



3 Hoefijzers fase II te Breda

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

Concept

3 Hoefijzers fase II te Breda

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

Concept

opdrachtgever	AM
rapportnummer	H 6208-1-RA
datum	23 november 2017
referentie	LL/EdV/HT/H 6208-1-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 24 357 07 07, mook@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2008

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – 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	16
4.1	Toetsingskader	16
4.2	Toetsing	16
5	Mogelijke maatregelen	18
5.1	Reductiedoelstelling	18
5.2	Mogelijk te treffen maatregelen	18
5.3	Voorliggende situatie	19
6	Conclusie	20

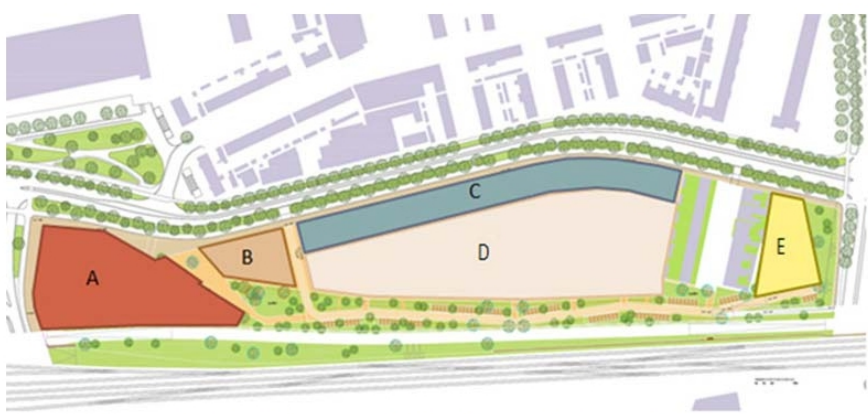
1 Inleiding

In opdracht van AM te Utrecht is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in geprojecteerde woningen en appartementen van 3 Hoefijzers fase II aan de Liniestraat te Breda.

Het bouwplan is gesitueerd tot op korte afstand van de spoorlijn Breda CS -Tilburg. Binnen het bouwplan zal een aantal appartementen en eengezinswoningen worden gerealiseerd.

Figuur 1.1 toont de ligging van de geprojecteerde woningbouw, met afstanden tot ca. 35 m uit het hart van het meest nabijgelegen spoor.

f1.1 Overzicht bouwplan 3 Hoefijzers fase II te Breda.



Voor het gebied is een plan ontwikkeld voor ongeveer 270 nieuwbouw woningen in verschillende woonsteren.

A: Deze Westpunt is het dichtst bij het Station gelegen en vormt een zichtpunt vanaf het Faamplein. Hier komt een appartementengebouw in 5 tot 9 verdiepingen met circa 128 appartementen. Hiervan zijn circa 76 appartementen bestemd voor de vrije sector huur. Daarnaast komen er circa 51 koopappartementen met een woonoppervlakte variërend van 60 tot 120 m². Onder het gebouw komt parkeergelegenheid.

B: Het puntgebouw vormt een overgang van de hoogbouw naar het buurtje met woningen erachter. Hier zal een combinatie komen van appartementen met commerciële ruimten of verschillende woningtypen.

C: De bebouwing aan de Stationslaan krijgt een statig karakter met hoge herenhuizen in drie of vier woonlagen. De begane grond is extra hoog en biedt dus vele mogelijkheden, zoals bijvoorbeeld ook een praktijk. Dit wordt een zeer afwisselende gevel met een mix in hoogte en breedte, kleurgebruik en mooie details.

D: Centraal komen er twee kleinschalige woonhofjes met eengezinswoningen met tuin. Hier komen ook speeltuinen. Aan de zuidkant komen woningen grenzend aan het spoorlandschap, dat een groen en parkachtig karakter krijgt.

E: Dit gebiedje voor 10 woningen ligt wat meer op zichzelf. Hier wordt gezocht naar een bijzondere invulling, bijvoorbeeld in de vorm van Collectief Particulier Opdrachtgeverschap.



Het onderzoek dient te worden gezien als een vooronderzoek waarbij, mede gebruik makend van trillingmetingen ter plaatse, een eerste beoordeling wordt gegeven.

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 een viertal sporen ter hoogte van de onderdoorgang van de Doornboslaan aan de oostzijde van het plan, en een zevental sporen aan de westzijde van het plan.

Van 7 september tot en met 18 september 2017 zijn binnen het plangebied onbemande trillingmetingen in de bodem verricht. Hierbij zijn ter hoogte van de dichtstbij het spoor gelegen gevel van het appartementengebouw (aangeduid met A in figuur 1.1) de trillingmetingen uitgevoerd.

Verder zijn op 7 september aanvullende metingen uitgevoerd op twee andere locaties binnen het plangebied langs het spoor.

Figuur 2.2 toont de ligging van de meetlocaties waarbij op meetlocatie 1 de onbemande metingen zijn uitgevoerd en op meetlocatie 2 en 3 de aanvullende metingen zijn uitgevoerd.

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 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.

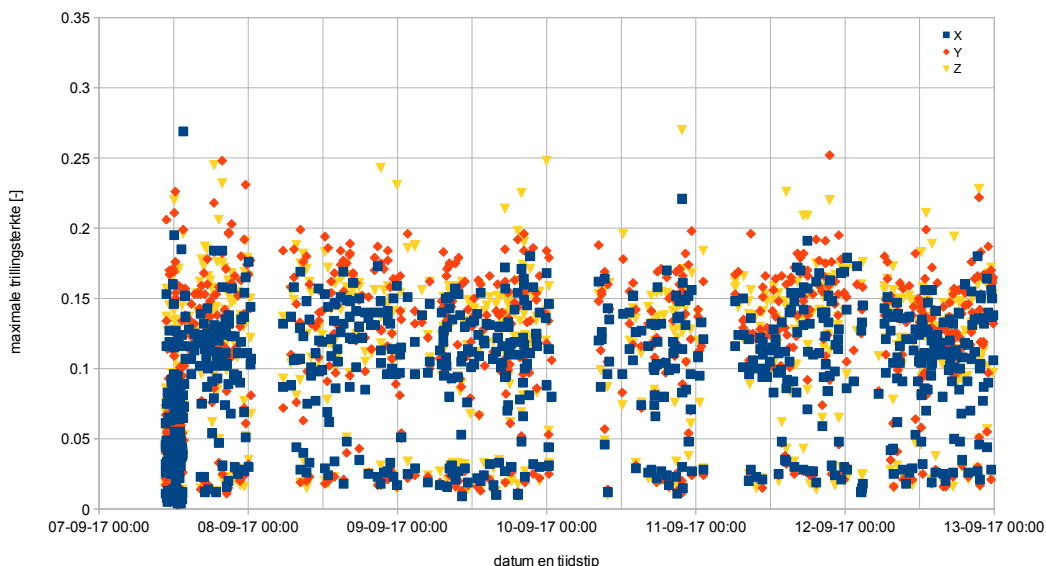
2.3 Meetresultaten

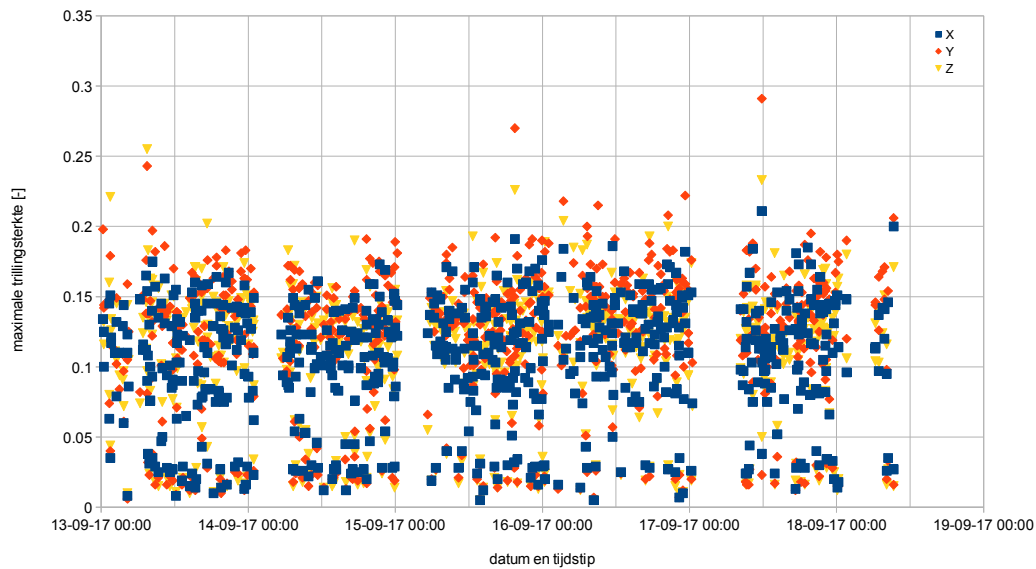
Voor de beoordeling in relatie tot mogelijke trillinghinder is de maximale trillingsterkte $V_{\max}$ (dimensieloos) bepaald overeenkomstig SBR richtlijn B (De conform SBR B gewogen waarde over het frequentiegebied van 1 tot 80 Hz). Conform deze richtlijn geldt dat de grootste trillingsterkte in een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

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

Illustratief toont figuur 2.2 een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes $V_{\max}$ in horizontale (X en Y) en verticale richting (Z).

f2.2 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem





Op basis van het gemeten tijdsignaal en de bijbehorende frequenties is vastgesteld of de meetwaarden zijn toe te wijzen aan passerende treinen of verstoringen. Om onderscheid te maken tussen passagierstreinen en goederentreinen is gekeken naar de tijdsduur van het signaal, de frequentie-inhoud van signaal en het moment van passeren.

3 Beoordeling

3.1 Metingen

Op basis van de meetresultaten op de bodem volgt dat de hoogste trillingsterktes bepaald worden door goederentreinen. Gezien het verloop en het aantal gepasseerde (goederen)treinen kunnen de meetresultaten als representatief worden aangemerkt.

Tabel 3.1 toont voor locatie 1 (meest westelijk) de gemeten maximale trillingsterkte in de bodem als gevolg van de elf maatgevende treinpassages. Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat alle elf treinpassages een goederentrein betreffen. 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
07-09-17 12:05	0,20	0,21	0,22
07-09-17 18:28	0,18	0,22	0,25
07-09-17 19:47	0,18	0,25	0,23
08-09-17 21:17	0,15	0,18	0,24
09-09-17 23:58	0,17	0,18	0,25
10-09-17 21:46	0,22	0,16	0,27
11-09-17 21:31	0,16	0,25	0,22
13-09-17 07:29	0,15	0,24	0,26
15-09-17 19:30	0,19	0,27	0,23
17-09-17 11:48	0,21	0,29	0,23

Vervolgens zijn deze resultaten gecorrigeerd om ze te kunnen benutten voor de andere geprojecteerde woningen binnen het plangebied. Deze correctie is uitgevoerd op basis van het verschil in trillingsnelheid tussen locatie 1 en de locaties 2 en 3.

Tabel 3.2 toont op vergelijkbare wijze voor locatie 2 (midden) de maximale trillingsterkte in de bodem als gevolg van de elf maatgevende treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale Y- en verticale Z-richting. De horizontale X richting is minder relevant geacht en derhalve buiten beschouwing gelaten.

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

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem	
	Y	Z
07-09-17 12:05	0,19	0,33
07-09-17 18:28	0,21	0,29
07-09-17 19:47	0,18	0,34
08-09-17 21:17	0,18	0,34
09-09-17 23:58	0,18	0,28
10-09-17 21:46	0,16	0,35
11-09-17 21:31	0,22	0,28
13-09-17 07:29	0,23	0,33
15-09-17 19:30	0,24	0,29
17-09-17 11:48	0,25	0,31

Tabel 3.3 toont op vergelijkbare wijze voor locatie 3 (oostelijk) de maximale trillingsterkte in de bodem als gevolg van de elf maatgevende treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale Y- en verticale Z-richting.

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

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem	
	Y	Z
07-09-17 12:05	0,34	0,30
07-09-17 18:28	0,38	0,28
07-09-17 19:47	0,24	0,26
08-09-17 21:17	0,28	0,28
09-09-17 23:58	0,28	0,24
10-09-17 21:46	0,26	0,34
11-09-17 21:31	0,40	0,25
13-09-17 07:29	0,38	0,29
15-09-17 19:30	0,43	0,26
17-09-17 11:48	0,45	0,28

In horizontale richting treden de hoogste trillingsterktes op met maximale trillingsterktes tot 0,45 als gevolg van een goederentrein. In verticale richting is sprake van een maximale trillingsterkte tot 0,35 als gevolg van een goederentrein.

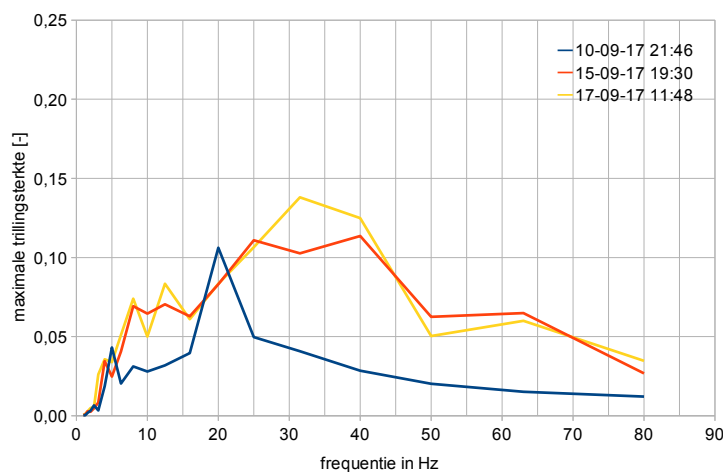
Passagierstreinen resulteren in een maximale trillingsterkte tot 0,21 in horizontale richting en 0,17 in verticale richting.

Bij vergelijking van de maximaal optredende trillingsterktes ter plaatse van de drie locaties is sprake van enig verschil. Bij locatie 1 is sprake van de laagste waarde, tot 0,29 en bij locatie 3 de hoogste, tot 0,45.

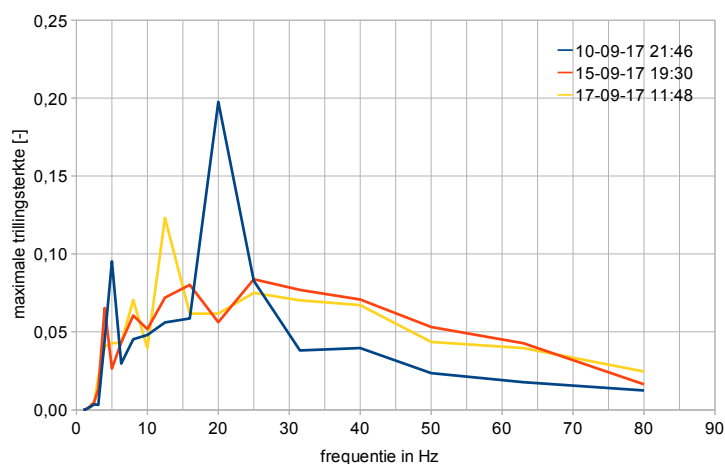
Ten behoeve van de verdere beoordeling dient inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud

van de optredende trillingsterktes. Figuren 3.1 en 3.2 tonen de spectrale verdeling van de 3 maatgevende treinpassages op meetlocatie 1. Figuur 3.1 toont de spectrale verdeling in de horizontale Y richting en figuur 3.2 toont de spectrale verdeling in verticale Z richting.

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



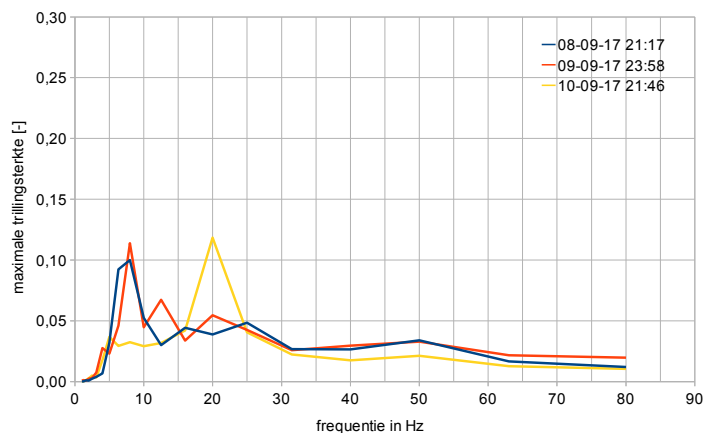
f3.2 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 1



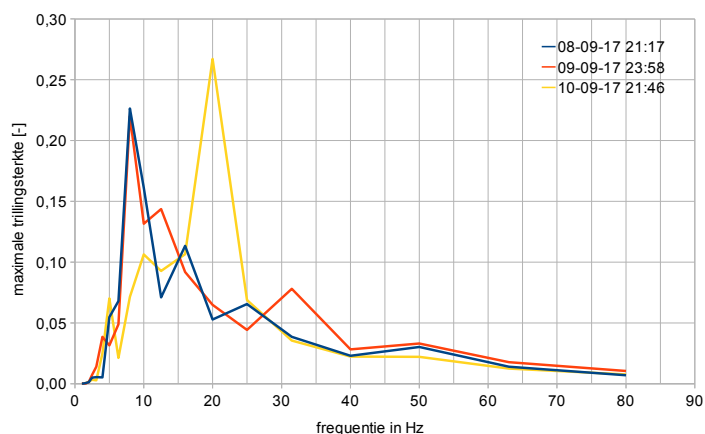
De figuren tonen dat als gevolg van een treinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen globaal 20 en 40 Hz

Figuren 3.3 en 3.4 tonen de spectrale verdeling van de 3 maatgevende treinpassages in meetlocatie 2 waarbij figuur 3.3 de horizontale Y richting betreft en figuur 3.4 de verticale Z richting.

f3.3 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting) in locatie 2



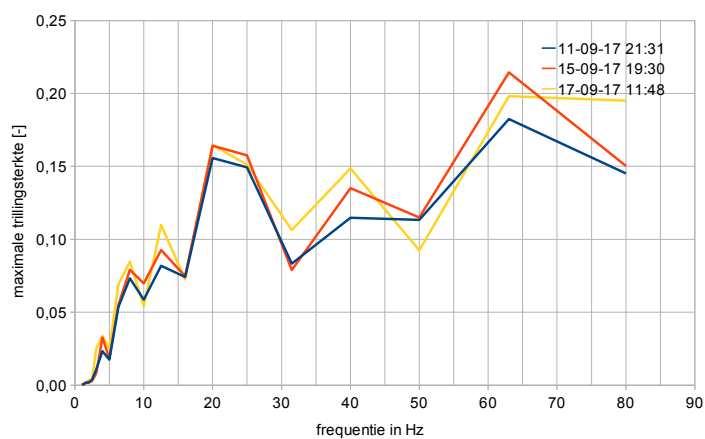
f3.4 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 2



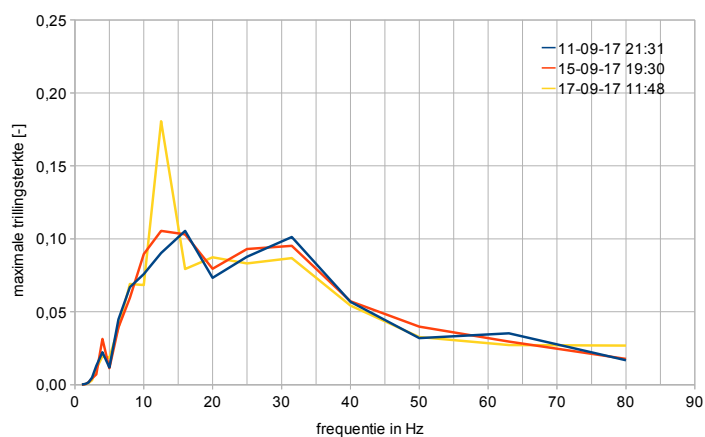
De figuren tonen dat sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen ca. 6 en 20 Hz.

Figuren 3.5 en 3.6 tonen de spectrale verdeling van de 3 maatgevende treinpassages in meetlocatie 3 waarbij figuur 3.5 de horizontale Y richting betreft en figuur 3.6 de verticale Z richting.

f3.5 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting) in locatie 3



f3.6 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting) in locatie 3



De figuren tonen dat als gevolg van een passagierstreinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen 20 en 80 Hz in horizontale richting en tussen ca. 10 en 30 Hz in verticale richting.

3.2 Geprojecteerde woningen

Om inzicht te krijgen in de trillingniveaus in de toekomstige woningen dienen de nu in de bodem gemeten waarden in gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslinging in de gebouwen. 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 de overgang van bodem naar fundament zal afhankelijk van de frequentie sprake zijn van een demping tot 5 dB (afname met factor 1,7) bij eengezinswoningen en een demping tot 10 dB (afname met factor 3) bij appartementengebouwen.

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.

De meetwaarden zoals genoemd in paragraaf 3.1 in combinatie met de aangegeven dempingen en versterkingen resulteren in een maximaal te verwachten trillingsterkte in woningen. Tabel 3.4 toont deze te verwachten trillingsterkte.

t3.4 Te verwachten trillingsterkte in woningen

	Te verwachten trillingsterkte [-]	
	horizontale XY richting	verticale Z richting
locatie 1	0,6	0,9
locatie 2	0,6	1,1
locatie 3	0,6	0,9

Op basis van tabel 3.4 volgt dat de te verwachten trillingsterkten ter hoogte van het drietal locaties redelijk overeenkomen, met waarden tussen 0,9 à 1,1 in verticale richting en circa 0,6 in horizontale richting.

De in tabel 3.4 gegeven waarden kunnen worden gezien als worst case te verwachten sterkten. Waarden tot 1,1 in verticale richting kunnen als hoog worden aangemerkt maar zullen normaliter alleen optreden als bijvoorbeeld de eigenfrequentie van vloeren samenvalt met de frequenties die door de treinen in de bodem worden gebracht.

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 zal, gezien de verwachte maximale trillingsterkte tot 0,9 à 1,1 in de gehele eerstelijnsbebouwing van het plan, ruim kunnen worden 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.



Ook deze waarde kan worden overschreden waarmede sprake is van een in relatie tot de SBR B niet inpasbare situatie.

Hoewel toetsing van de trillingsterkte V_{per} daarmede in principe niet meer aan de orde is, is volledigheidshalve wel de V_{per} bepaald teneinde inzicht te verkrijgen in de wenselijke reducties.

Op basis van de tijdens de metingen geregistreerde passages en de daarbij behorende maximale trillingsterkte is de trillingsterkte V_{per} bepaald en deze bedraagt maximaal 0,12. Hiermee wordt ook deze streefwaarde overschreden.

5 Mogelijke maatregelen

5.1 Reductiedoelstelling

In principe zijn voor nieuwbouwwoningen nabij spoorwegen technieken beschikbaar die bescherming bieden tegen trillingen.

In het onderhavige geval zal evenwel in eerste instantie het probleem verder ingekaderd dienen te worden waarbij onder andere bezien dient te worden hoe ver het probleem zich fysiek uitstrekt (afstand tot de sporen).

Met een te verwachten trillingsterkte $V_{\max}$ in woningen van maximaal ca. 1,1 bij een na te streven waarde van 0,2, en een te verwachten V_{per} van maximaal ca. 0,12 bij een streefwaarde van 0,05, kan worden geconcludeerd dat in de woningen een reductiedoelstelling met circa een factor 5 à 6 aan de orde kan zijn. Gezien onze ervaring met vergelijkbare projecten kan in eerste instantie worden opgemerkt dat een dergelijke doelstelling als technisch oplosbaar kan worden gekwalificeerd.

5.2 Mogelijk te treffen maatregelen

Om de trillingen vanwege passerende treinen met een factor 5 à 6 te reduceren dienen maatregelen te worden getroffen. In principe kan onderscheid worden gemaakt in bronmaatregelen, overdrachtsmaatregelen of maatregelen bij de ontvanger.

Bronmaatregelen zijn meestal het meest effectief, echter in de praktijk bij bestaand spoor vaak niet meer realistisch. Hierbij kan worden gedacht aan een verend materiaal onder het ballastbed, onder de dwarsliggger, of een verende oplegging van het gehele systeem (floating slab track).

In de overdracht kan worden gedacht aan toepassing van stijve constructies in de bodem tussen spoor en gebouw (schermen zoals diepwand, jetgrouten wand e.d.), al dan niet bekleed met een extra slappe laag. Ook een onderbreking van de bodem zal trillingen reduceren, denk aan sleuven e.d..

Bij dergelijk oplossingen (zowel stijve wand als sleuf) speelt een belangrijke rol bij welke frequenties de trillingen zich voordoen. Hoogfrequent zijn dergelijke maatregelen vaak al effectief met relatief beperkte diepten. Bij meer laagfrequente trillingen kan het zijn dat dergelijke maatregelen pas zinvol worden met diepten tot 15 à 20 m, soms zelfs nog meer.

Als maatregelen aan het gebouw zelf kan worden gedacht aan het optimaliseren van het vloerontwerp. Bij verticale trillingen is vloergedrag vaak mede bepalend. Verstijven door toepassing dikkere vloeren, kleinere overspanningen e.d. kunnen dan bijdragen aan verlaging van de trillingniveaus. De eigenfrequentie van vloeren dient daarbij uit de buurt te

liggen van de aangeboden trillingen. Het is niet altijd zo dat verstijven beter is. Soms kan het verlagen van de eigenfrequentie, dus een slappere vloer, juist verbetering bieden. Om horizontale trillingen te reduceren kan in het constructieve ontwerp worden gedacht aan verstijven van de constructie (meer constructieve delen, constructief zware kernen enz.).

Ook kan worden gedacht aan het toepassen van een zwaarder fundament. Hierdoor wordt een grotere impedantiesprong gecreëerd tussen bodem en gebouw waarmee de trillingen vanuit de bodem minder makkelijk het gebouw in komen. In principe kan worden gesteld dat des te stijver en zwaarder het fundament wordt uitgevoerd des te meer de trillingniveaus worden gereduceerd.

Verder wordt ook het volledig afveren van gebouwen toegepast. De mogelijkheden worden ook hier in sterke mate bepaald door de 'probleemfrequenties'. Trillingen van 10 à 15 Hz en hoger kunnen in het algemeen op deze wijze nog effectief worden gereduceerd. Als de trillingen laagfrequentier zijn dan wordt het problematisch. Afveren kan soms geschieden op discrete oplegpunten (poeren, paalkoppen e.d.) danwel door het dubbel uitvoeren van fundaties (fundatie - verende laag - fundatie met daarop gebouw).

Dimensioneren en optimaliseren van maatregelen vindt meestal plaats middels een dynamisch rekenmodel (eindige elementen methode) waarbij zowel aanstoting, bodem en geprojecteerd gebouw gemodelleerd worden. 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 het gebouw 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.

5.3 Voorliggende situatie

Voor het huidige plan wordt geadviseerd om nader onderzoek uit te voeren middels een Eindig Elementen Methode (EEM) studie. Hiermee kan op de eerste plaats een nauwkeuriger voorspelling worden gegeven van de te verwachten trillingsterkte in de woningen en appartementen van de verschillende plandelen.

Op basis van die voorspelling volgt meer inzicht in de werkelijke overschrijding en welke frequenties maatgevend zijn, waarbij de overschrijding naar verwachting eerder lager uit zal vallen dan hoger omdat bij de huidige voorspelling een worstcase aanname is gemaakt ten aanzien van de opslinging van de trillingen door het gebouw.

Op de tweede plaats kan met een EEM model het effect van de maatregelen worden onderzocht. Hiermee kunnen zowel maatregelen aan het fundament als maatregelen in het gebouw worden onderzocht.

6 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 ruim zullen worden overschreden. Teneinde te voldoen aan de criteria van de SBR B dienen de trillingsterkten naar verwachting met een factor 5 à 6 gereduceerd te worden.

Op basis van ervaring dient een dergelijke mate van reductie normaliter nog als technisch oplosbaar te worden gekwalificeerd.

Mook,

Dit rapport bevat 20 pagina's