

## Rapport

Lid NLingenieurs  
ISO 9001 gecertificeerd

Betreft: Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer in  
geprojecteerde woningen van plan Woongebied West te Oisterwijk

Rapportnummer: H 4594-1-RA-001

Datum: 9 januari 2013

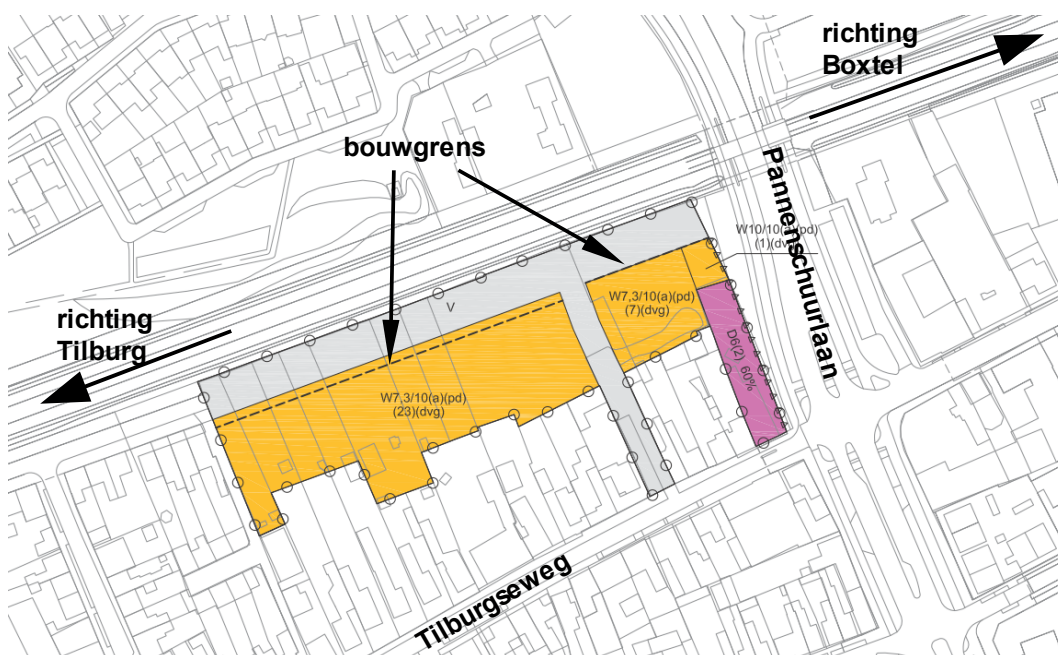
Ref.: LL/EdV/HT/H 4594-1-RA-001

### 1. Inleiding

In opdracht van gemeente Oisterwijk is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in geprojecteerde woningen van het plan Woongebied West te Oisterwijk.

Het bouwplan is gesitueerd tot op korte afstand van de spoorlijn Tilburg - Boxtel. In het bouwplan zal een aantal eengezinswoningen worden gerealiseerd. De bouwgrens is gesitueerd tot op ca. 23 m afstand van het midden van de spoorlijnen.

Figuur 1 toont de ligging van de geprojecteerde woningbouw.



Figuur 1: Verbeelding bestemmingsplan Woongebied West, tweede herziening

Peutz bv  
Paletsingel 2, Postbus 696  
2700 AR Zoetermeer  
Tel. (079) 347 03 47  
Fax (079) 361 49 85  
info@zoetermeer.peutz.nl

Lindenlaan 41, Molenhoek  
Postbus 66, 6585 ZH Mook  
Tel. (024) 357 07 07  
Fax (024) 358 51 50  
info@mook.peutz.nl

Oosterweg 127, Haren (Gn)  
Postbus 7, 9700 AA Groningen  
Tel. (050) 520 44 88  
Fax (050) 526 31 78  
info@ groningen.peutz.nl

Montageweg 5  
6045 JA Roermond  
Tel. (0475) 324 333  
info@roermond.peutz.nl

www.peutz.nl

Peutz GmbH  
Düsseldorf, Dortmund, Berlin  
info@peutz.de  
www.peutz.de

Peutz SARL  
Paris, Lyon  
Info@peutz.fr  
www.peutz.fr

Peutz bv  
London  
info@peutz.co.uk  
www.peutz.co.uk

Daidalos Peutz bvba  
Leuven  
Info@daidalospeutz.be  
www.daidalospeutz.be

Peutz  
Sevilla  
info@peutz.es  
www.peutz.es

Köhler Peutz Geveltechniek bv  
Zoetermeer  
Info@gevel.com  
www.gevel.com

Oprachten worden aanvaard  
en uitgevoerd volgens De  
Nieuwe Regeling 2011

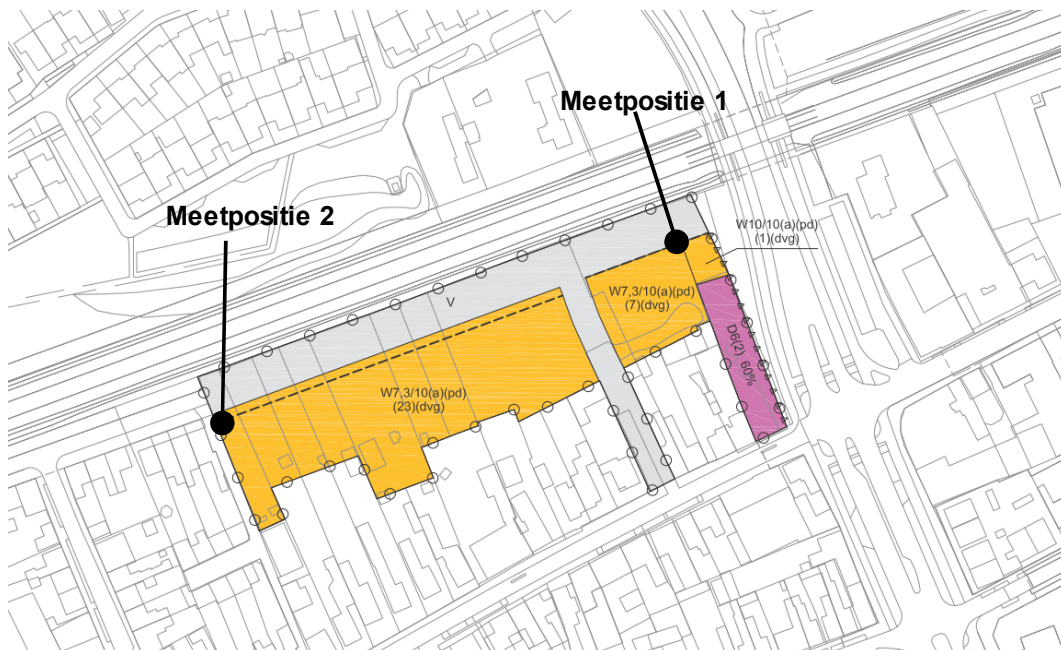
BTW identificatienummer  
NL004933837B01  
KvK: 12028033

Het onderzoek bezit een in eerste instantie indicatief karakter. Doel van het onderzoek is te bezien in hoeverre te hanteren streefwaarden mogelijk worden overschreden.

Voor de beoordeling van de in de woning te verwachten trillingen is, zoals gebruikelijk, uitgegaan van de streefwaarden voor de maximaal optredende trillingsnelheden 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

Op d.d. 13 december 2012 zijn binnen het plangebied trillingmetingen verricht. Hierbij zijn op een tweetal meetposities de trillingen in de bodem gemeten. Figuur 2 toont de gehanteerde meetposities.



*Figuur 2: Meetposities*

De meetposities zijn gelegen bij de dichtstbij het spoor gelegen bouwrens. Hierbij is meetpositie 1 gelegen op korte afstand van de spoorwegovergang.

Voor de beoordeling van de metingen is aansluiting gezocht bij de SBR Richtlijn deel B (Hinder voor personen in gebouwen).

## 2.1. Meetinstrumenten

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

De meetsensoren zijn bevestigd op een grondpen die in de bodem is geslagen.

## 2.2. Meetresultaten

De metingen zijn verricht tussen 11.00 en 14.30 uur op 13 december 2012.

Op basis van de ter plaatse in de afzonderlijke richtingen gemeten trillingniveaus in combinatie met het normaliter te verwachten trillingsgedrag van woningen, met name mogelijk optredende opslinging in vloeren, kan worden gesteld dat de verticale trillingen (z-richting) maatgevend zullen zijn bij de beoordeling.

De hierna weergegeven resultaten beperken zich dan ook tot deze z-richting.

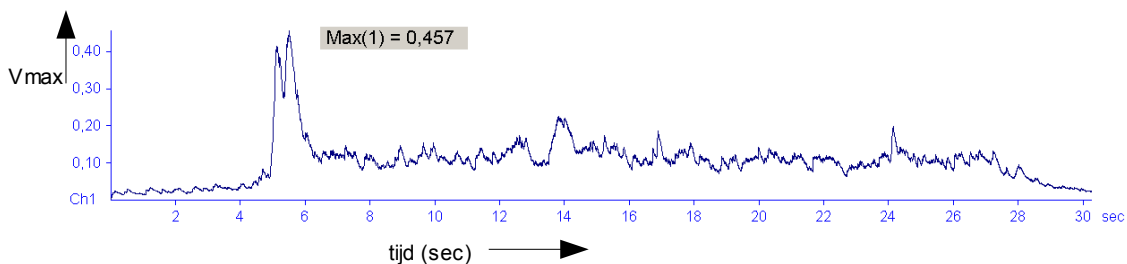
Voor de beoordeling in relatie tot mogelijke trillinghinder is de trillingsterkte (dimensieloos) bepaald overeenkomstig SBR richtlijn B (De conform SBR B gewogen waarde over het frequentiegebied van 1 tot 80 Hz).

Tabel 1 geeft een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes  $V_{max}$ . In de tabel wordt voor een aantal van de metingen verwezen naar figuren in bijlage I waarin de spectrale verdeling van het trillingniveau is weergegeven.

Tabel 1: Meetresultaten

Tijd	Type trein	Rijrichting	Maximaal optredende trillingsterkte [-]		Figuur
			positie 1	positie 2	
11:00	MAT64	west	0,17		
11:02	MAT64	oost	0,09		
11:11	dubbeldekker	oost	0,18		
11:13	intercity	west	0,18		I.1
11:31	MAT64	west	0,03		
11:49	intercity	west	0,16		
12:01	MAT64	west	0,18		
12:02	MAT64	oost	0,20		I.2
12:04	goederentrein	west	0,11		
12:09	MAT64	oost	0,19		
12:12	goederentrein	west	0,32		I.3
12:17	goederentrein	west	0,46		I.4
13:00	MAT64	west		0,04	
13:02	MAT64	oost		0,03	
13:04	goederentrein	west		0,08	
13:17	intercity	west		0,06	
13:22	goederentrein	oost		0,08	I.5
13:30	MAT64	west		0,03	
13:32	MAT64	west		0,04	
13:35	goederentrein	west		0,07	
13:41	dubbeldekker	oost		0,06	
13:47	dubbeldekker	west		0,02	
13:53	goederentrein	west		0,10	I.6
13:58	MAT64	west		0,03	
14:02	MAT64	oost		0,05	I.7
14:11	intercity	oost		0,08	I.8
14:17	dubbeldekker	west		0,04	

Figuur 3 toont illustratief de trillingsterkte als gevolg van een passage van een goederentrein als functie van de tijd.



Figuur 3: Trillingsterkte als functie van de tijd (passage goederentrein om 12:17 uur)

### 3. Normstelling

In het kader van objectivering van mogelijke hinder ondervonden in een trillinggevoelige bestemming worden de gemeten trillingsterkten getoetst aan de in dit kader te hanteren streefwaarden zoals opgenomen in de SBR Richtlijn B 'Hinder voor personen in gebouwen'.

De trillingen ten gevolge van railverkeer kunnen worden gekwalificeerd als zogenaamde herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd. Voor nieuwe situaties dienen daarbij de streefwaarden zoals weergegeven in tabel 2 van de SBR B te worden gehanteerd:

Tabel 2: Streefwaarden conform SBR B

gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

### 4. Beoordeling

#### 4.1. Metingen

Beschouwing van tabel 1 toont dat tijdens de metingen een 7-tal passages van goederentreinen is gemeten. Verder is sprake van een 20-tal passages van passagierstreinen. De metingen kunnen daarmee als voldoende representatief worden aangemerkt.

Aangaande de meetresultaten kan worden gesteld dat in de meetpositie 1 trillingsterkten in de bodem optreden tot 0,47 bij treinpassages.

De hoogste trillingsterkten worden veroorzaakt door passerende goederentreinen. De trillingsterkten vanwege passagierstreinen zijn enigszins lager met waarden tot 0,20.

In meetpositie 2 treden lagere trillingsterkten op dan in meetpositie 1. In meetpositie 2 treden trillingsterkten in de bodem op tot 0,10. De oorzaak van dit verschil is niet bekend. Zowel de geringere afstand tot het spoor als de bij meetpositie 1 aanwezige spoorwegovergang kunnen van invloed zijn op de aangetroffen trillingsterkte.

Op basis van de figuren in bijlage I kan worden gesteld dat bij passages van goederentreinen sprake is van verhoogde trillingniveaus in een breedbandig frequentiegebied tussen ca. 4 en 80 Hz. Bij passages van passagierstreinen is sprake van verhoogde trillingniveaus in een breedbandig frequentiegebied tussen 10 en 80 Hz.

## 4.2. Geprojecteerde woningen

De gemeten trillingsterkten dienen in principe gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslingering van (vrij overspannen) vloervelden.

Voor frequenties beneden 30 Hz kan sprake zijn van een relevante opslingering van trillingen in de vloer (globaal tot 8 à 10 dB). Bij de overgang van bodem naar fundament zal sprake zijn van een demping van globaal 5 dB. Eén en ander resulteert in een verhoging ten opzichte van de bodemmeting van 3 à 4 dB (factor 1,5).

Voor de frequenties boven 40 Hz zal sprake zijn van een verlies bij het fundament van eveneens ca. 5 dB. In normaliter toe te passen vloeren zal echter geen sprake meer zijn van opslingering bij deze frequenties. Eén en ander resulteert in een verlaging ten opzichte van de bodemmeting van ca. 5 dB (factor 1,8).

De meetwaarden zoals genoemd in paragraaf 4.1 in combinatie met de aangegeven dempingen en versterkingen resulteren in te verwachten trillingsterkten in woningen zoals weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Te verwachten trillingsterkten in woningen

Meetpositie	Trillingsterkte [-]	
	passagierstreinen	Goederentreinen
1	0,30	0,63
2	0,10	0,12

## 5. Toetsing

Voor woningen geldt een zogenaamde onderste streefwaarde  $A_1$  van 0,1. Deze waarde zal, gezien de resultaten zoals weergegeven in tabel 3, in beide posities worden overschreden.

Bij overschrijding van de onderste streefwaarde wordt in eerste instantie toetsing aan de bovenste streefwaarde  $A_2$  relevant. Omdat ook in de nacht sprake is van passerende treinen geldt een maatgevende  $A_2$  van 0,2.

Voor het meest oostelijke deel van de geprojecteerde woningen (meetpositie 1 nabij de spoorwegovergang) wordt ook deze waarde overschreden waarmee sprake is van een trillingstechnisch niet zonder meer inpasbare situatie.

Voor het meest westelijke deel van de geprojecteerde woningen (meetpositie 2 nabij de Pastoor van de Meijdenstraat) wordt voldaan aan deze waarde, zodat getoetst dient te worden aan de trillingsterkte  $V_{per}$ .

Voor de volledigheid is voor beide meetposities de trillingsterkte  $V_{per}$  bepaald teneinde inzicht te verkrijgen in de wenselijke reducties.

In tabel 4 is de voor onderhavig onderzoek gehanteerde frequentie van voertuigpassages weergegeven (afgerond naar boven op een geheel aantal passages per uur). Deze waarden zijn ontleend uit het Geluidregister van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu vermeerderd met 40% (eventuele toekomstige groei overeenkomend met de in het Geluidregister gehanteerde plafondcorrectiewaarde van 1,5 dB).

**Tabel 4:** Gehanteerde frequentie van voertuigpassages

Treintype	Frequentie per uur		
	Dagperiode (07.00-19.00 uur)	Avondperiode (19.00-23.00 uur)	Nachtperiode (23.00-07.00 uur)
Passagierstrein	27	23	8
Goederentrein	8	8	8

Voor de berekening van de trillingsterkte ( $V_{per}$ ) is de kwadratisch gemiddelde  $V_{max}$  bepaald over de gemeten passages van goederentreinen en passagierstreinen. Tabel 5 toont voor beide meetposities de in de woning te verwachten kwadratische gemiddelde trillingsterkte.

**Tabel 5:** Te verwachten kwadratisch gemiddelde  $V_{max}$  in woningen

Meetpositie	Trillingsterkte [-]	
	passagierstreinen	Goederentreinen
1	0,23	0,46
2	0,06	0,11

Op basis van de kwadratisch gemiddelde trillingsterkte in de woningen is de trillingssterkte ( $V_{per}$ ) bepaald op maximaal 0,16 in de dagperiode, 0,16 in de avondperiode en 0,14 in de nachtperiode. Hiermee wordt de streefwaarde van 0,05 overschreden. Deze overschrijding treedt op in de geprojecteerde woningen die gelegen zijn aan de oostzijde van het plan (ter hoogte van meetpositie 1).

In de geprojecteerde woningen aan de westzijde van het plangebied bedraagt de  $V_{per}$  maximaal 0,04 in de dagperiode, 0,04 in de avondperiode en 0,03 in de nachtperiode. Hiermee wordt voldaan aan de streefwaarde.

## 6. Mogelijke maatregelen

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 zal dienen te worden hoever het probleem zich fysiek uitstrekt.

In het onderhavige geval is sprake van woningbouw die is voorzien op korte afstand van het spoor. Binnen het plan treden de hoogste trillingniveaus op ter hoogte van de spoorwegovergang met de Pannenschuurlaan (meetpositie 1).

Met een te verwachten trillingsterkte in woningen van maximaal ca. 0,63 bij een na te streven waarde van 0,2, en een te verwachten  $V_{per}$  van maximaal ca. 0,14 bij een streefwaarde van 0,05, kan worden geconcludeerd dat in de woningen een reductiedoelstelling met circa een factor 3 aan de orde is. Gezien ervaringen elders in den lande kan in eerste instantie worden opgemerkt dat een dergelijke doelstelling als zeer wel realiseerbaar kan worden gekwalificeerd.

Een in onderhavige situatie in principe mogelijke trillingisolierende voorziening is het aanbrengen van een flexibel materiaal tussen de fundering en de opbouw van de geprojecteerde gebouwen. In bijlage II van dit rapport is dit principe weergegeven (overgenomen uit leveranciersdocumentatie). Bijlage III bevat tevens een nadere illustratie. Dergelijke trillingisolatoren kunnen bestaan uit matten gemaakt van polyurethaanschuim, rubber of kurkachtige stoffen. Genoemde matten kunnen eventueel dienen als bekisting ten behoeve van het storten van beton. In kritischer situaties (bij specifieke laagfrequente aanstoting) kunnen ook stalen veren(pakketten) worden toegepast.

De benodigde voorzieningen zullen op basis van nader onderzoek verder gedimensioneerd moeten worden.

Naast het verder inkaderen van het probleemgebied zal daarbij verder, bijvoorbeeld middels toepassing van FEM (Finite Element Method) modellering c.q. rekenmethoden, nader inzicht verkregen dienen te worden in de trillingoverdracht van trein naar woonvloer met inbegrip van invloeden van bodem (door middel van sonderingsgegevens), fundering (heipalen, stijve kelders), trillingisolerende afvering (matten) en gebouwresponsie (vloeropslingering). 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.

## 7. 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.

Hierbij wordt opgemerkt dat de overschrijding beperkt is tot de geprojecteerde woningen aan de oostzijde van het plangebied. In de geprojecteerde woningen aan de westzijde zullen naar verwachting trillingniveaus optreden die voldoen aan de na te streven waarden van de SBR.

Op basis van het onderhavige onderzoek kan worden geconcludeerd dat, teneinde te voldoen aan de gehanteerde criteria, de trillingniveaus in de hoogste belaste woningen met een factor van ca. 3 dienen te worden gereduceerd.

Op basis van ervaring dient de situatie beoordeeld te worden als kritisch maar zeer wel technisch oplosbaar is. De exacte maatregelen kunnen pas in een later stadium worden gedimensioneerd. Middels deze maatregelen kan een acceptabel woonklimaat worden gewaarborgd.

Dit rapport bestaat uit:  
9 pagina's.

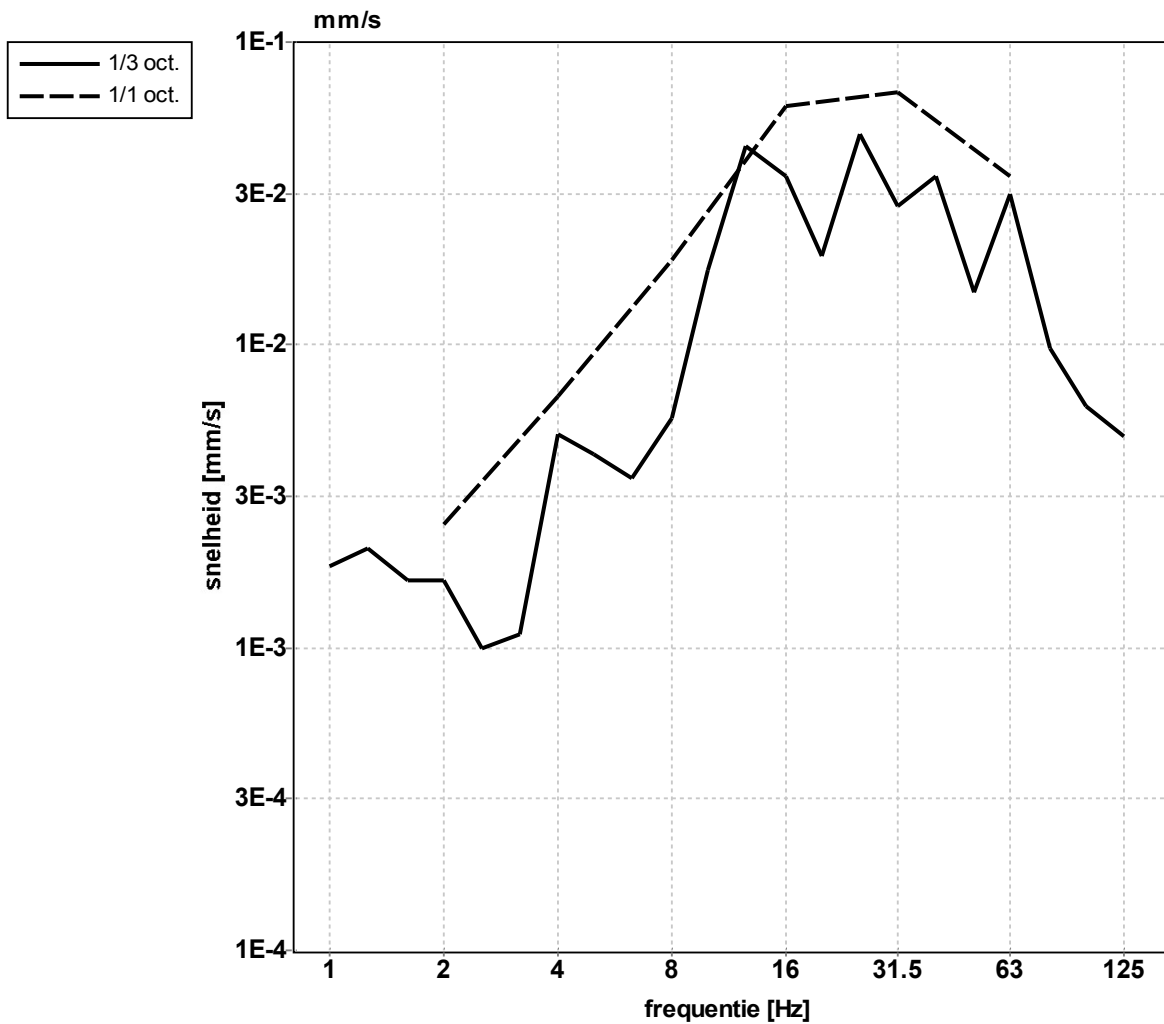
 Mook,



## 11:13; meetpositie 1; passage intercity

meetdatum 13122012  
bestandsnaam h4594m1.lvn

Gemiddelde waarde = 0,1012 mm/s



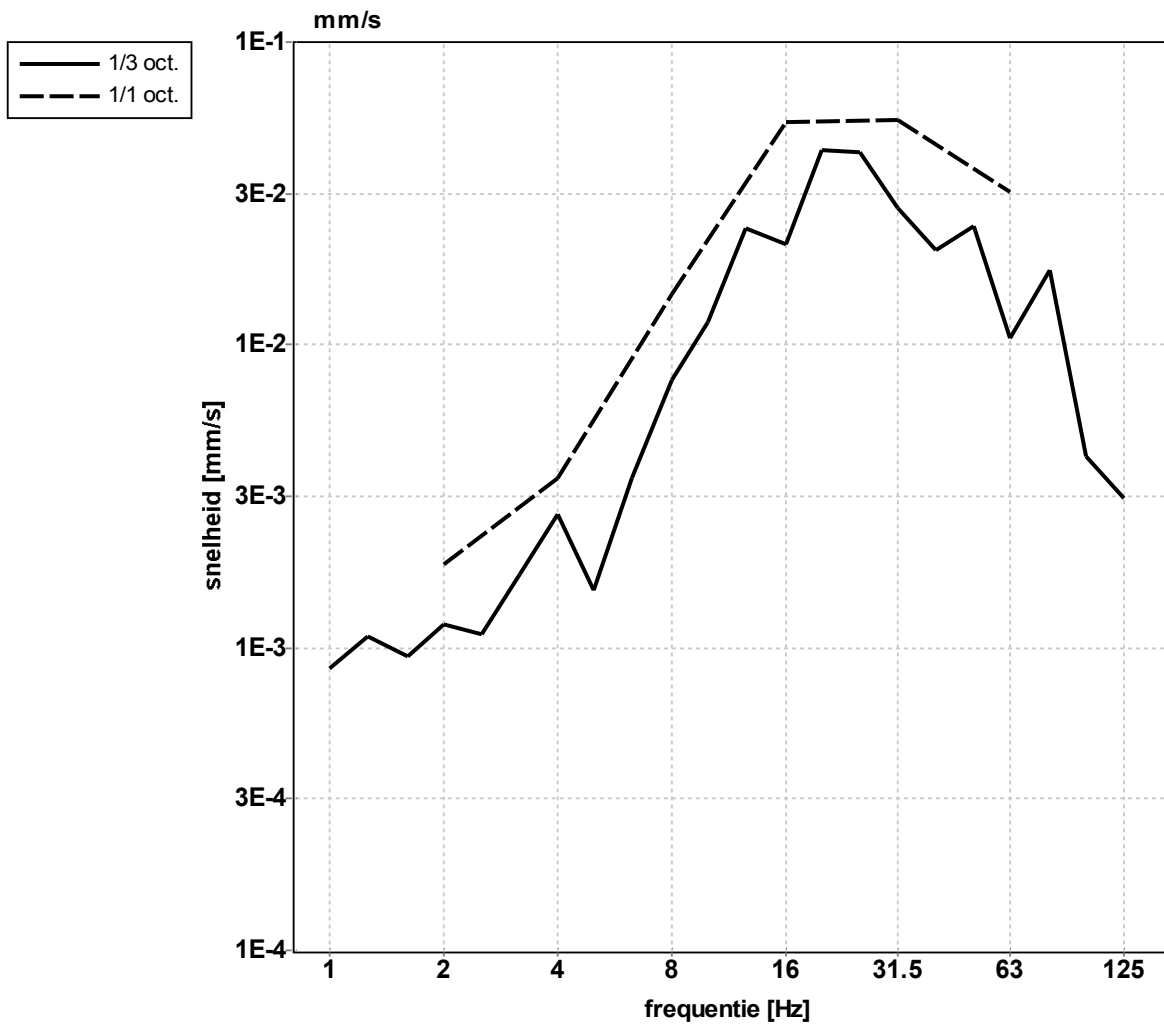
getalwaarden behorend bij grafiek: [ x 0,01]

freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125	Hz
1/3 oct.	0,186 0,211	0,168 0,099	0,111 0,437	0,363 1,778	4,519 1,972	4,955 3,631	1,496 0,977	0,631	0,501 mm/s
1/1 oct.		0,257	0,678	1,902	6,123	6,786	3,632		m m /

12:02; meetpositie 1; passage MAT64

meetdatum 13122012  
bestandsnaam h4594m1.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0861 mm/s



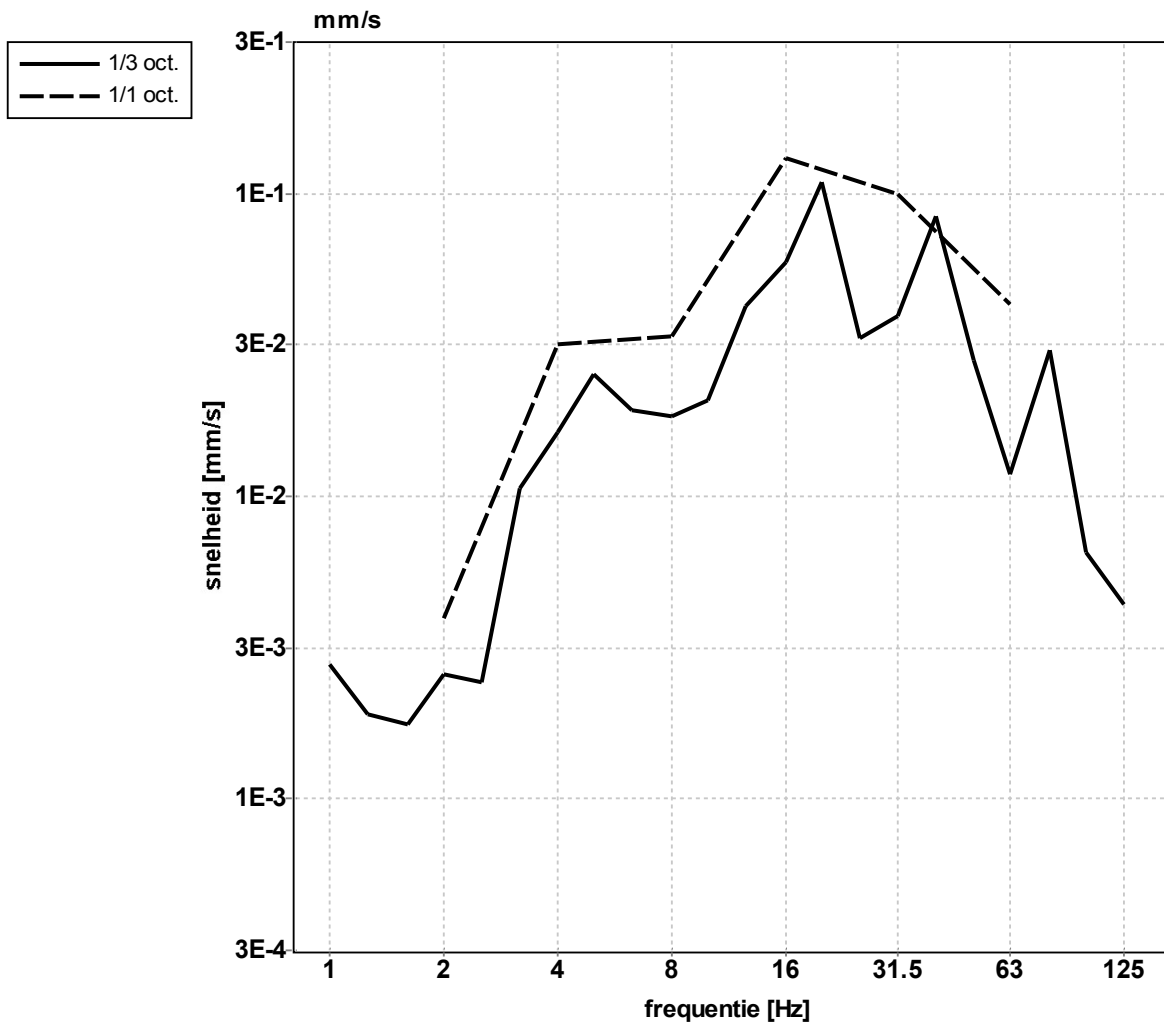
getalwaarden behorend bij grafiek: [ x 0,01]

freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125	Hz
1/3 oct.	0,085 0,110	0,093 0,120 0,111	0,174 0,275 0,155	0,363 0,767 1,189	2,427 2,138 4,416	4,315 2,818 2,042	2,455 1,047 1,778	0,432 0,313	mm/s
1/1 oct.		0,188	0,361	1,461	5,473	5,544	3,207		m m /

## 12:12; meetpositie 1; passage goederentrein

meetdatum 13122012  
bestandsnaam h4594m1.lvn

Gemiddelde waarde = 0,176 mm/s

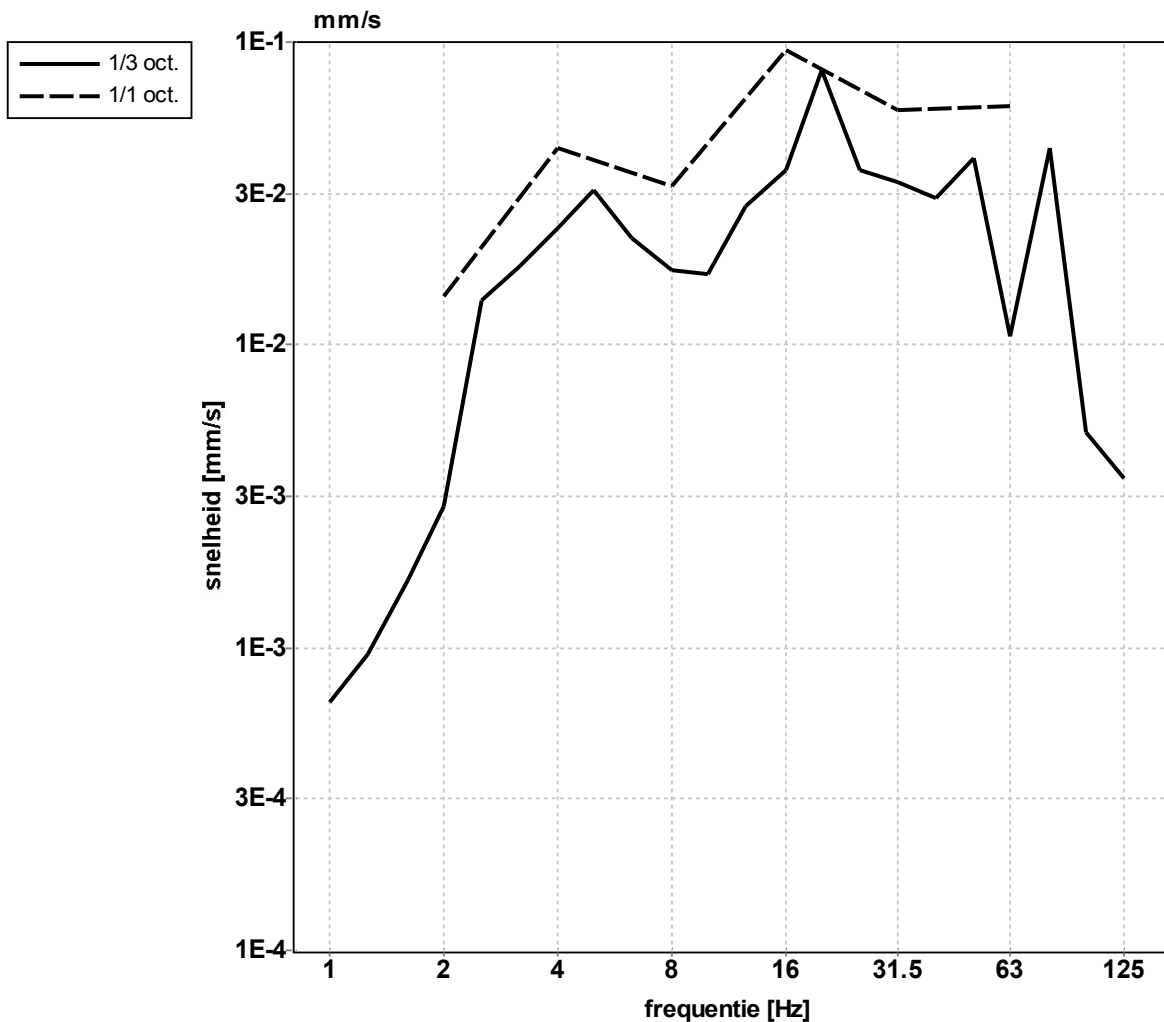


getalwaarden behorend bij grafiek: [ x 0,1]									
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz	
1/3 oct.	0,028 0,019	0,018 0,026 0,024	0,106 0,162 0,251	0,193 0,184 0,207	0,422 0,596 1,084	0,335 0,394 0,841	0,282 0,117 0,305	0,065 0,044	mm/s
1/1 oct.		<b>0,039</b>	<b>0,317</b>	<b>0,337</b>	<b>1,307</b>	<b>0,987</b>	<b>0,432</b>		m m /

## 12:17; meetpositie 1; passage goederentrein

meetdatum 13122012  
bestandsnaam h4594m1.lvn

Gemiddelde waarde = 0,1396 mm/s



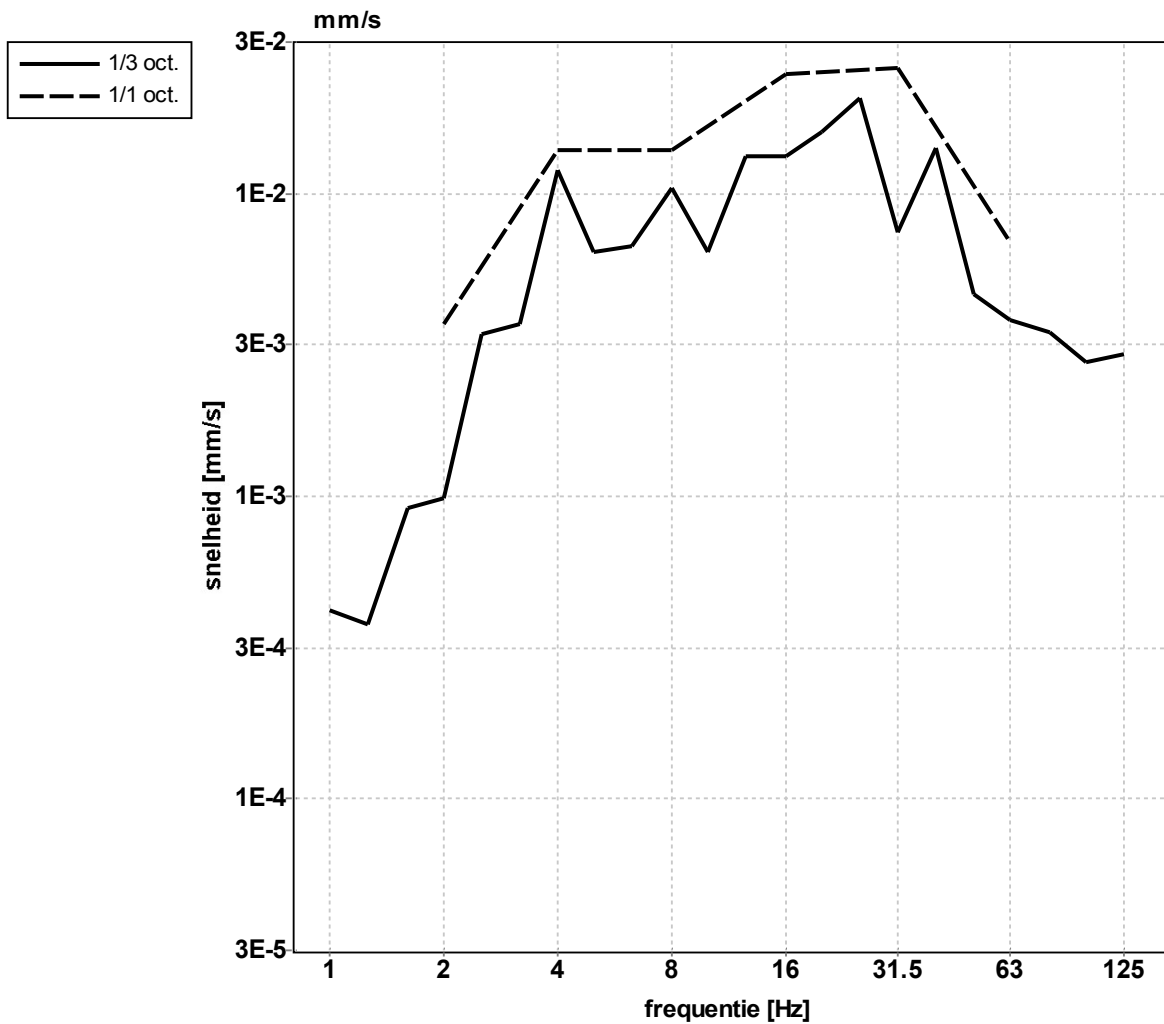
getalwaarden behorend bij grafiek: [ x 0,01]

freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125	Hz
1/3 oct.	0,066 0,094	0,168 0,295 1,413	1,820 2,427 3,236	2,265 1,758 1,718	2,851 3,758 8,128	3,758 3,467 3,055	4,121 1,072 4,467	0,513 0,363	mm/s
1/1 oct.		1,453	4,435	3,342	9,398	5,957	6,171		m m /

## 13:22; meetpositie 2; passage goederentrein

meetdatum 13122012  
bestandsnaam h4594m1.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0417 mm/s

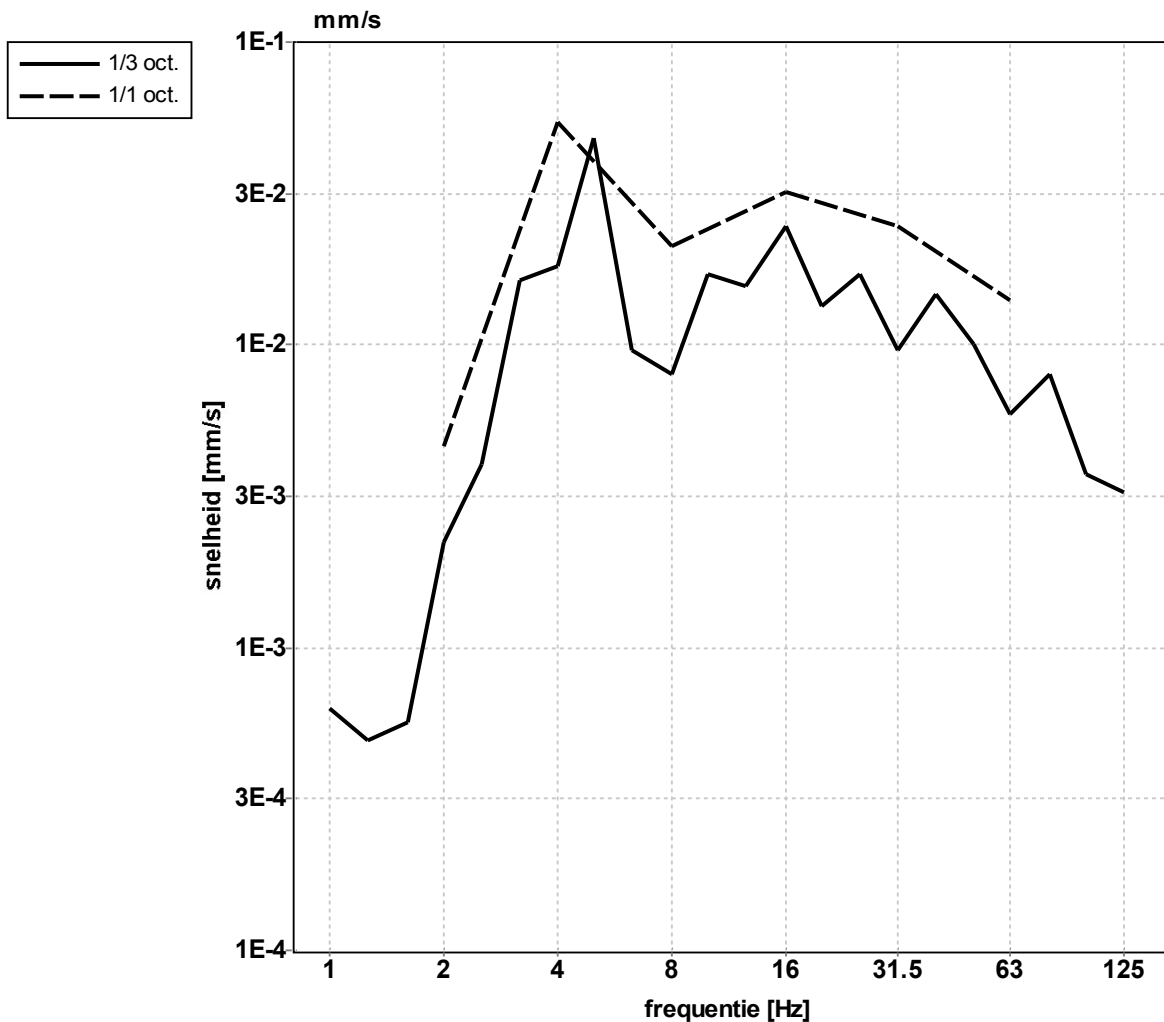


getalwaarden behorend bij grafiek: [ x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,042 0,038	0,091 0,343	0,372 1,189 0,638	0,668 1,047 0,638	1,334 1,334 1,585	2,065 0,741 1,413	0,462 0,380 0,347	0,275 0,295 mm/s
1/1 oct.		0,368	1,399	1,397	2,463	2,610	0,692	m m /

## 13:53; meetpositie 2; passage goederentrein

meetdatum 13122012  
bestandsnaam h4594m1.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0724 mm/s



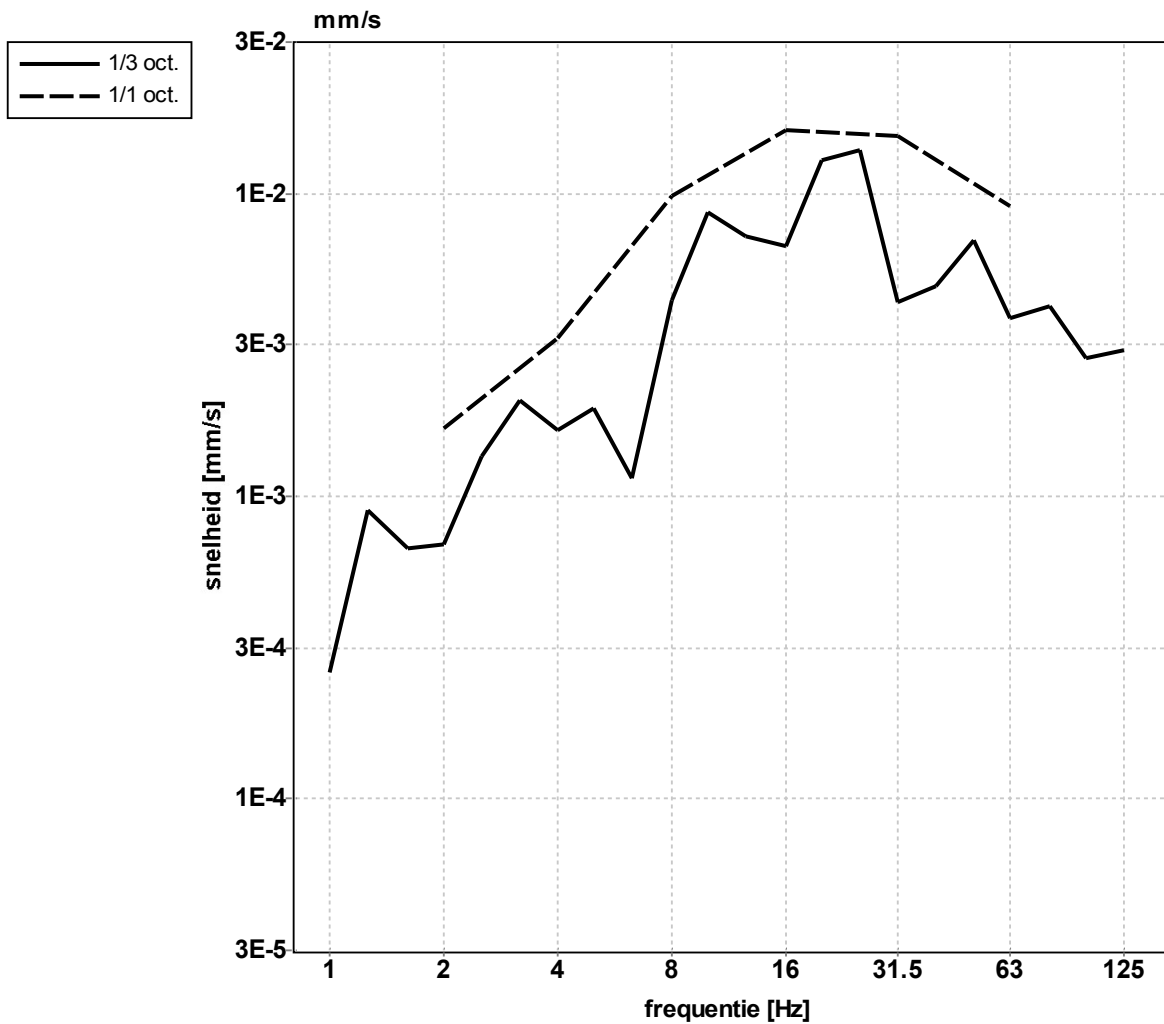
getalwaarden behorend bij grafiek: [ x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,063 0,050	0,224 0,403	1,641 4,842	0,966 1,718	1,567 1,334	1,718 1,479	1,000 0,794	0,376 0,324 mm/s
1/1 oct.		0,464	5,426	2,125	3,203	2,460	1,406	m m /



14:02; meetpositie 2; passage MAT64

meetdatum 13122012  
bestandsnaam h4594m1.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0266 mm/s



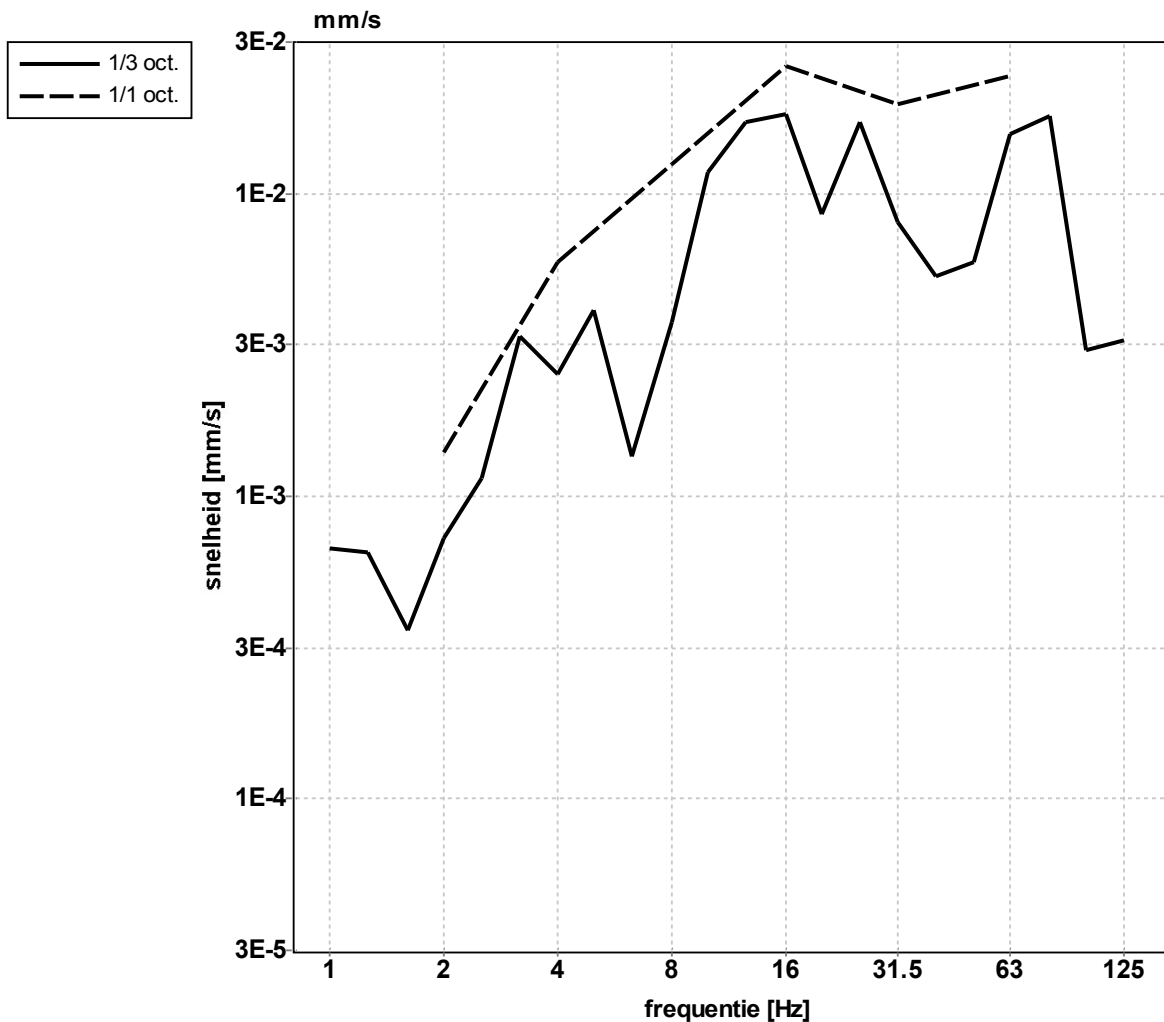
getalwaarden behorend bij grafiek: [ x 0,01]

freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125	Hz
1/3 oct.	0,026 0,090	0,067 0,136	0,209 0,166 0,195	0,115 0,447 0,871	0,724 0,668 1,288	1,396 0,437 0,495	0,700 0,389 0,422	0,285 0,305	mm/s
1/1 oct.		0,167	0,330	0,986	1,622	1,545	0,905		m m /

## 14:11; meetpositie 2; passage intercity

meetdatum 13122012  
bestandsnaam h4594m1.lvn

Gemiddelde waarde = 0,0437 mm/s

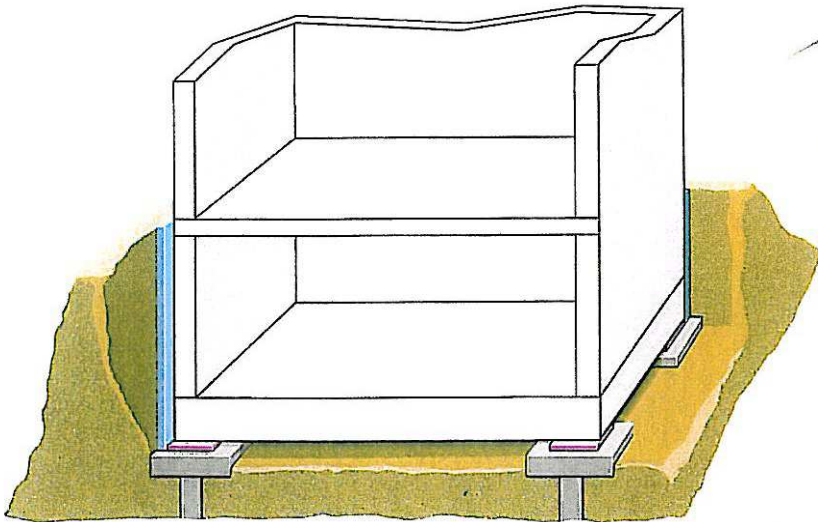


getalwaarden behorend bij grafiek: [ x 0,01]								
freq.	1	2	4	8	16	31.5	63	125 Hz
1/3 oct.	0,067 0,065	0,036 0,072 0,115	0,339 0,254 0,412	0,135 0,376 1,175	1,718 1,820 0,851	1,718 0,804 0,537	0,589 1,567 1,799	0,305 0,327 mm/s
1/1 oct.		<b>0,140</b>	<b>0,591</b>	<b>1,241</b>	<b>2,643</b>	<b>1,971</b>	<b>2,457</b>	<b>m m /</b>



Bei einer Pfahlgründung oder der Lagerung einzelner Stützen erfolgt die elastische Entkopplung am sinnvollsten über Einzelager. Für die Auswahl des geeigneten Lager-Typs ist die vorliegende Belastung maßgebend. Die Lagerfläche kann dabei ggf. durch aufgesetzte Pfahlköpfe so angepaßt werden, daß sich für den festgelegten Sylomer®-Typ die optimale Pressung einstellt. Zur Anwendung kommen für Punktlager in der Regel sehr hohe Raumgewichte. Genau wie bei einer vollflächigen und einer streifenförmigen-Lagerung sollten der Untergrund für die Lager sowie die angrenzenden Bauteile sehr steif sein.

## Punkt förmige - Lagerung





Toepassen matten en verzwaren fundering om trillingsoverlast te voorkomen

# Trillingvrij bouwen op 15 meter naast het spoor

Woningen naast een spoorlijn krijgen behalve met geluidbelasting ook te maken met trillingen. Dat geldt ook voor project het Eemstroom in Hooglanderveen (nabij Amersfoort). Opdrachtgever Van Bekkum Projecten en architect Han van Zwieten BNA lieten een onderzoek uitvoeren dat leidde tot een praktische en relatief goedkope oplossing in de vorm van matten en een verzwaarde fundering.

**Tekst:** Jan-Pieter den Hollander

**Foto's:** Han van Zwieten BNA, Peutz b.v., adviesbureau voor beton- en staalconstructies J.J. Datema B.V



Bij een project langs dezelfde spoorlijn klagden bewoners over het trillen van de woning. 'Dat wilden we hier voorkomen', zegt architect Frits ter Hark, 'en dus zochten we naar een adviseur die met deze problematiek overweg kon.' De adviseur werd Peutz; een bureau dat onder meer is gespecialiseerd in lawaai-beheersing en trillingstechniek.

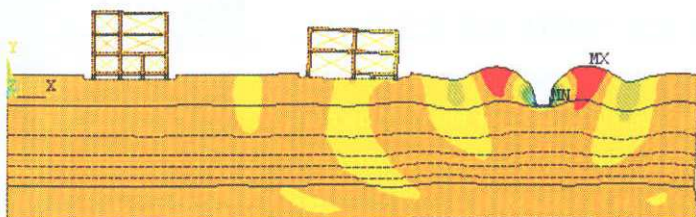
Project Eemstroom ligt op 15 meter van de

spoorlijn. 'Op dergelijke locaties is het naar onze overtuiging onmogelijk om met een paar vuistregels het effect van trillingisolerende voorzieningen te voorspellen', zegt projectleider F  lippe van Eekhout. Om een goede voorspelling te maken ontwierp Peutz een rekenmodel van de situatie op basis van de Eindig Elementen Methode in een programma als bijvoorbeeld ANSYS waarmee Peutz complexe,

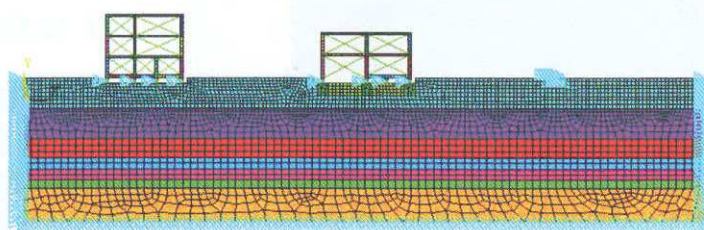
niet lineaire, berekeningen kan maken.

Peutz verifieerde het rekenmodel met metingen ter plaatse. 'Een model maken dat de werkelijkheid goed simuleert was niet eenvoudig', zegt Van Eekhout, 'maar uiteindelijk kwamen de uitkomsten van het model goed overeen met de meetresultaten.'

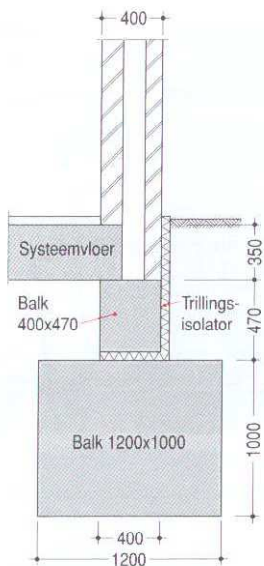
Berekeningen van de uitgangssituatie leerden dat maatregelen moesten worden getroffen



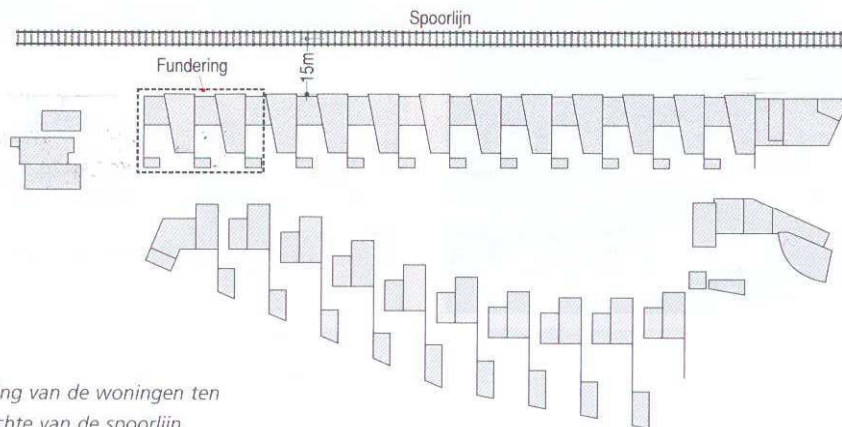
Resultaten rekenmodel zonder trillingisolerende voorzieningen.



Resultaten rekenmodel met de trillingisolerende voorzieningen (mat en zware funderingssloof).



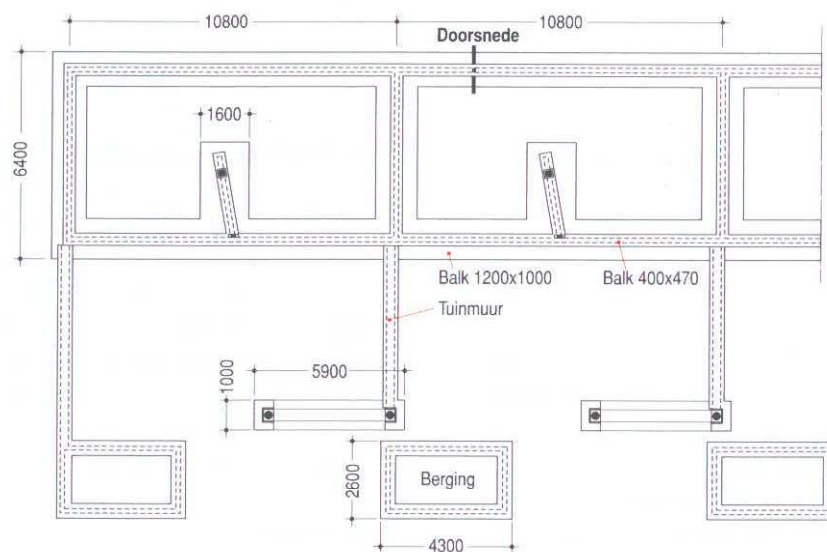
Doorsnede



Ligging van de woningen ten opzichte van de spoorlijn.

## SBR richtlijn

In het Bouwbesluit staan geen harde eisen ten aanzien van trillinghinder in woningen die dicht aan het spoor liggen. De Stichting Bouwresearch geeft een richtlijn op dit gebied uit genaamd 'Trilling: meet- en beoordelingsrichtlijnen'. Voor deze problematiek gaat het om Deel B - Hinder voor personen in gebouwen. Het document geeft objectieve criteria om meetresultaten te interpreteren aan de hand van onderzoek, praktijkvoorbeelden en metingen. Architectenbureau Han van Zwieten BNA adviseert opdrachtgevers om te voldoen aan de SBR-richtlijn. De richtlijn is te bestellen op [www.sbr.nl](http://www.sbr.nl)



Fundering

De funderingen van de tuinmuur en de berging hebben geen trillingsisolerende voorzieningen en staan los van de fundering van de woning.

om de woningen aan de SBR-richtlijn 'Trilling: meet- en beoordelingsrichtlijnen' te laten voldoen.

## Isolatoren

Peutz bedacht oplossingen en analyseerde het effect in het EEM model. In eerste instantie voegde Peutz een isolator aan het model toe tussen de opbouw van de woning en de funderingsbalk. Dit werkte onvoldoende, omdat de breedte van de fundering ongeveer even groot is als de golflengte van de trillingsgolf. Het leidde tot 'dansen' van de fundering op de trillingsgolven. Peutz loste het op door onder de funderingsbalk een zware funderingsvloof te voegen die de fundering verzwaarde en verstijfde. De isolator kwam nu tussen de funderingsbalk en de funderingsvloof.

ringsbalk en de funderingsvloof.

In een aantal stappen (iteraties) is het gewicht en daarmee de afmeting van de funderingsvloof bepaald. Grofweg 40 procent van het gewicht van de bovenbouw is aangebracht in de funderingsvloof. 'Dit is geen algemene regel, maar bepaald voor deze specifieke situatie', zegt Van Eekhout. Een bijkomend voordeel van het verzwaren was dat de fundering werkt als een barrière voor de trillingsgolven. Daardoor voldeden de woningen op de tweede lijn aan de SBR-richtlijn zonder voorzieningen. Verder werden de funderingsbalken en funderingsvloofen van alle woningen gekoppeld. Hierdoor gaan de funderingen zich als één geheel gedragen met grotere afmetingen dan de golflengte.

## Praktijkoplossing

Mogelijkheden voor de isolator waren een mat of een veer. De keus viel op een mat, omdat een veer onderhoudsgevoelig is en duurder. Het eerste idee was matten over de hele lengte van de funderingsbalk leggen. 'Nodeloos duur', zegt Berry Traa van Bouwonderneming van Bekkum bv in Hooglanderveen. 'We hebben toen in overleg met leverancier Caldic besloten om de matten in blokjes van 40 x 40cm op de balk te leggen en de tussenruimte op te vullen met steenwol.' De uitvoering was ingewikkelder, maar de totale kosten waren lager. In overleg met de constructeur is bepaald wat de hart op hart afstand moest worden van de matten.

Het toevoegen van een funderingsvloof onder de funderingsbalk leidde tot een andere



Alle verzwaarde funderingssloven zijn gekoppeld tot een geheel.



De trillingisolerende matten op de sloof (rood). Tussen de matten het steenwol.



Bekisting en wapening in de funderingsbalk. De PS bekisting dient tegelijkertijd als trillingisolator.

manier van funderen. Door de forse afmetingen (1.200 x 1.000mm) kwam de onderzijde van de funderingssloof op draagkrachtige grond te liggen en waren palen overbodig. Een fundering op palen werd een fundering op staal. De sloof is ongewapend met betonkwaliteit B15. De funderingsbalk krijgt standaardwapening en betonkwaliteit B25.

### Kosten

De extra kosten voor het aanbrengen van de trillingisolerende voorzieningen waren € 10.400 per woning; € 5.000 voor de sloof en € 5.400 voor de matten. Daarnaast leverde het weglaten van de funderingspalen een besparing op in de kosten.

De prijzen van de woningen lopen uiteen van € 238 000 tot € 250.000. Van Bekkum gebruikte de trillingisolerende voorzieningen als een verkoopargument voor de woning en presenteerde ze in de folder. De voorzieningen voorkomen comfortproblemen tijdens gebruik en daardoor waardedaling van de woning. Al de woningen zijn verkocht voor oplevering van het project. □

## Oplossing project Spoorwegzone, Amersfoort

Het project bestaat uit taludwoningen van vier lagen en een woontoren van negen lagen. De afstand tot de spoorbaan is 20m. Het project is nog in het ontwerpstadium.

### Taludwoningen

Gekozen is voor een paalfundering. Uit de berekening met een computermodel bleek dat verzwaren van de fundering niet nodig is vanwege het gewicht van het gebouw (vier lagen). Over de palen loopt een dubbele funderingsbalk. Tussen de balken is de trillingisolerende mat aangebracht ter plaatse van de paal. De grondkerende wand wordt loodrecht op zijn vlak gesteund door een betonwand. Tussen de wanden komt de isolator.



Visualisatie van de woontoren en de taludwoningen in het project Spoorwegzone in Amersfoort.

### Woontoren

De woontoren staat op poeren met daaronder palen. De trillingoverlast is bepaald met een computermodel. De toren heeft dusdanige afmetingen (negen lagen) dat verzwaren van de fundering niet nodig is. Over de poeren lopen prefab funderingsbalken die de wanden dragen. Tussen de poeren en de funderingsbalk is de trillingisolerende mat aangebracht. De toren heeft een aantal kolommen die onder het maaiveld doorlopen naar de poer. De diameter van de kolom is boven maaiveld 550 mm. Onder het maaiveld verloopt deze van 550 mm naar 800 mm om de puntlast op de matten te spreiden. De kolom staat in een soort bakje dat ook aan de zijkanten is bekleed. Dit is nodig om de pendelkolom aan de onderzijde horizontaal te steunen.

## Oplossing project Stationsweg, Bunnik

Het project bestaat uit twee lagen patiowoningen. De afstand tot de spoorbaan is 13 meter. De woningen worden op palen gefundeerd. Op het terrein zijn metingen verricht waaruit bleek dat de trillingsnelheid de SBR-richtlijn met een factor drie overschrijdt. Door het verdubbelen van het gewicht van de fundering voldoen de woningen aan de richtlijn voor bestaande bebouwing (0,4 mm/s). De resultaten zijn onvoldoende nauwkeurig om te bepalen of de norm voor nieuwe bebouwing wordt gehaald (0,2 mm/s). Daarvoor zijn aanvullende metingen nodig op een heipaal. 'Dit is een kostbare aangelegenheid en omdat er geen wettelijke eisen zijn hebben we besloten om de verdubbeling van het gewicht toe te passen waarmee we aan de eis voor bestaande bebouwing voldoen', zegt Hans van Leeuwen van Creon Vastgoed. De verzwarende funderingsbalk 700 x 700mm en een druklaag op de begane grond (ribbenvloer).

## Projectgegevens

**Opdrachtgever:** Van Bekkum Projecten  
www.vanbekkum.nl  
**Architect:** Han van Zwieten BNA  
www.hanzwieten.nl  
**Constructeur:** adviesbureau voor beton- en staalconstructies J.J. Datema B.V.  
**Adviseur trillingstechniek:** Peutz b.v.  
www.peutz.nl  
**Aannemer:** Bouwonderneming van Bekkum bv  
Hooglanderveen, www.vanbekkum.nl  
**Importeur matten:** Caldic Isolatietechniek B.V.  
www.caldic.com  
**Producent matten:** Getzner,  
www.getzner.com