



De Jonkvrouw te Geldrop

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer



De Jonkvrouw te Geldrop

Te verwachten trillingniveaus als gevolg van railverkeer

opdrachtgever Wooninc.nl
rapportnummer OE 135-9-RA-003
datum 16 december 2016
referentie SvdA/EdV/HT/OE 135-9-RA-003
verantwoordelijke ir. S.P.M. van den Akker
opsteller ing. E. de Vries
 +31 24 3570763
 e.devries@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 24 357 07 07, info@peutz.nl, www.peutz.nl
opdrachten volgens 'De nieuwe regeling 2011' (DNR 2011) ingeschreven kvk onder nummer 12028033
lid NL-ingenieurs, iso-9001:2008 gecertificeerd

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1 Inleiding	4
2 Metingen	7
2.1 Doel van de metingen en meetmethode	7
2.2 Meetinstrumenten	7
2.3 Meetresultaten	7
3 Beoordeling	10
3.1 Metingen	10
3.2 Geprojecteerde woningen	12
4 Toetsing	14
4.1 Toetsingskader	14
4.2 Toetsing	14
5 Mogelijke maatregelen	16
6 Conclusie	17
Bijlagen	

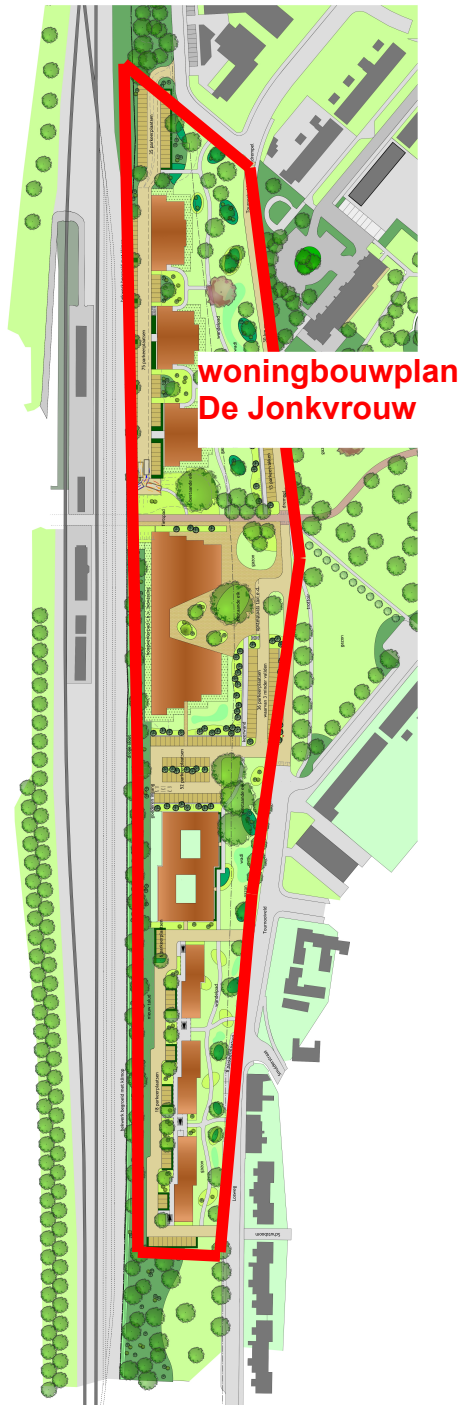
1 Inleiding

In opdracht van Wooninc.nl te Eindhoven is een onderzoek verricht inzake te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in geprojecteerde woningen en appartementen van het plan 'De Jonkvrouw' aan Tournooiveld te Geldrop. Het onderzoek wordt verricht in het kader van een bestemmingsplanprocedure.

Het bouwplan is gesitueerd tot op zeer korte afstand van de spoorlijn Weert - Eindhoven. In het bouwplan zal een aantal eengezinswoningen en appartementen worden gerealiseerd.

Figuur 1.1 toont de ligging van de geprojecteerde woningbouw.

f1.1 Overzicht bouwplan De Jonkvrouw te Geldrop





Het onderzoek bezit een in eerste instantie indicatief karakter. Doel van het onderzoek is te bezien in hoeverre te hanteren streefwaarden mogelijk worden overschreden. Indien onverhoopt sprake mocht blijken van mogelijke overschrijdingen zal worden bezien of deze normaliter met te treffen maatregelen kunnen worden weggenomen.

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 Doel van de metingen en meetmethode

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 waarbij de twee dichtstbij gelegen sporen niet meer in gebruik zijn. In dit onderzoek wordt uitgegaan van de situatie dat deze sporen weer worden gebruikt.

In het verleden heeft Peutz in opdracht van onder andere Laride Bouwmanagement BV voor de huidige bouwlocatie reeds een trillingonderzoek uitgevoerd (destijds uitgevoerd in het kader van een bestemmingsplanwijziging) waarbij in 2005 en 2007 trillingmetingen zijn verricht.

Het huidige plan, bestaande uit 4 plandelen, is enigszins gewijzigd ten opzichte van het bouwplan in 2007. Een deel van het plan is op vergelijkbare afstand tot het spoor voorzien ten opzichte van het bouwplan in 2007. Dit betreffen de plandelen 3 en 4. De overige plandelen, 1 en 2, zijn op een grotere afstand tot het spoor voorzien.

De metingen in 2005 en 2007 zijn verricht op onder andere 30 m tot het dichtstbij gelegen in gebruik zijnde spoor waarbij de destijds gehanteerde meetpositie overeenkomt met de dichtstbij het spoor gelegen gevel van plandelen 3 en 4.

D.d. 21 oktober 2015 zijn op de nieuwbouwlocatie aan Tournooiveld te Geldrop trillingmetingen verricht. Hierbij is een vergelijkbare meetlocatie aangehouden als in 2005 en 2007 zodat de meetresultaten kunnen worden vergeleken.

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

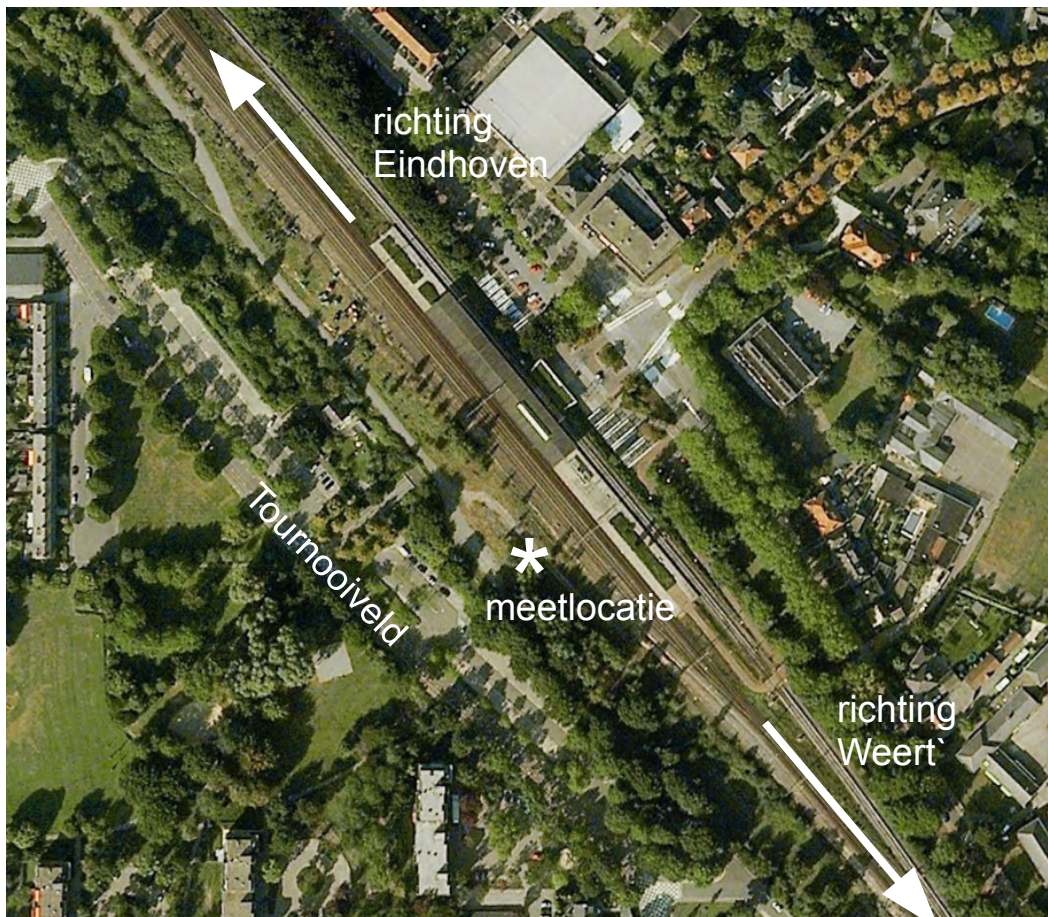
Ten behoeve van het onderhavige onderzoek zijn op de nieuwbouwlocatie aan Tournooiveld trillingmetingen verricht. De metingen zijn verricht tussen 10.00 en 16.00 uur op 21 oktober 2015.

De metingen zijn uitgevoerd op één meetlocatie die overeenkomt met één van de meetlocaties van 2005 en 2007. Deze locatie komt overeen met de dichtstbij het spoor gelegen gevel van de nieuwbouw.

De metingen zijn verricht met een meetsysteem waar gedurende langere tijd in de bodem is gemeten. 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.

Figuur 2.1 toont de ligging van de meetlocatie.

f2.1 Ligging meetlocatie



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.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de gemeten maximale trillingsterktes V_{\max} . Hierbij wordt opgemerkt dat een treinpassage kan resulteren in meerdere trillingsterktes indien de passagetijd langer is dan 30 seconden, zoals bijvoorbeeld de passage van de goederentrein om 14:08.

t2.1 Meetresultaten

tijd	trein	richting	Maximale trillingsterkte Vmax [-]		
			X	Y	Z
10:04:45	dubbeldekker	Weert	0,24	0,21	0,13
10:09:36	sneltrein	Eindhoven	0,22	0,18	0,15
10:11:35	stoptrein	Weert	0,12	0,13	0,06
10:18:18	stoptrein	Eindhoven	0,04	0,05	0,02
10:21:05	sneltrein	Weert	0,29	0,29	0,12
10:23:18	dubbeldekker	Eindhoven	0,41	0,35	0,12
10:36:26	dubbeldekker	Weert	0,26	0,28	0,17
10:38:22	sneltrein	Eindhoven	0,12	0,16	0,10
10:42:06	stoptrein	Weert	0,06	0,08	0,03
10:47:25	stoptrein	Eindhoven	0,05	0,04	0,03
10:50:58	sneltrein	Weert	0,26	0,22	0,12
10:54:16	dubbeldekker	Eindhoven	0,33	0,26	0,11
11:04:12	dubbeldekker	Weert	0,24	0,26	0,17
11:12:10	sneltrein	Eindhoven	0,14	0,13	0,12
11:18:09	stoptrein	Eindhoven	0,03	0,04	0,02
11:19:56	sneltrein	Weert	0,34	0,26	0,15
11:25:28	dubbeldekker	Eindhoven	0,15	0,18	0,09
11:34:30	dubbeldekker	Weert	0,33	0,32	0,16
11:37:41	sneltrein	Eindhoven	0,15	0,14	0,11
11:48:11	stoptrein	Eindhoven	0,05	0,06	0,03
11:49:41	sneltrein	Weert	0,25	0,25	0,14
11:52:43	dubbeldekker	Eindhoven	0,14	0,17	0,09
12:04:38	dubbeldekker	Weert	0,20	0,21	0,13
12:20:34	sneltrein	Weert	0,29	0,32	0,15
12:23:13	dubbeldekker	Eindhoven	0,18	0,18	0,12
12:33:38	dubbeldekker	Weert	0,29	0,30	0,14
12:38:18	dubbeldekker	Eindhoven	0,13	0,14	0,11
12:48:32	sneltrein	Weert	0,26	0,22	0,13
12:53:00	dubbeldekker	Eindhoven	0,17	0,17	0,11
13:04:23	dubbeldekker	Weert	0,23	0,23	0,15
13:08:44	sneltrein	Eindhoven	0,16	0,14	0,11
13:18:23	sneltrein	Weert	0,24	0,21	0,13
13:22:28	dubbeldekker	Eindhoven	0,15	0,17	0,12
13:34:04	dubbeldekker	Weert	0,22	0,27	0,14
13:37:47	sneltrein	Eindhoven	0,17	0,16	0,16
13:46:07	stoptrein	Eindhoven	0,05	0,06	0,04
13:47:32	sneltrein	Weert	0,26	0,24	0,13
13:52:33	dubbeldekker	Eindhoven	0,14	0,16	0,09
14:03:50	dubbeldekker	Weert	0,25	0,26	0,17
14:07:54	goederentrein	Eindhoven	0,17	0,19	0,24
14:08:19	goederentrein	Eindhoven	0,10	0,12	0,13
14:19:08	sneltrein	Weert	0,22	0,19	0,14
14:23:52	dubbeldekker	Eindhoven	0,16	0,18	0,09
14:24:36	dubbeldekker+loc	Weert	0,34	0,29	0,18
14:34:09	dubbeldekker	Eindhoven	0,30	0,31	0,16
14:39:42	sneltrein	Eindhoven	0,16	0,13	0,13
14:40:07	sneltrein	Eindhoven	0,17	0,17	0,14
14:49:05	sneltrein	Weert	0,22	0,20	0,12
14:52:42	dubbeldekker	Eindhoven	0,19	0,21	0,14
15:03:56	dubbeldekker	Weert	0,39	0,42	0,19
15:19:38	sneltrein	Weert	0,21	0,20	0,12
15:24:31	dubbeldekker	Eindhoven	0,16	0,17	0,11
15:34:02	dubbeldekker	Weert	0,23	0,24	0,13

3 Beoordeling

3.1 Metingen

Op basis van de meetresultaten volgt dat de hoogste trillingsterktes bepaald worden door passagierstreinen. Tussen passages op het meest ver weg gelegen spoor en het dichtbijgelegen spoor treden geen significante verschillen op.

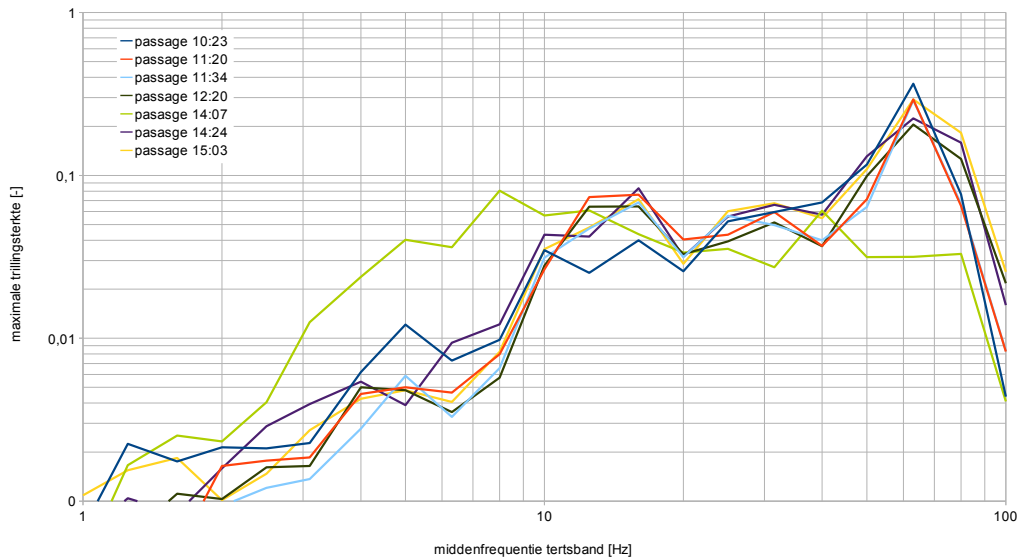
In horizontale richting treden de hoogste trillingsterktes op met maximale trillingsterktes tot 0,42 als gevolg van passagierstreinen. In verticale richting is sprake van een maximale trillingsterkte tot 0,24 als gevolg van een goederentrein.

Bij de metingen in 2005 en 2007 zijn ter hoogte van de beoogde bouwlocatie maximale trillingsterktes gemeten in de bodem van 0,3 vanwege goederentreinen en 0,3 vanwege passagierstreinen. Destijds zijn de metingen beperkt tot de verticale richting vanwege het feit dat deze richting normaliter maatgevend is in verband met mogelijke opslingering in vloeren die met name in verticale richting optreedt.

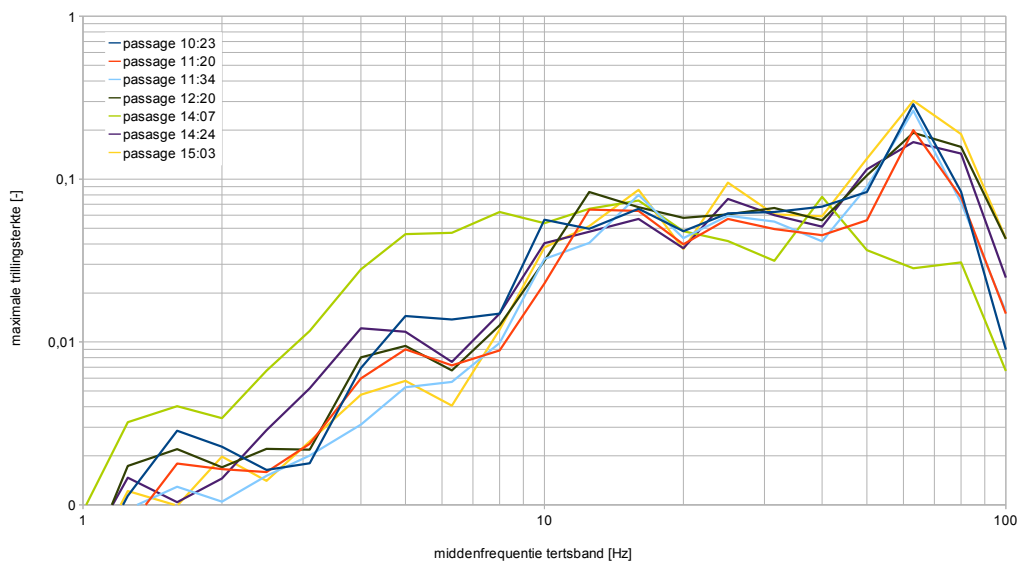
Bij vergelijking van de huidige meetresultaten in verticale richting met de meetresultaten in 2005 en 2007 kan worden gesteld dat sprake is een goede overeenkomst. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de hoogst aangetroffen waarde in verticale richting vanwege een enkele goederentrein is. Volledigheidshalve wordt opgemerkt dat bij de metingen slechts 1 goederentrein is gepasseerd. De trillingsterkte vanwege deze goederentrein valt wel binnen de bandbreedte van de metingen in 2005 en 2007, zodat kan worden gesteld dat de huidige metingen voldoende representatief zijn voor dit indicatieve onderzoek.

Ten behoeve van een beoordeling dient inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud van de optredende trillingsterktes. Figuren 3.1 t/m 3.3 tonen de spectrale verdeling van de 7 maatgevende treinpassages voor de horizontale X en Y en de verticale Z richting.

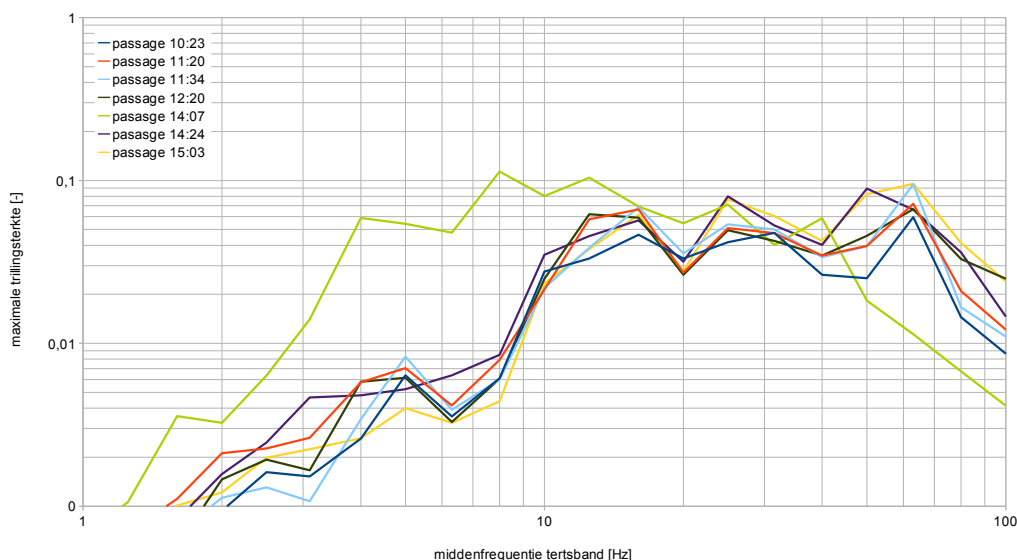
f3.1 Spectrale verdeling van de optredende trillingsterktes als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting)



f3.2 Spectrale verdeling van de optredende trillingsterktes als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting)



f3.3 Spectrale verdeling van de optredende trillingsterktes als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting)



De figuren 3.1 t/m 3.3 tonen dat als gevolg van een passagierstreinpassage sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen ca. 12,5 en 80 Hz, met een piek bij 63 Hz in de horizontale richting Als gevolg van de goederentreinpassage is sprake is van verhoogde trillingniveaus in een frequentiegebied tussen ca. 4 en 40Hz.

3.2 Geprojecteerde woningen

Gezien het indicatieve karakter van het onderzoek is de beoordeling beperkt tot de dichtstbij het spoor gelegen bouwdelen van het bouwplan. Deze bouwdelen betreffen appartementen die voorzien zijn op 22 m afstand tot het spoor waarbij de twee dichtstbij gelegen sporen momenteel niet in gebruik zijn.

De metingen zijn uitgevoerd ter plaatse van de dichtstbij het spoor gelegen gevel van de appartementen waarbij de treinen op minimaal 30 m afstand passeren. Indien de twee buiten gebruik zijnde sporen weer worden gebruikt zullen de trillingniveaus gering hoger zijn dan nu gemeten. Middels een frequentieafhankelijke correctie die gebaseerd is op DIN 4150-1 zijn de gemeten trillingsnelheden in de bodem hiervoor gecorrigeerd.

Deze correctie bedraagt 1 dB (factor 1,1) bij 1 Hz en loopt op tot ca. 4 dB (factor 1,6) bij 80 Hz.

Vervolgens dienen de trillingsterkten in de bodem in principe gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslinging van (vrij overspannen) vloervelden. Hierbij is de mogelijke opslinging voor de dichtstbij

het plan gelegen appartementen beperkt tot de verticale richting. In horizontale richting wordt geen relevante opslinging verwacht.

Bij de overgang van bodem naar fundament zal voor de relevante frequenties sprake zijn van een demping van 6 dB (factor 2). De opslinging van vloerdelen hangt af van eventuele samenvallende vloerresonanties met het excitatiespectrum van de treinpassages en kan circa een factor 3 bedragen.

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 van 0,5 in verticale richting en 0,3 in horizontale richting.

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.

4.2 Toetsing

Voor woningen geldt een zogenaamde onderste streefwaarde A₁ van 0,1. Deze waarde zal, gezien de optredende maximale trillingsterkte tot ten hoogte 0,5 in de geprojecteerde woning, 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 zal worden overschreden waarmede sprake is van een trillingstechnisch niet zonder meer 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 0,06. Hiermee wordt de streefwaarde gering overschreden.

5 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.

Met een te verwachten trillingsterkte in woningen van maximaal ca. 0,5 bij een na te streven waarde van 0,3, en een te verwachten V_{per} van maximaal ca. 0,06 bij een streefwaarde van 0,05, kan worden geconcludeerd dat in de woningen een reductiedoelstelling met circa een factor 2 à 3 aan de orde is. Gezien onze ervaring met vergelijkbare projecten kan in eerste instantie worden opgemerkt dat een dergelijke doelstelling als zeer wel realiseerbaar kan worden gekwalificeerd.

Een in onderhavige situatie in principe mogelijke trillingisolerende voorziening is het aanbrengen van een flexibel materiaal tussen de fundering en de opbouw van de geprojecteerde gebouwen. In bijlage I van dit rapport is dit principe weergegeven (overgenomen uit leveranciersdocumentatie). Bijlage II 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.

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 zullen worden overschreden.

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 2 à 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 zodat qua trillingen geen belemmeringen bestaan om vrijstelling van het bestemmingsplan te verlenen.

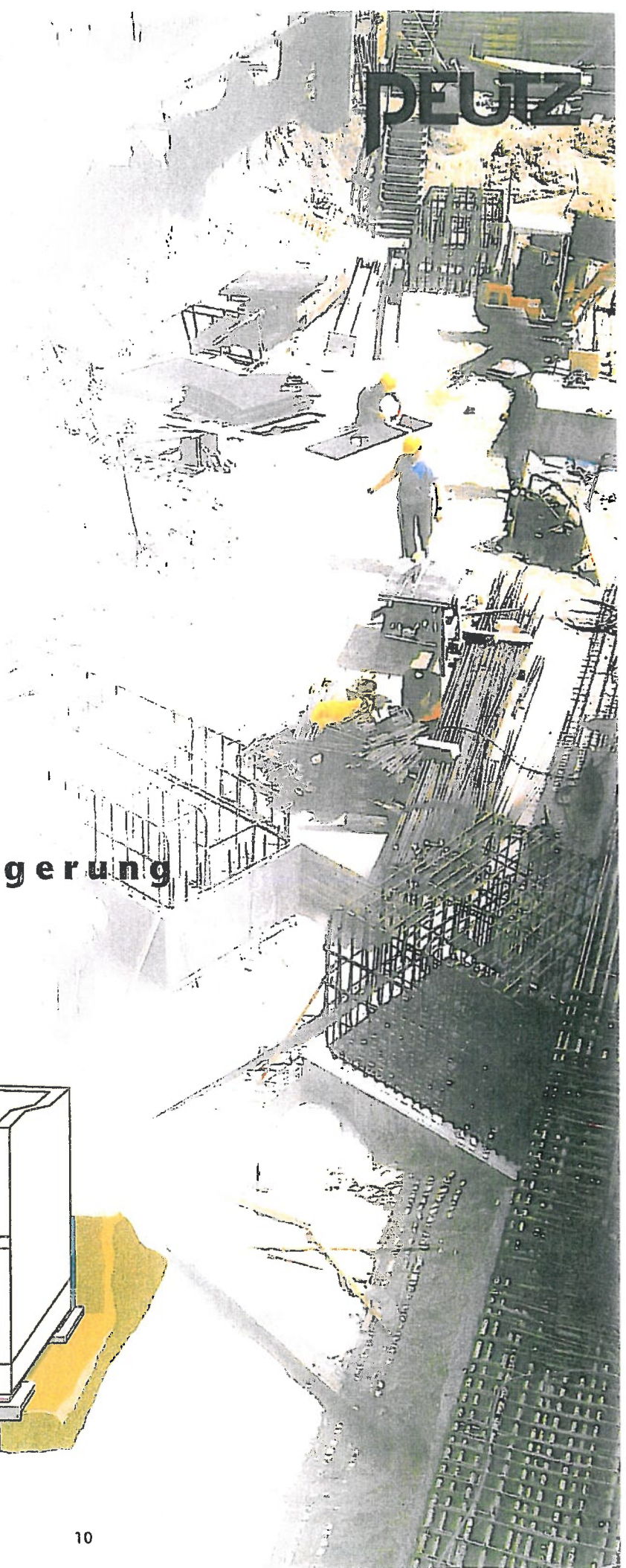
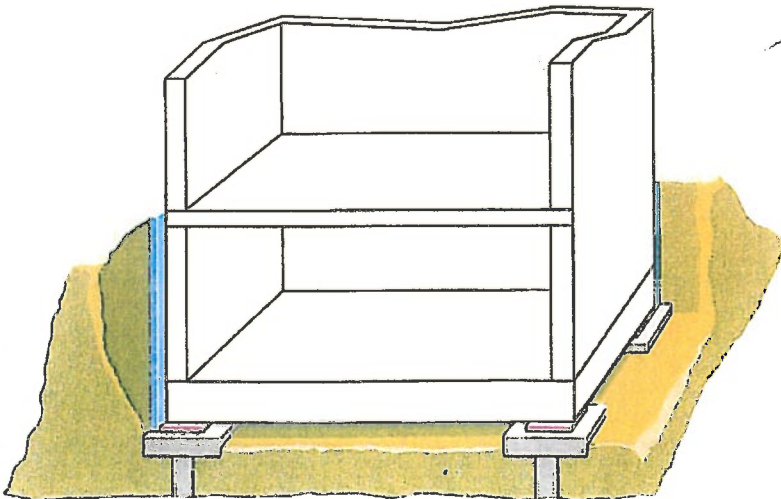
Dit rapport bevat 17 pagina's

 Mook,



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.

Punktförmige-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 klaagden 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.

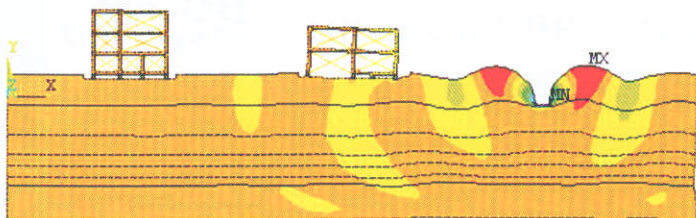
Project Eemstroom ligt op 15 meter van de

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,

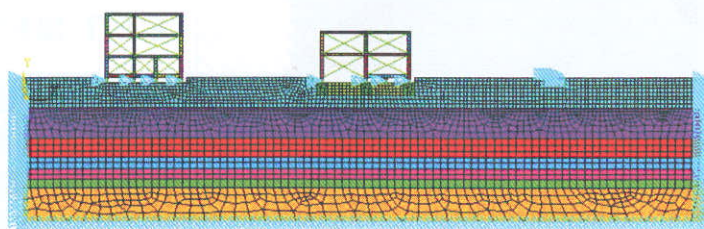
niet lineaire, berekeningen kan maken.

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.'

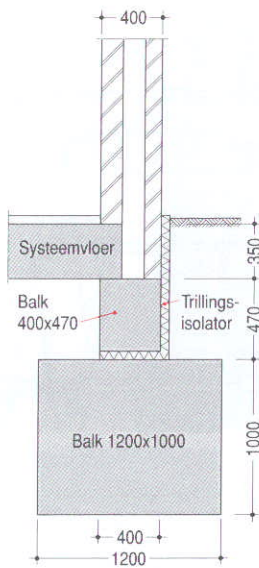
Berekeningen van de uitgangssituatie leerden dat maatregelen moesten worden getroffen



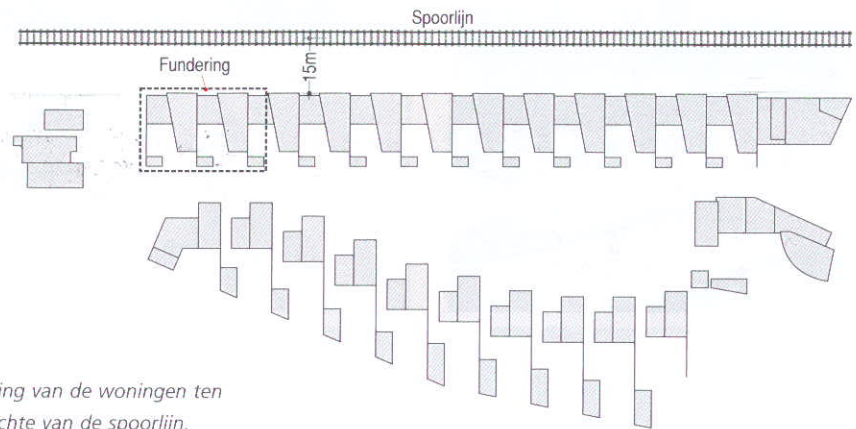
Resultaten rekenmodel zonder trillingisolerende voorzieningen.



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



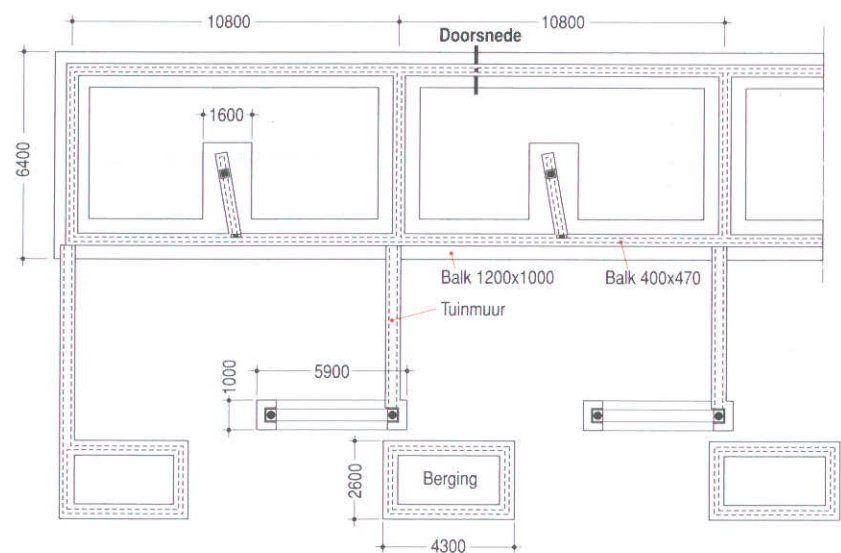
Doorsnede



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



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 toe te voegen die de fundering verzwaarde en verstijfde. De isolator kwam nu tussen de funde-

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.

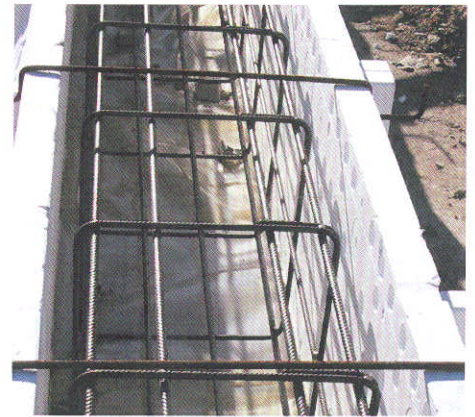
Het toevoegen van een funderingsvloof onder de funderingsbalk leidde tot een andere



Alle verzwaarde funderingsloven 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 funderingsloof 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 zijanten 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.hanvanzwieten.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