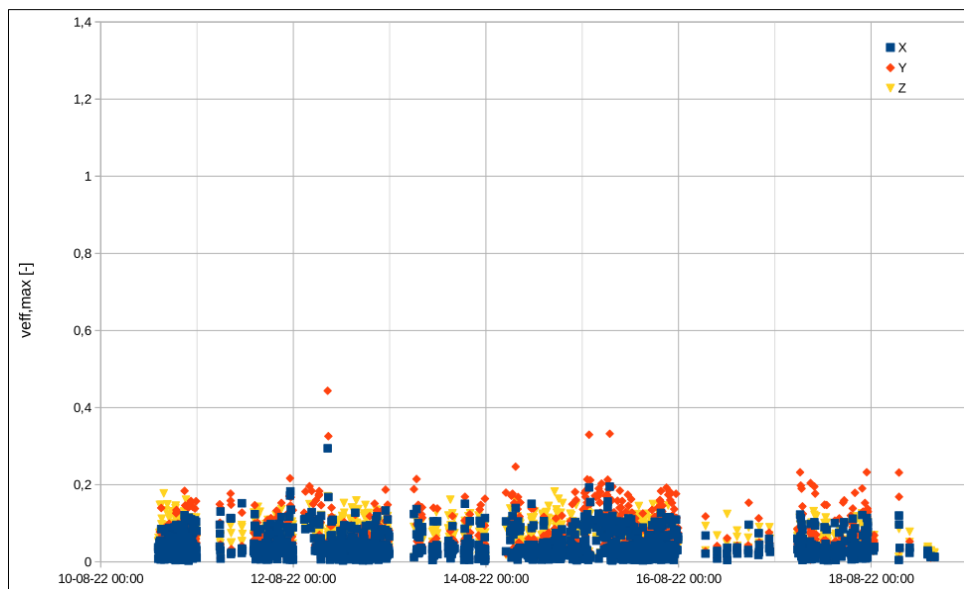
Voor de beoordeling in relatie tot mogelijke trillinghinder is de maximale trillingsterkte $V_{\max}$ (dimensieloos) bepaald overeenkomstig SBR richtlijn B (De conform SBR B gewogen waarde over het frequentiegebied van 1 tot 80 Hz). Conform deze richtlijn geldt dat de grootste trillingsterkte in een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

De figuren 2.2 t/m 2.7 geven een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ in horizontale (X en Y) en verticale richting (Z) ter plaatse van de diverse meetlocaties.

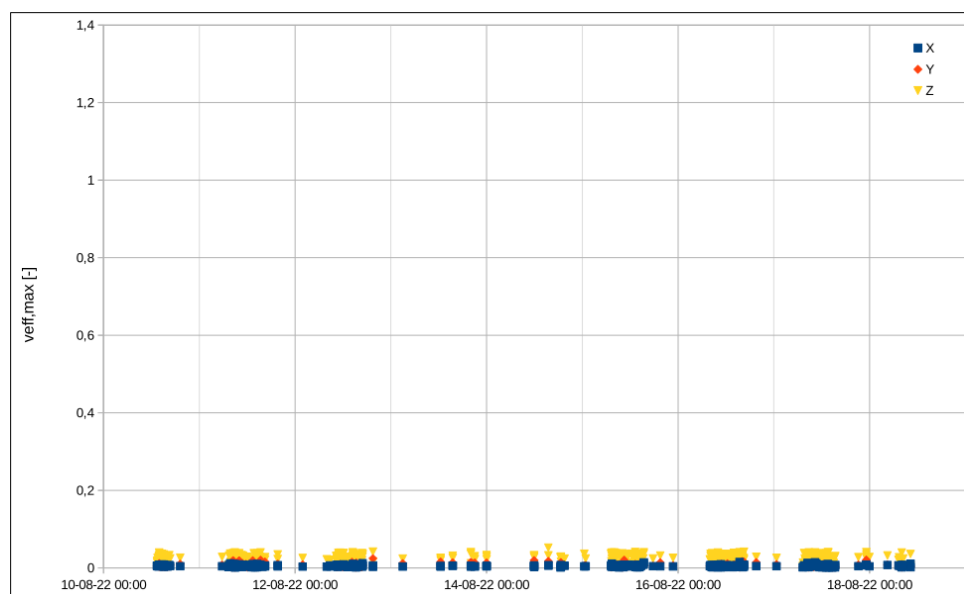
f2.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie West 1, 18 augustus 2022 tot 25 augustus 2022



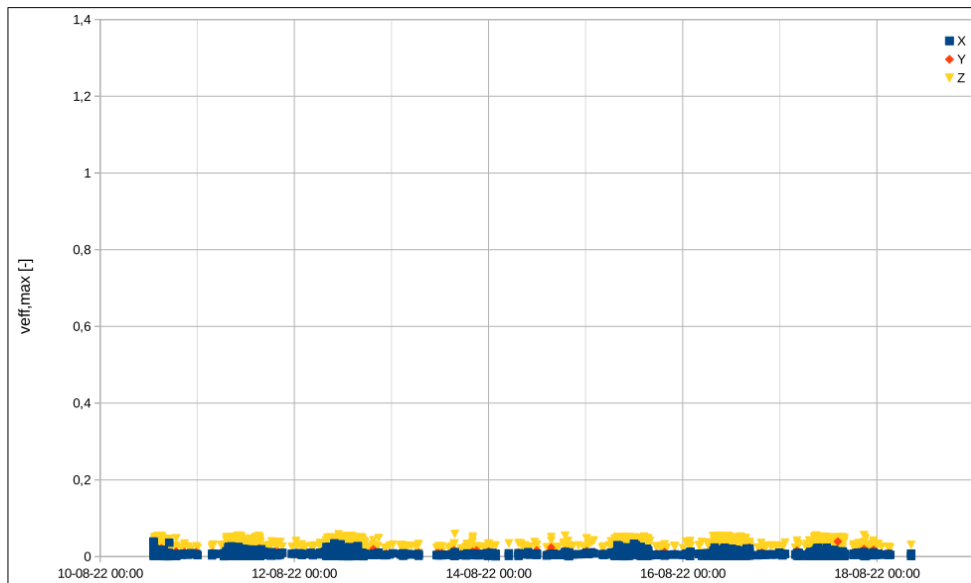
f2.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie West 2, 10 augustus 2022 tot 18 augustus 2022



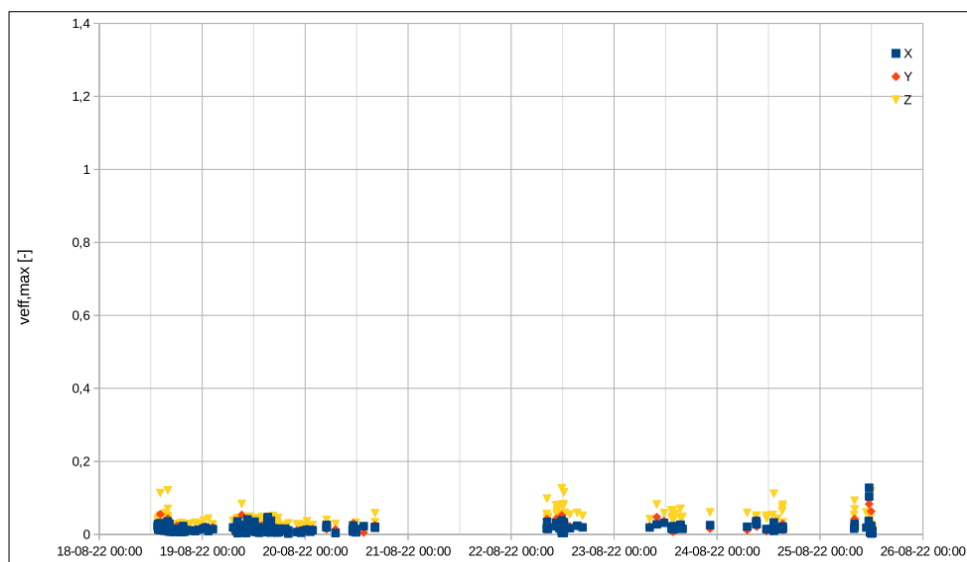
f2.4 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie Midden 1, 10 augustus 2022 tot 18 augustus 2022



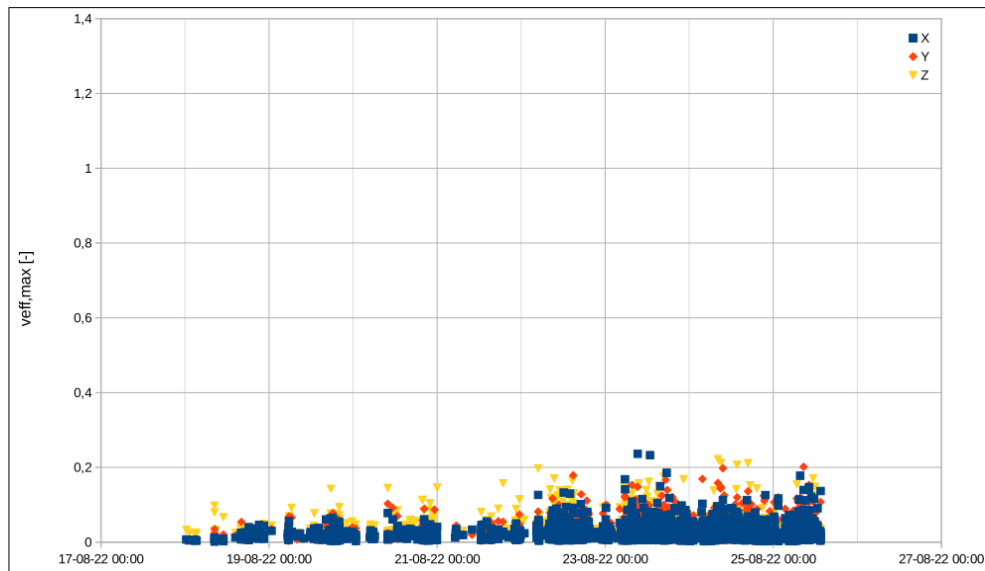
f2.5 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie Midden 2, 10 augustus 2022 tot 18 augustus 2022



f2.6 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie Oost 1, 18 augustus 2022 tot 25 augustus 2022



f2.7 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, meetlocatie Oost 2, 18 augustus 2022 tot 25 augustus 2022



3 Beoordeling

3.1 Metingen

Tabellen 3.1 tot en met 3.6 tonen voor alle meetlocaties 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, West 1

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
18-08-22 12:51	0,91	1,19	0,38
18-08-22 13:28	0,74	1,25	0,32
18-08-22 17:21	0,80	1,18	0,44
18-08-22 18:51	0,89	1,12	0,28
23-08-22 06:43	1,23	1,38	0,42

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

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
12-09-22 08:33	0,29	0,44	0,17
12-09-22 08:44	0,17	0,33	0,17
14-09-22 07:23	0,14	0,25	0,16
15-09-22 01:42	0,19	0,33	0,10
15-09-22 06:51	0,20	0,33	0,10

t3.3 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, Midden 1

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
12-08-22 19:31	0,01	0,02	0,05
13-08-22 20:04	0,01	0,01	0,06
14-08-22 15:29	0,01	0,02	0,05
15-08-22 13:14	0,01	0,01	0,04
16-08-22 16:29	0,01	0,02	0,05

t3.4 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, Midden 2

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
12-08-22 10:54	0,01	0,01	0,06
13-08-22 15:39	0,01	0,01	0,07
13-08-22 20:04	0,01	0,01	0,06
14-08-22 18:55	0,01	0,01	0,07
17-08-22 20:48	0,01	0,02	0,06

t3.5 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, Oost 1

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
19-08-22 15:25	0,02	0,02	0,05
20-08-22 16:16	0,02	0,02	0,05
22-08-22 10:37	0,02	0,02	0,07
23-08-22 15:28	0,03	0,03	0,07
23-08-22 15:28	0,02	0,02	0,05

t3.6 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem, Oost 2

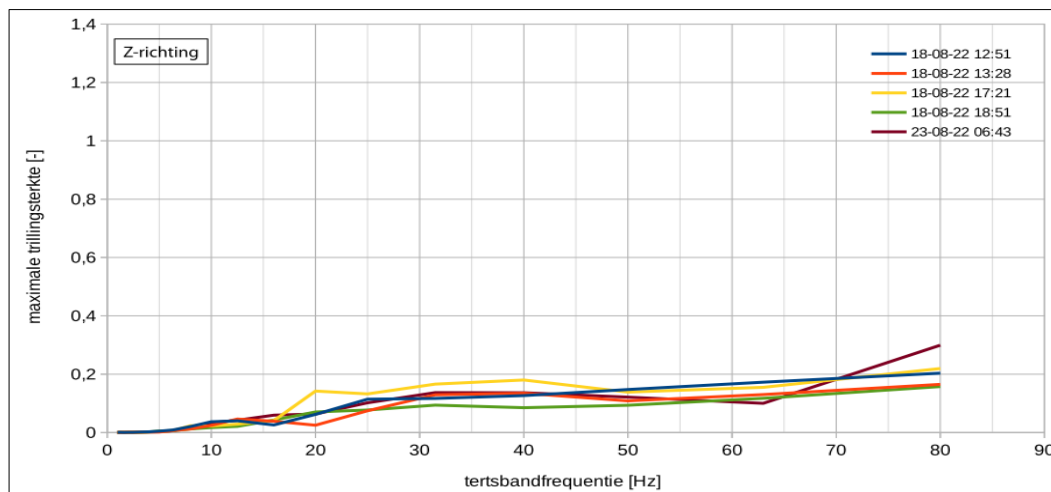
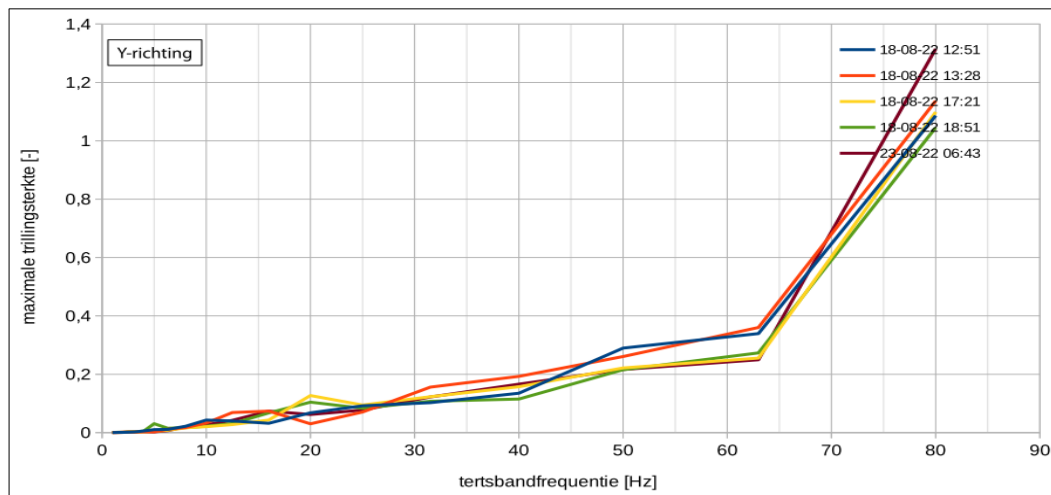
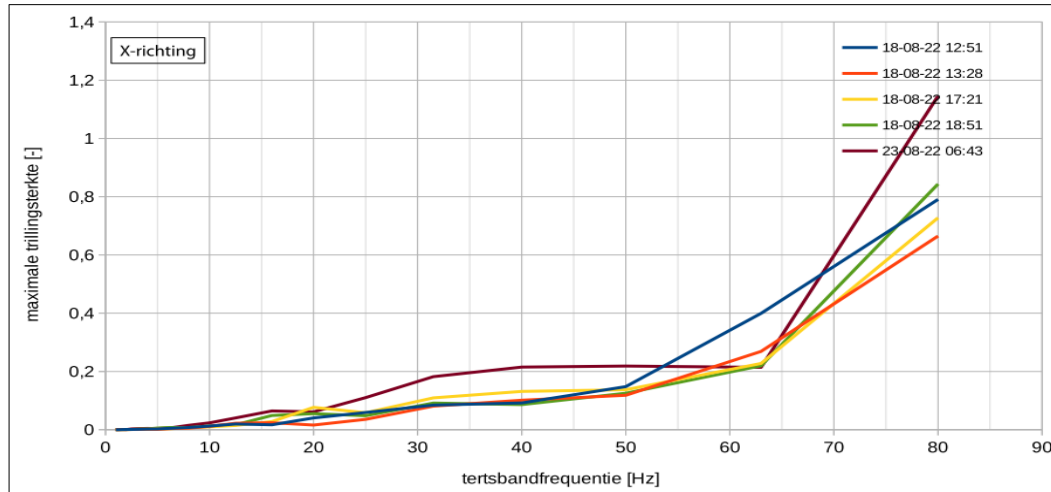
Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
19-08-22 19:28	0,01	0,01	0,04
20-08-22 16:16	0,03	0,03	0,07
22-08-22 10:36	0,04	0,06	0,08
22-08-22 18:07	0,06	0,02	0,02
23-08-22 15:28	0,04	0,04	0,07

Op basis van de resultaten kan worden geconstateerd dat met name aan de westzijde (west 1 en 2) in de bodem bij de meetposities sprake is van voelbare trillingen. Met name in horizontale richting loodrecht op het spoor. Mogelijk heeft dit te maken met de aldaar liggende bocht. In de verhoogde trillingniveaus in West 1 zou eventueel een aldaar liggende onderdoorgang (fietstunnel) een rol kunnen spelen.

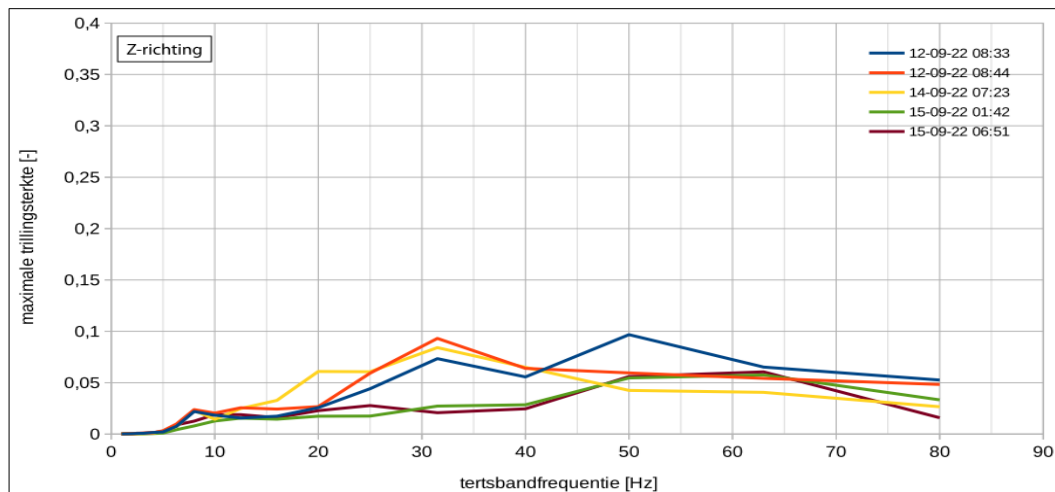
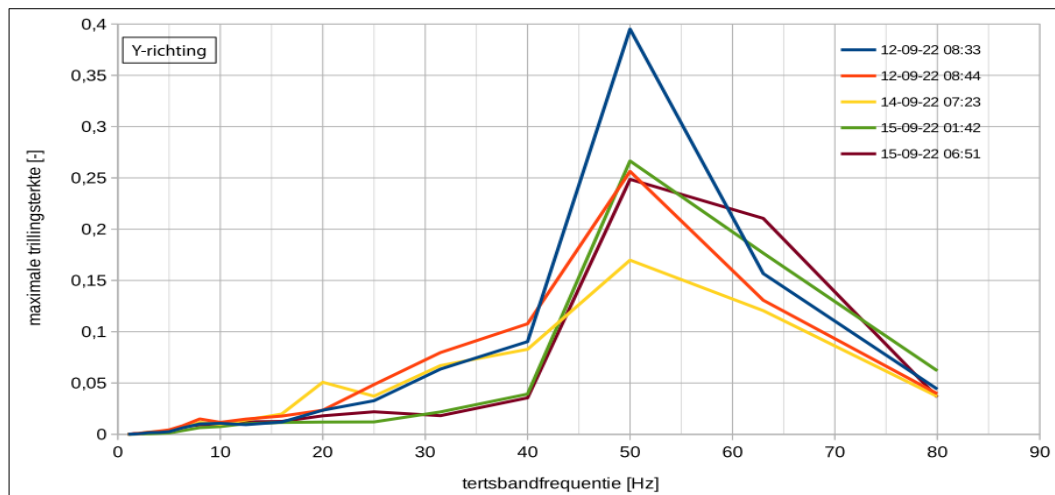
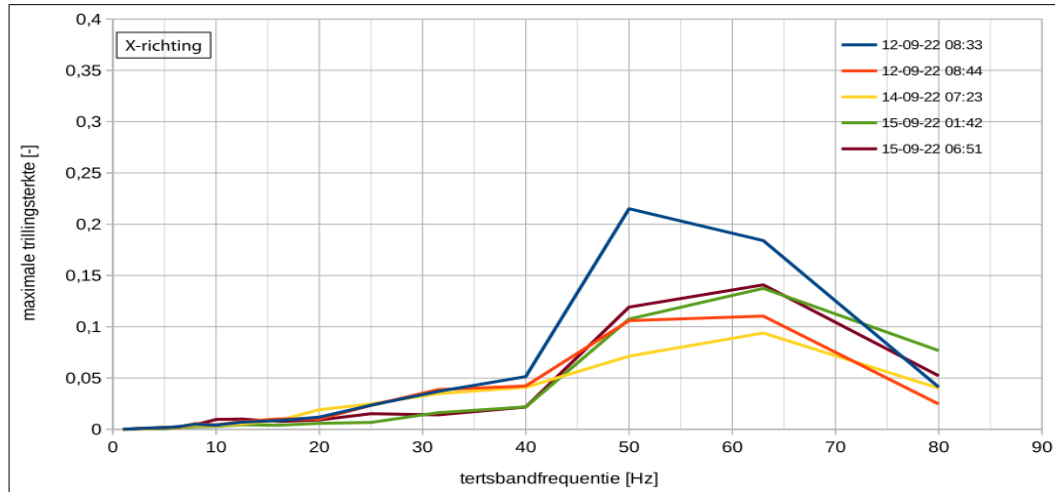
De maatgevende trillingen aan de westzijde worden met name veroorzaakt door passagierstreinen. In de overige posities zijn goederentreinen maatgevend.

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 3.6 tonen per posities de spectrale verdeling in de horizontale X en Y richting en in de verticale Z richting.

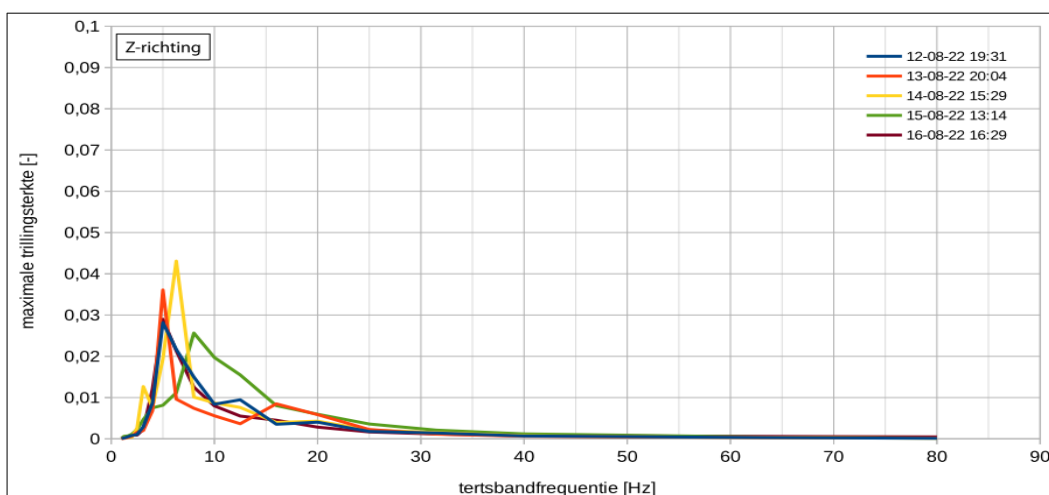
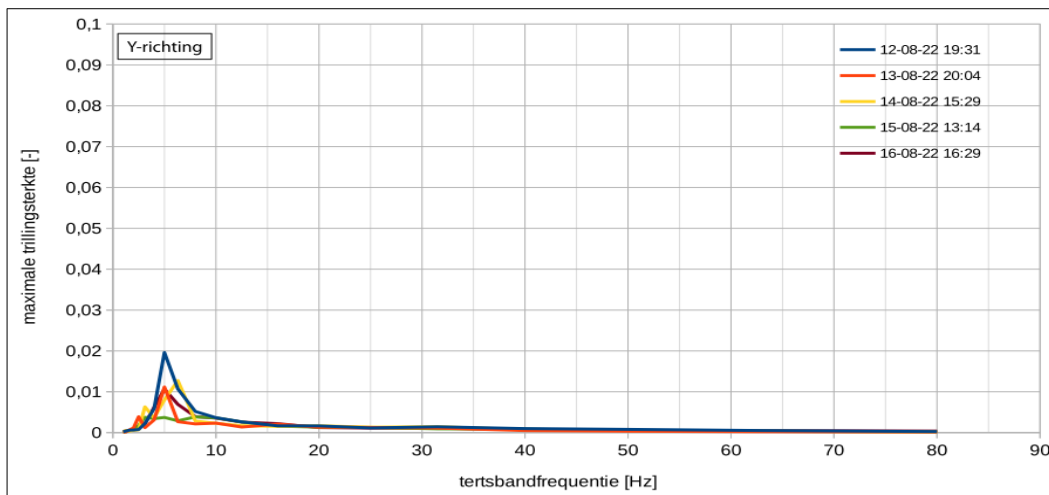
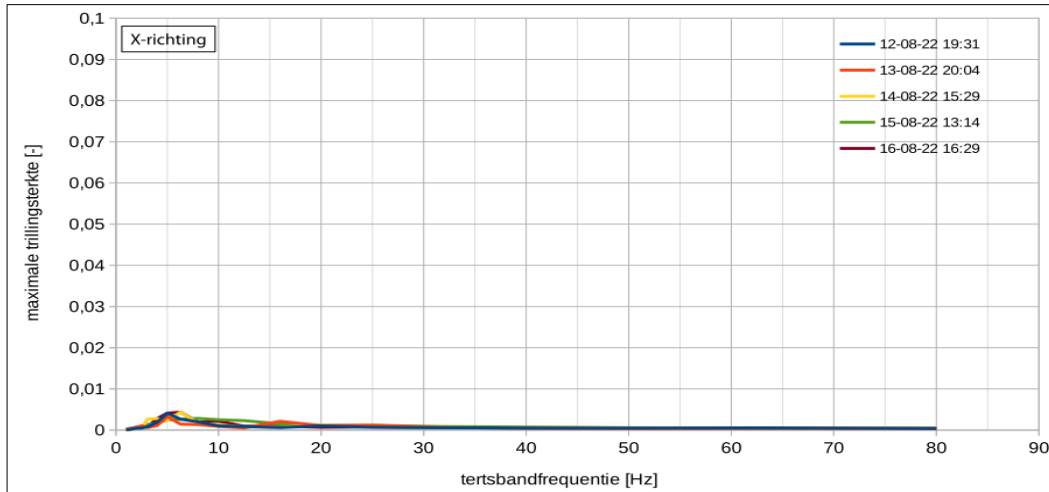
f3.1 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages in X-, Y- en Z richting, West 1



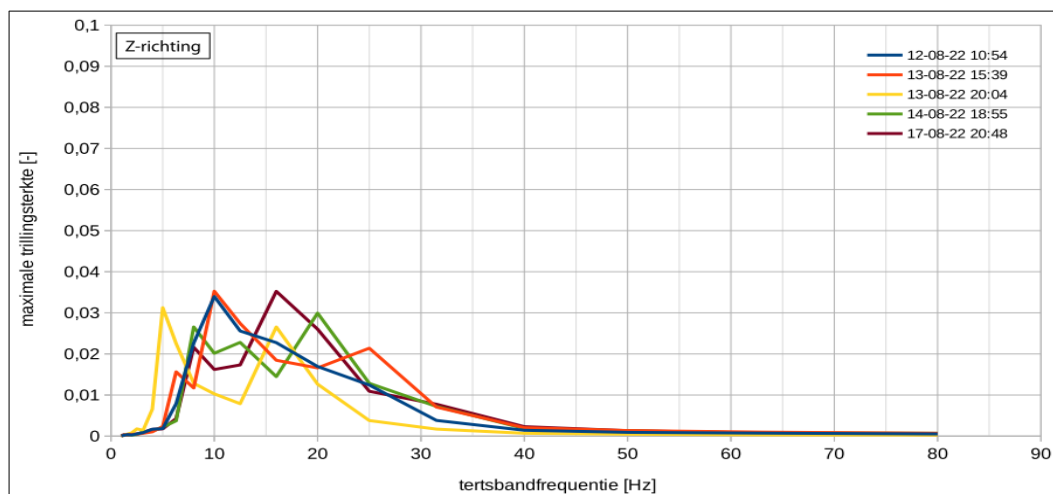
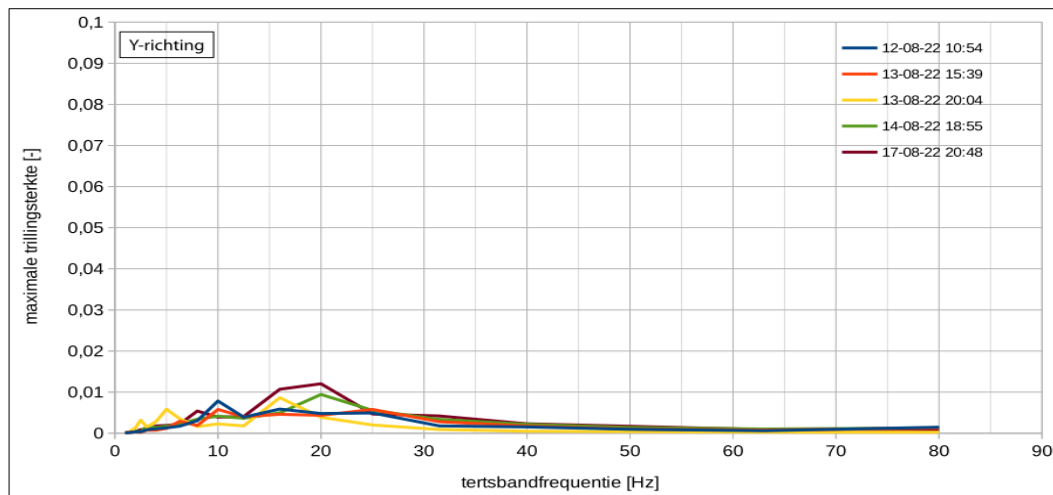
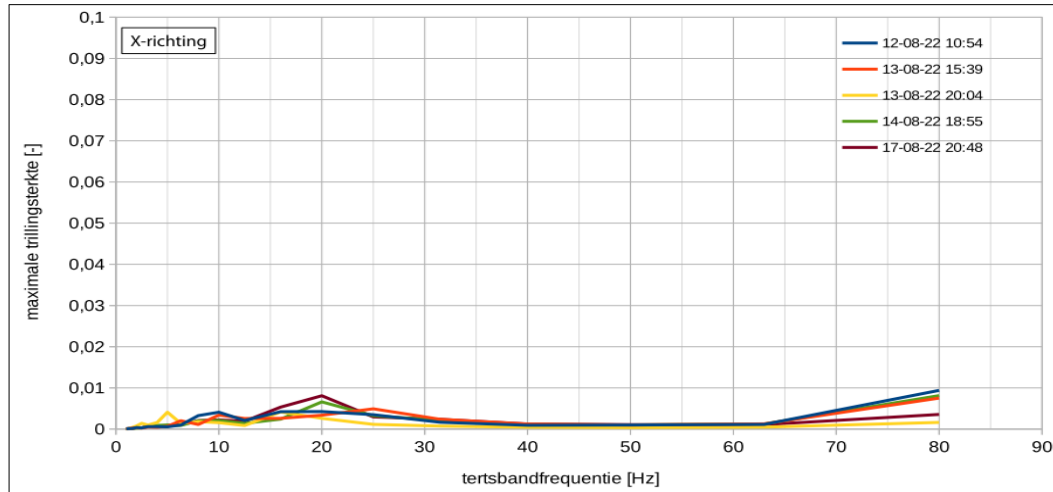
f3.2 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages in X-, Y- en Z richting, West 2



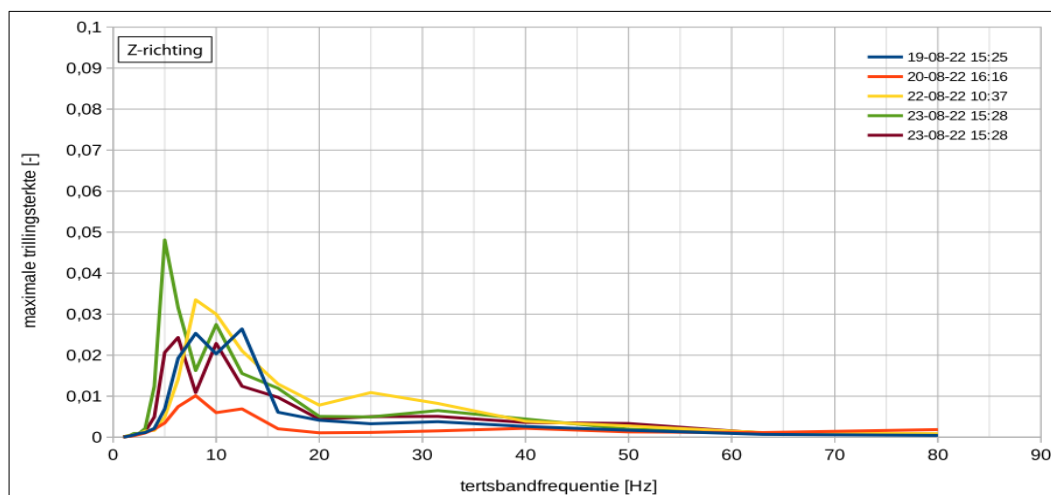
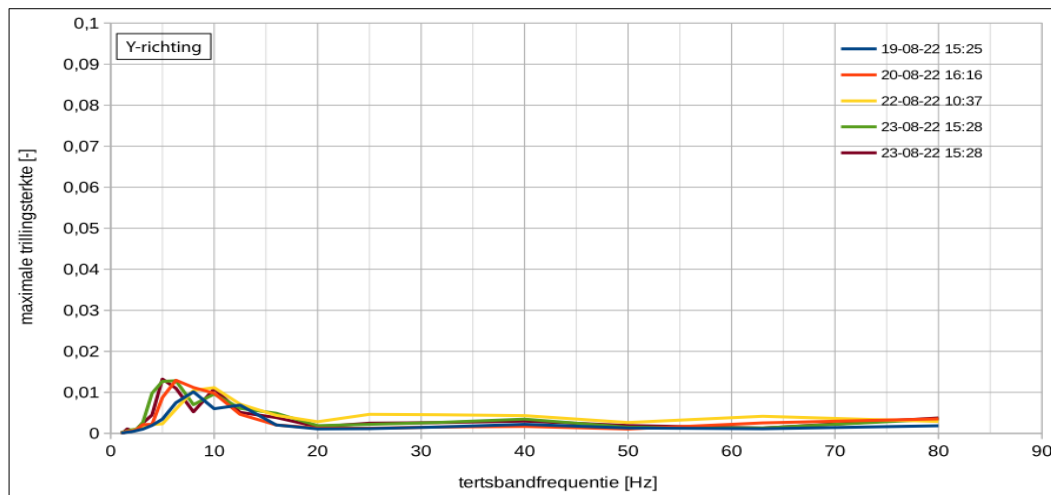
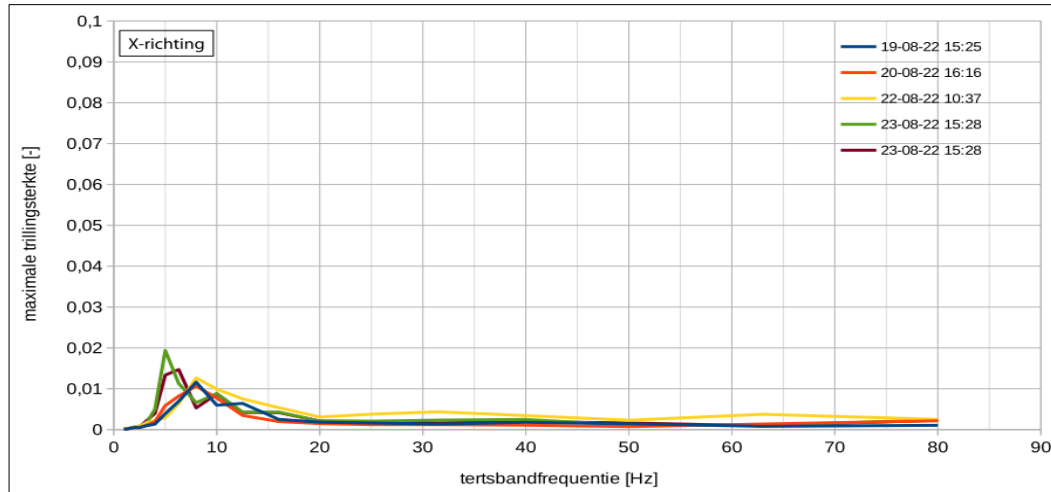
f3.3 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages in X-, Y- en Z richting, Midden 1



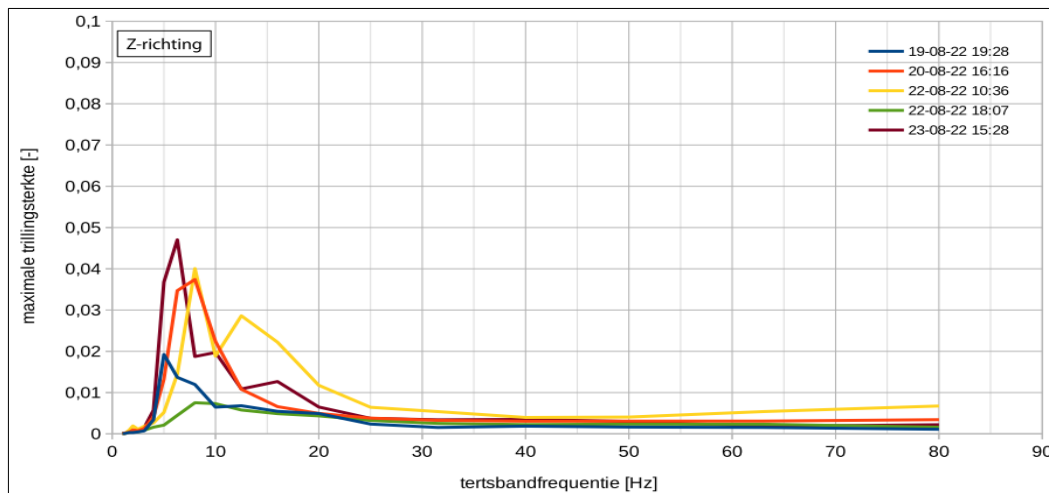
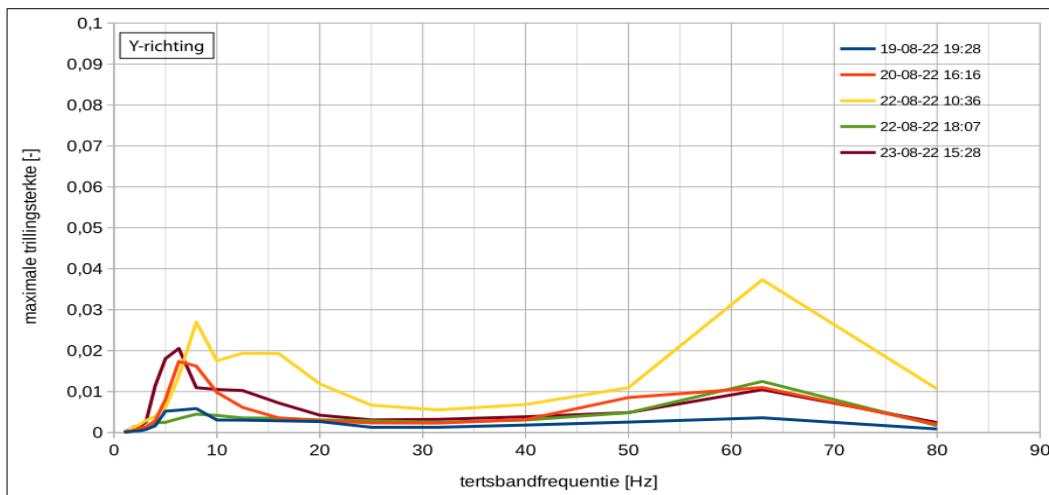
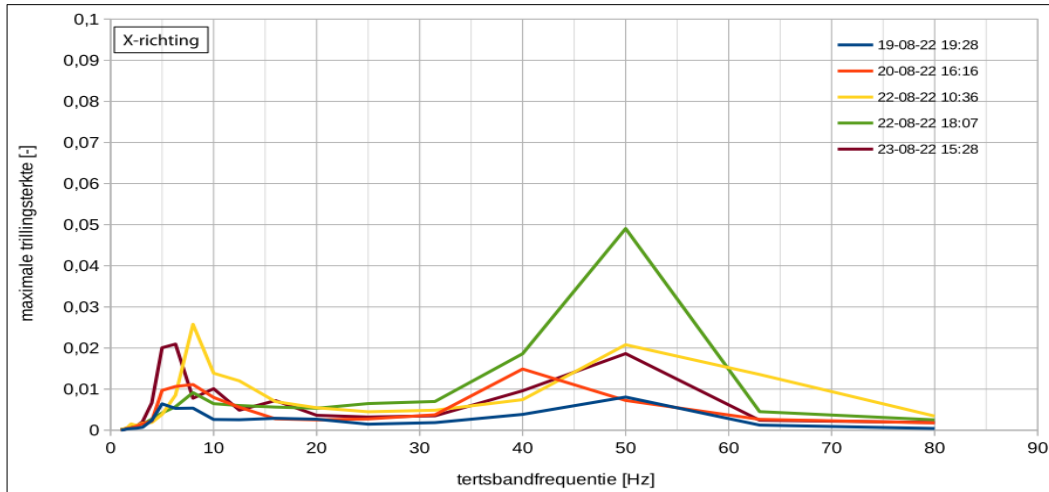
f3.4 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages in X-, Y- en Z richting, Midden 2



f3.5 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages in X-, Y- en Z richting, Oost 1



f3.6 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages in X-, Y- en Z richting, Oost 2



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

Tabel 3.7 toont voor de twee hoogste belaste meetlocaties (West 1 en West 2) het gemiddelde per etmaalperiode (dag, avond en nacht) en het aantal 'events'. Het aantal events komt overeen met het aantal momenten dat een trillingniveau is geregistreerd. Een passage van een trein zal normaliter resulteren in 1 event.

t3.7 Gemiddelde van de maximale trillingsterktes, in de bodem

	Aantal events	Trillingsterkte over de beoordelingsperiode ($V_{\text{per,meet}}$) in de bodem		
		X	Y	Z
<u>West 1</u>				
dag	319	0,080	0,094	0,064
avond	131	0,094	0,113	0,067
nacht	116	0,087	0,111	0,050
<u>West 2</u>				
dag	259	0,018	0,013	0,014
avond	96	0,019	0,014	0,013
nacht	34	0,008	0,006	0,008

3.2 Geprojecteerde woningen

Om inzicht te krijgen in de trillingniveaus in de toekomstige woningen bij West en Oost 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.

Bij Midden, waar een woongebouw voorzien is boven het huidige bedrijfspand en waar gemeten is op de fundatie van het huidige pand, dienen de metingen alleen vermeerderd te worden voor mogelijke opslinging in het gebouw. De demping van bodem naar fundament is daar reeds inbegrepen bij de metingen.

Binnen het plan komen met name woonblokken met meerdere bouwlagen (appartementen). Bij de overgang van bodem naar fundament zal afhankelijk van de frequentie sprake zijn van een demping tot 10 dB voor het frequentiegebied tot 10 Hz, 10 dB van 10 tot 40 Hz, 15 dB van 40 tot 63 Hz en 20 dB boven 63 Hz (afname met factor 10) bij appartementen.

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 3.8 toont de aldus verwachten trillingsterkte.

t3.8 Te verwachten trillingsterkte in woningen

	Te verwachten trillingsterkte [-]	
	horizontale XY richting	verticale Z richting
West 1	0,17	0,33
West 2	<0,1	0,18
Midden 1	<0,1	0,15
Midden 2	<0,1	0,21
Oost 1	<0,1	0,12
Oost 2	<0,1	0,15

De in tabel 3.8 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 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 0,3 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 wordt, behoudens in West 1, voldaan.

Met een worst case verwachte trillingsterkte $V_{\max}$ in geprojecteerde woningen nabij West 1 van maximaal ca. 0,3 bij een na te streven waarde van 0,2 kan worden geconcludeerd dat in die woningen een reductiedoelstelling van ca. 30 % aan de orde is.

Volledigheidshalve is ook de verwachte (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) in de woningen bepaald. De trillingsterkte $V_{\text{per,meet}}$ in de bodem bedraagt worstcase 0,064. 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 0,022 waarmee wordt voldaan aan de streefwaarde A_3 van 0,05.

Hiermee kan gesteld worden dat de grootte $V_{\max}$ bepalend zal zijn bij toetsing aan de SBR B.

5 Conclusie

Op basis van de verrichte trillingmetingen in de bodem en de op basis daarvan worst case te verwachten trillingsterkten in de te projecteren woningen kan niet worden uitgesloten dat de in eerste aanleg te hanteren 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 worden overschreden.

De mogelijke overschrijdingen, die overigens beperkt zullen zijn, doen zich voor aan de westzijde van het beschouwde plangebied.

De eventueel te treffen maatregelen kunnen pas in een later stadium worden gedimensioneerd als de constructieve opzet bekend is.

Op basis van onderhavig onderzoek kan wel reeds worden geconcludeerd dat op deze locatie het voorziene plan realiseerbaar is op een manier waarbij een trillingtechnisch acceptabel woonklimaat kan worden gewaarborgd.

6 Vervolg

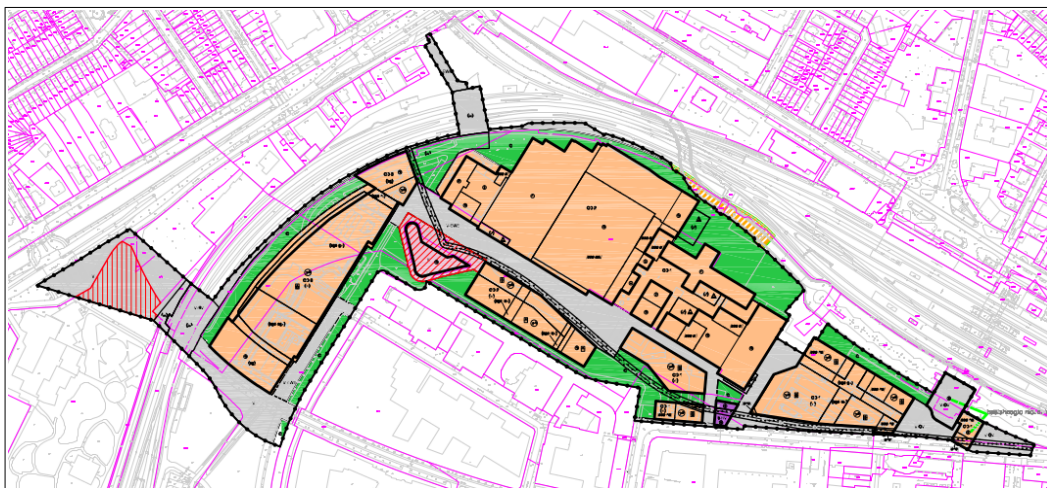
In relatie tot het onderzoek zoals uitgevoerd is aanvullend een aantal zaken van belang:

Ter hoogte van de meetposities Oost 1 en 2 is mogelijk sprake van woonbestemmingen op iets geringere afstand van het spoor dan de locatie van de meetposities (ca. 60 m afstand in plaats van ca. 90 m afstand van dichtstbijzijnde spoor).

Aan de westzijde van het plan bestaat het voornemen de Koggetunnel geschikt te maken voor autoverkeer waarbij de huidige onderdoorgang verbreed gaat worden.

Navolgende figuur 6.1 geeft de conceptverbeelding, stand van zaken februari 2023.

f6.1 Conceptverbeelding, stand van zaken februari 2023



Binnen het plan zijn naast de metingen in de aangegeven meetposities ook metingen verricht om de mate van afname van trillingen in de bodem te meten. Op basis van de metingen in Oost 1 en 2 en de gemeten afname kan worden gesteld dat aan de oostzijde ook bij een afstand van ca. 60 m tot het spoor geen sprake zal zijn van overschrijding van streefwaarden voor trillingen. Uitgaande van de bovenstaande conceptverbeelding, die aldaar geen wonen toestaat op minder 60m, is aanvullend onderzoek bij de uitvoeringsfase daar niet aan de orde.

In de omgeving van West 1 is dat wel aan de orde. Naast het feit dat hier op basis van de reeds verrichte metingen mogelijk sprake is van overschrijdingen speelt hierbij een rol dat de onderdoorgang van de Koggetunnel verbreed gaat worden. Met name de overgang van aarden baan naar kunstwerk kan relevant zijn voor trillingaanstoting waarbij op dit moment het tracé nog niet bekend is en derhalve ook niet bekend is of de onderdoorgang dicht bij de voorziene woningen kan komen. Overigens wordt opgemerkt dat op dit punt geen grote verschillen met de thans gemeten waarden verwacht worden. Wederom rekening houdend

met de binnen het plan verrichte afnamemetingen is uitgaande van de gemeten waarden in West 1 en rekening houdend met een potentieel beperkte toename als gevolg van de Koggetunnel een gebied aangeven waarbinnen in de uitvoeringsfase nader onderzoek dient plaats te vinden, zie figuur 6.2. Dit betreft een zone die zich over een deel van het westelijke plangebied uitstrekt vanaf 60 m van het dichtstbijgelegen spoor.

f6.2 Gebied waarbinnen nader trillingonderzoek in uitvoeringsfase nodig is



Dit rapport bevat 25 pagina's

Mook,