



Woningbouwplan 'Wickengaard' te Schalkwijk

Trillingniveaus als gevolg van railverkeer



Woningbouwplan 'Wickengaard' te Schalkwijk

Trillingniveaus als gevolg van railverkeer

opdrachtgever Dura Vermeer Bouw Midden West BV
rapportnummer H 7143-2-RA-001
datum 25 februari 2020
referentie LL/EdV/HT/H 7143-2-RA-001
verantwoordelijke ing. L.F.M. Lemmers
opsteller ing. E. de Vries
 +31 24 3570763
 e.devries@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 85 822 86 00, mook@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Metingen	5
2.1	Algemeen	5
2.2	Meetinstrumenten	6
2.3	Meetresultaten	6
3	Uitgangspunten	11
3.1	Ontwerp	11
3.2	Bodemeigenschappen	11
3.3	Streefwaarden	11
4	Dynamische analyse	13
4.1	Algemeen	13
4.2	Bepaling bronspectrum aanstoting	14
4.3	3D model	16
4.4	Hindercontouren trillingen	16
5	Beoordeling	18
5.1	Optredende trillingen	18
6	Conclusie	24

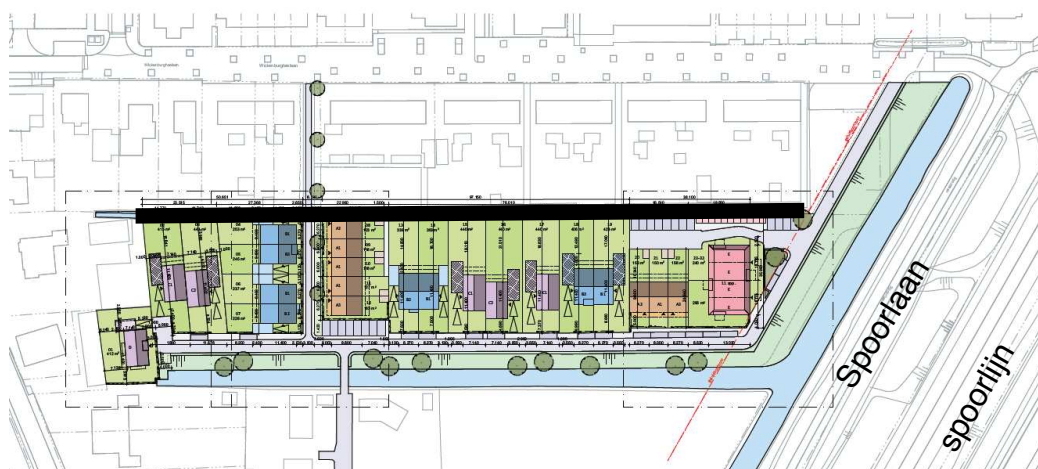
1 Inleiding

In opdracht van Dura Vermeer Bouw Midden West B.V. te Cruquius is een onderzoek verricht in relatie tot te verwachten trillingniveaus vanwege railverkeer in geprojecteerde woningen van het woningbouwplan 'Wickengard' aan de Spoorlaan te Schalkwijk. Het onderzoek dient ter onderbouwing van een bestemmingsplanwijziging.

Het plan is gelegen op korte afstand van de spoorlijn Houten – Culemborg. 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. 65 m uit het hart van het meest nabijgelegen spoor.

f1.1 Woningbouwplan 'Wickengard' te Schalkwijk



Om inzicht te krijgen in de te verwachten trillingen in het gebouw is een Eindige Elementen Methode (EEM) rekenmodel opgesteld van de eerstelijnsbebouwing inclusief bodem. Hierbij is het model gebaseerd op een Voorlopig Ontwerp.

Vervolgens zijn de te verwachten trillingniveaus getoetst aan de in dit kader algemeen gehanteerde richtlijn SBR B.

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 tweetal sporen.

Van 12 september tot en met 20 september 2019 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 in figuur 2.1) de trillingmetingen uitgevoerd. Verder zijn van 8 tot en met 14 januari 2020 aanvullende metingen uitgevoerd waarbij de trillingoverdracht van bodem naar fundament van een aantal bestaande woningen is gemeten.

Figuur 2.1 toont de ligging van de meetlocatie waar de onbemande metingen in 2019 zijn uitgevoerd.

f2.1 Ligging meetlocatie



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.

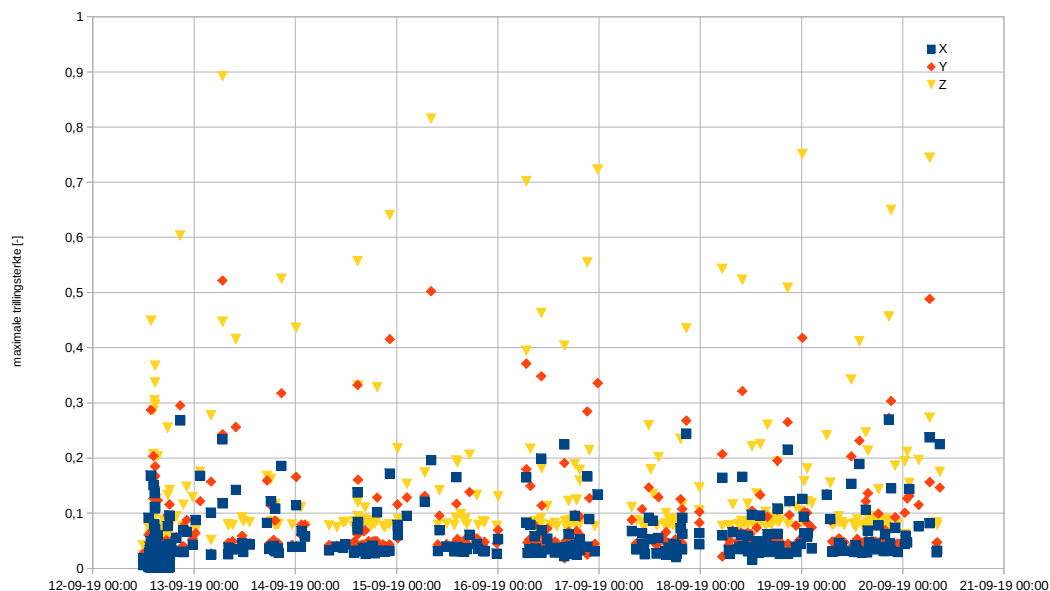
2.3 Meetresultaten

Bij de metingen 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



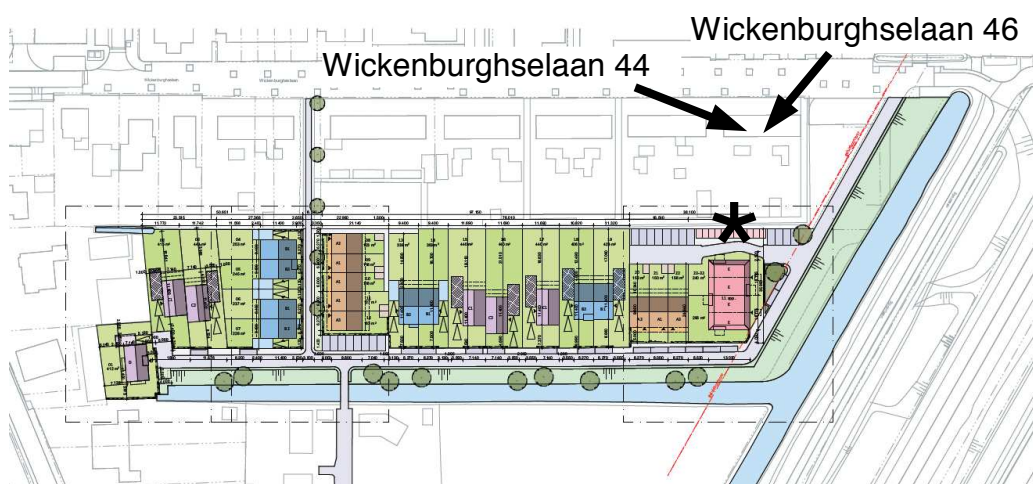
De basis van het gemeten tijdsignaal en de bijbehorende frequenties is vastgesteld of de meetwaarden zijn toe te wijzen aan passerende treinen of verstoringen. Om onderscheid te maken tussen passagierstreinen en goederentreinen is gekeken naar de tijdsduur van het signaal, de frequentie-inhoud van het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

Bij eerder onderzoek in de betreffende omgeving is vastgesteld dat aldaar sprake lijkt van relatief hoge demping van trillingen bij de overgang van bodem naar fundament. Een

mogelijke oorzaak hiervan zou kunnen liggen in de ter plaatse relatief slappe bovenlaag. Een dergelijke slappe bovenlaag kan in eerste aanleg resulteren in relatief hoge trillingniveaus in de bodem (geringe bodemdemping), hetgeen een nadelig effect is, echter ook in verhoogde demping van bodem naar fundament, hetgeen een positief effect heeft.

Om deze reden zijn naast de onbemande duurmetingen trillingmetingen uitgevoerd om de demping van de trillingsnelheid in de bodem naar het fundament vast te stellen. Van 10 januari tot en met 17 januari zijn metingen uitgevoerd waarbij gelijktijdig in de bodem en op het fundament van de woning aan de Wickenburghselaan 44 en 46 (eengezinswoningen, gebouwd in 1956) de trillingsnelheid als gevolg van passerende treinen is gemeten. Figuur 2.3 toont de beide woningen en de meetpositie waar de trillingen in de bodem zijn gemeten.

f2.3 Ligging meetlocatie



Tabel 2.1 toont de meetresultaten van de maatgevende treinpassages.

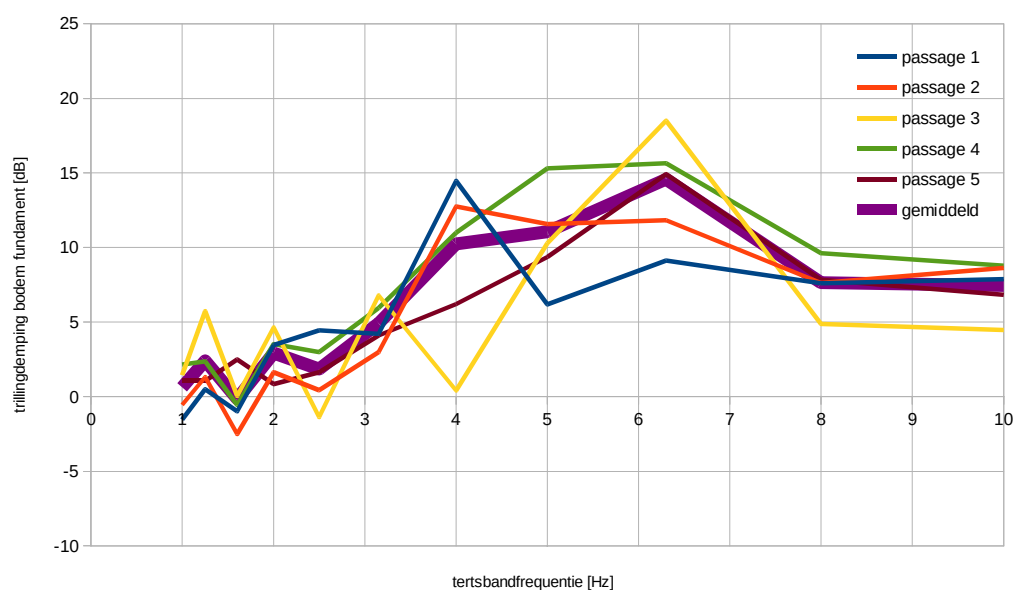
t2.1 Optredende maximale trillingsterkte

Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte								
	bodem			woning Wickenburghselaan 44			woning Wickenburghselaan 44		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
08-01-20 22:40	0,15	0,27	0,57	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,10
10-01-20 05:20	0,16	0,27	0,55	0,07	0,06	0,06	0,09	0,07	0,11
13-01-20 13:45	0,23	0,20	0,53	0,06	0,08	0,05	0,14	0,13	0,09
14-01-20 07:46	0,16	0,25	0,48	0,12	0,07	0,10	0,12	0,07	0,12
13-01-20 07:46	0,23	0,26	0,48	0,07	0,17	0,09	0,13	0,11	0,10

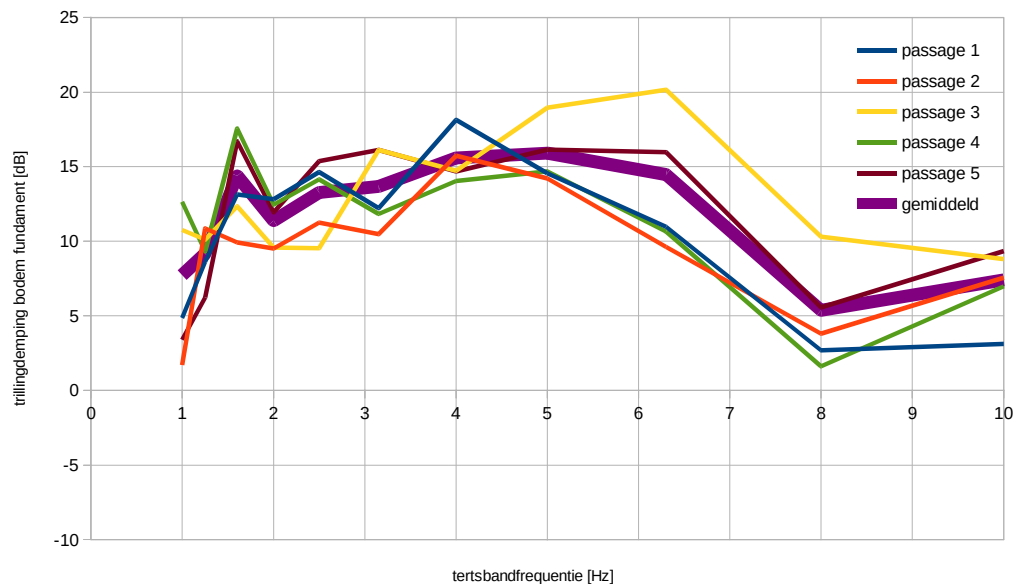
Op basis van het verschil in trillingsterkte tussen de bodem en het fundament is de trillingdemping bepaald. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de demping alleen in het frequentiegebied tot ca.10 Hz betrouwbaar is vastgesteld (boven 10 Hz leverden de passages te weinig aanstoting).

Figuur 2.4 toont voor de woning aan de Wickenburghselaan 44 de trillingdemping van bodem naar fundament. Hierbij zijn de dempingen van de 5 passages getoond en het gemiddelde van die passages. Deze demping is gegeven in dB waarbij 20 dB overeenkomt met een factor 10 verschil tussen bodem en fundament en 10 dB met een factor 3 verschil.

f2.4 Trillingdemping van bodem naar fundament, Wickenburghselaan 44, Y richting

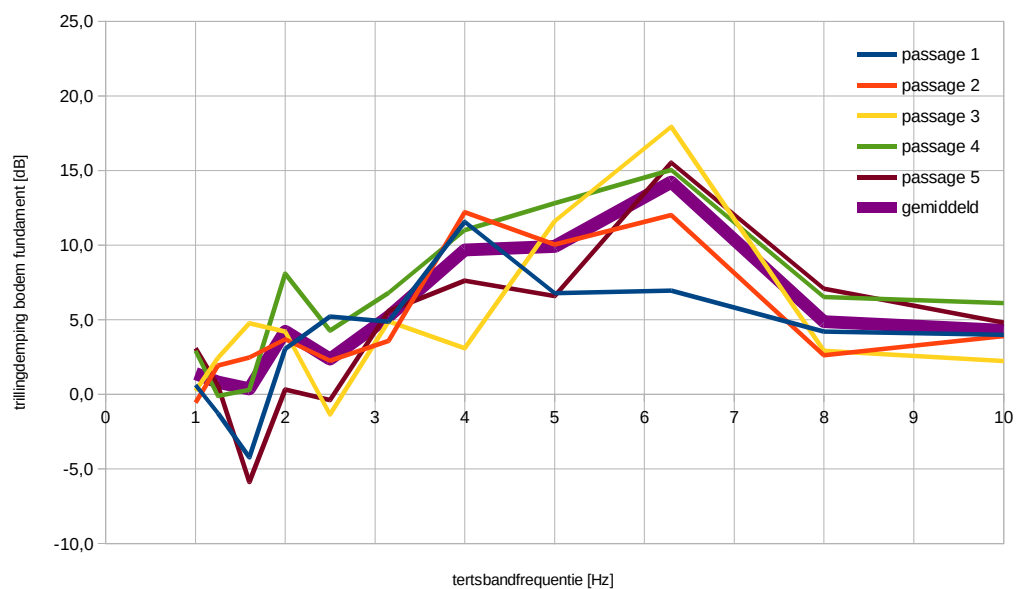


f2.5 Trillingdemping van bodem naar fundament, Wickenburghselaan 44, Z richting

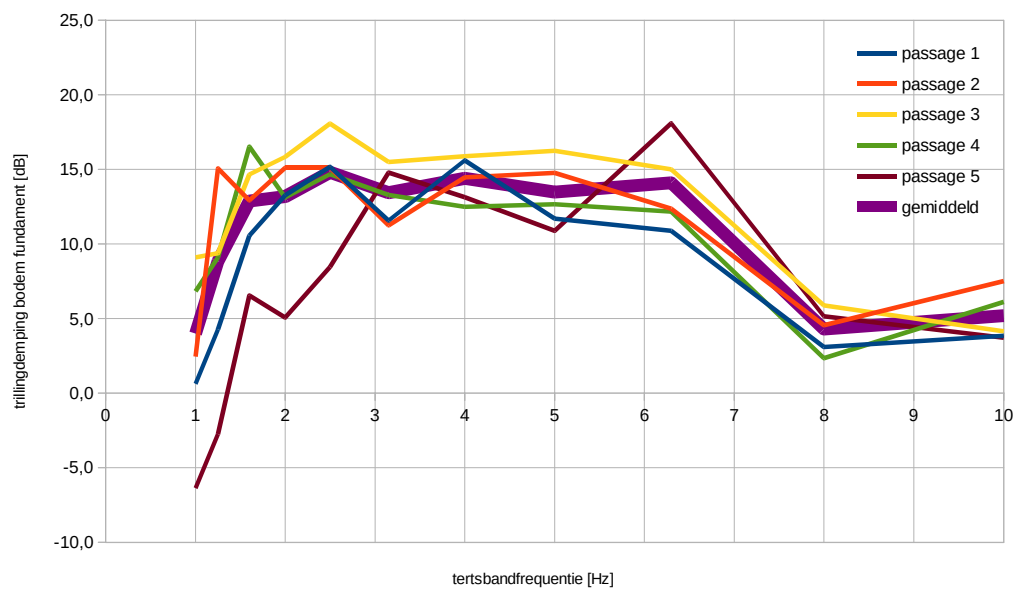


Figuur 2.6 toont voor de woning aan de Wickenburghselaan 46 de trillingdemping van bodem naar fundament. Hierbij zijn de dempingen van de 5 passages getoond en het gemiddelde van die passages.

f2.6 Trillingdemping van bodem naar fundament, Wickenburghselaan 46, Y richting



f2.7 Trillingdemping van bodem naar fundament, Wickenburghselaan 46, Z richting



Op basis van figuren 2.4 tot en met 2.7 kan worden gesteld dat de gemeten trillingdemping voor beide woningen redelijk vergelijkbaar is.

3 Uitgangspunten

3.1 Ontwerp

In eerste instantie zijn de dynamische berekeningen uitgevoerd voor de eerstelijnsbebouwing, te weten het appartementencomplex.

De dynamische berekeningen zijn gebaseerd op de tekeningen behorende bij een quickscan die d.d. 2 maart 2020 zijn uitgevoerd door de Kaskon B.V.. Verder is gebruik gemaakt van een rapport (documentnr. CU-01 d.d. 14 oktober 2019) met constructieve uitgangspunten van Kaskon B.V.

3.2 Bodemeigenschappen

Ten behoeve van de dynamische berekeningen zijn o.a. de bodemeigenschappen benodigd ter plaatse van de nieuwbouw. In het rapport met constructieve uitgangspunten zijn ook sonderingen opgenomen. Deze sonderingen zijn benut voor het EEM rekenmodel.

3.3 Streefwaarden

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 3.1 toont de van toepassing zijnde streef- en grenswaarden conform de SBR B (nieuwe situaties, herhaald voorkomende trillingen).

t3.1 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 (de maximale trillingsterkte ligt dan tussen A₁ en A₂), dient vervolgens de gemiddelde trillingssterkte voor de betreffende ruimte (V_{per}) nog 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 Dynamische analyse

4.1 Algemeen

Op basis van de genoemde uitgangspunten is een Eindig Elementen Methode (EEM) model van het appartementencomplex opgesteld in 3D met het softwarepakket ANSYS. Met dit model is een uitgebreide dynamische analyse uitgevoerd. In figuur 4.1 is het appartementencomplex aangeduid.

f4.1 Nieuwbouwplan



Deze dynamische analyse is in eerste instantie uitgevoerd op basis van een aantal worst case aannames voor wat betreft onder andere de aanstoting.

Het model is zodanig opgesteld dat alle kritische overspanningen worden gezien. Voorts betreft het lineaire rekenmodellen; verondersteld is derhalve dat de optredende verplaatsingen zodanig klein zijn dat het gedrag rond een belastingsituatie gelineariseerd kan worden. Hoewel de modellering een sterke vereenvoudiging weergeeft van de werkelijkheid, kan met een dergelijk model een voldoende nauwkeurige prognose worden gegeven van de te verwachten trillingniveaus.

De vloeren en wanden zijn gemodelleerd met zogenaamde shell elementen. De bodem en het fundament zijn gemodelleerd met zogenaamde solid elementen.

Middels een harmonische analyse is ter plaatse waar de treinen rijden de bodem aangestoten. Op basis hiervan is de responsie van het gebouw berekend.

Op basis van de uitgevoerde trillingmetingen kan worden gesteld dat de hoogste waarden optreden als gevolg van de goederentrein. De passagierstreinen resulteren in significant lagere waarden.

4.2 Bepaling bronspectrum aanstoting

Het bronspectrum van de treinen is gebaseerd op de metingen. In voorliggend onderzoek is de aanstoting van een vijftal passages (5 hoogste goederentreinpassages) benut bij de berekeningen.

Tabel 4.1 toont de maximale trillingsterkte in de bodem als gevolg van de vijf maatgevende treinpassages. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale Y- (loodrecht op het spoor) en verticale Z-richting. De trillingsterkte is gegeven voor de horizontale X-, Y- en verticale Z-richting.

t4.1 Optredende maximale trillingsterkte in de bodem ter hoogte van de nieuwbouw

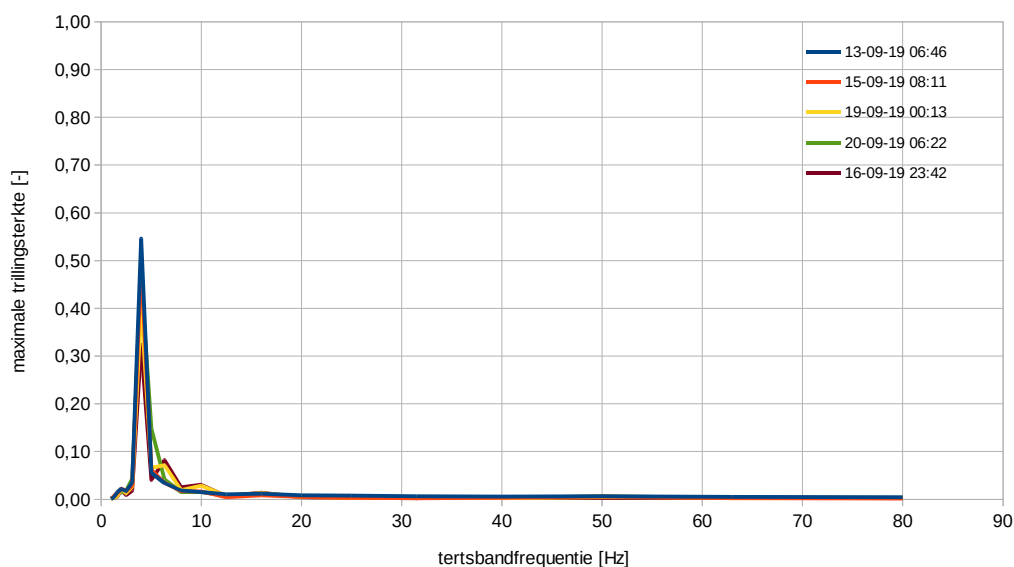
Tijdstip treinpassage	Maximale trillingsterkte in de bodem		
	X	Y	Z
13-09-19 06:46	0,23	0,52	0,89
15-09-19 08:11	0,20	0,50	0,82
19-09-19 00:13	0,13	0,42	0,75
20-09-19 06:22	0,24	0,49	0,74
16-09-19 23:42	0,13	0,34	0,72

In verticale richting treden de hoogste trillingsterktes op met maximale trillingsterktes tot 0,89 als gevolg van een goederentrein. In horizontale richting is sprake van een maximale trillingsterkte tot 0,52 als gevolg van een goederentrein.

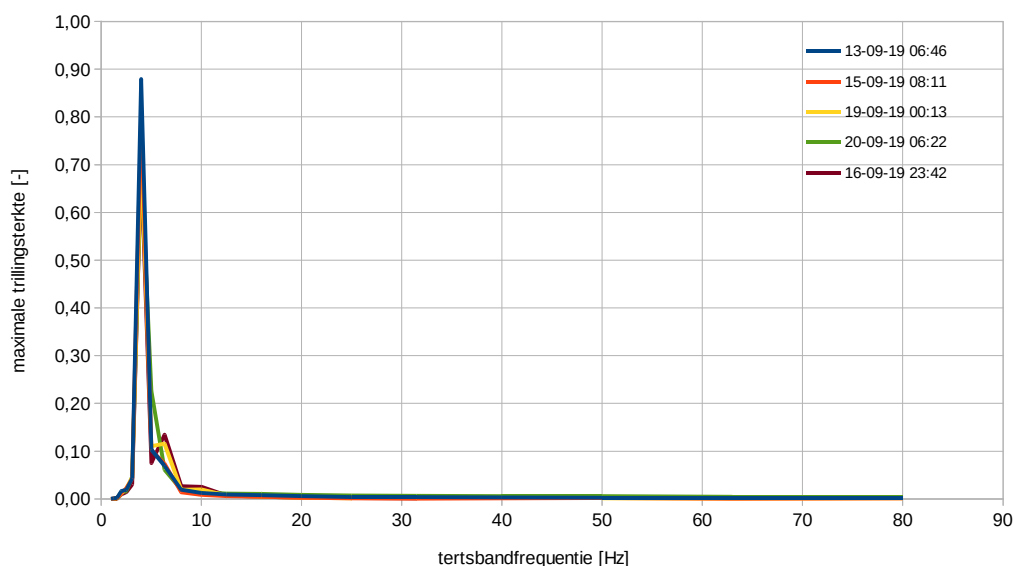
Ten behoeve van de berekeningen dient inzicht te worden verkregen in de spectrale inhoud van de optredende trillingsterktes.

Figuren 4.1 en 4.2 tonen de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages voor respectievelijk de maatgevende horizontale richting (Y) en de verticale richting.

f4.2 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting)



f4.3 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting)



De figuren tonen dat de trillingsterkte als gevolg van een treinpassage volledig wordt bepaald door de terzband van 4 Hz.

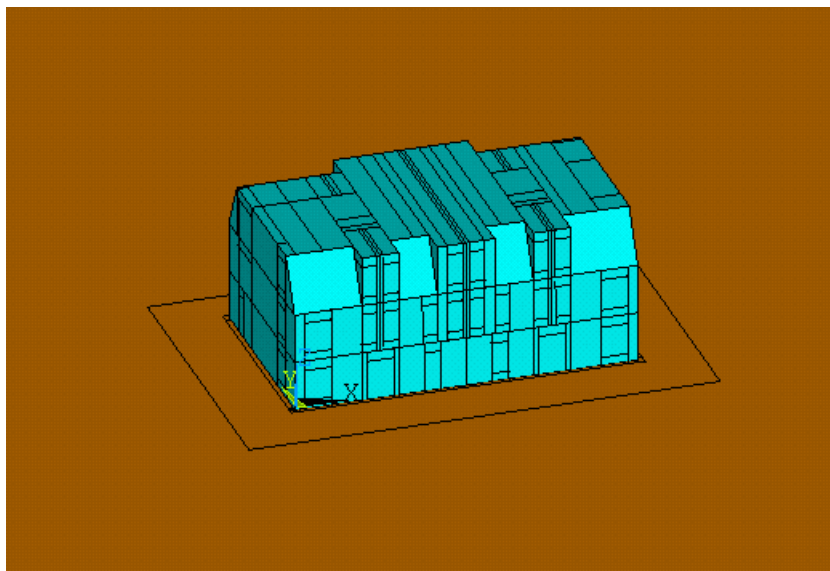
Bij nadere beschouwing van de meetresultaten blijkt dat nagenoeg alle treinpassages worden bepaald door de terzband van 4Hz maar dat bij een beperkt aantal passages naast een bijdrage bij 4 Hz ook sprake is van een relevante bijdrage bij andere frequenties. De maximale trillingsterkte van deze andere passages bedraagt tot 0,1 in de bodem en is

daarmee significant lager dan de overige passages. Deze passages worden verder buiten beschouwing gelaten.

4.3 3D model

In het softwarepakket ANSYS is een 3D model opgesteld. In figuur 4.4 is een deel van het EEM model weergegeven.

f4.4 EEM model appartementencomplex Wickengaard



4.4 Hindercontouren trillingen

Op basis van berekeningen zijn de optredende trillingsterktes bepaald in het gehele gebouw. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met alle vijf treinpassages. Navolgend wordt steeds alleen de resultaat van de maatgevende passage gepresenteerd.

In de bijlage 1 zijn de maximale trillingsterkte contouren gegeven die worden verwacht als gevolg van de maatgevende trein.

De contouren zijn gegeven van de meest relevante horizontale Y richting (loodrecht op het spoor) en de verticale Z richting (loodrecht op de vloer). De trillingsterkten in horizontale X richting (parallel aan het spoor) zijn minder relevant.

Naast de berekeningen aan de maximale trillingsterkte zijn ook berekeningen uitgevoerd aan de gemiddelde trillingsterkte V_{per} . Deze gemiddelde trillingsterkte kan worden gezien als een gemiddelde waarde over een etmaalperiode en is nodig om te kunnen beoordelen in



relatie tot de SBR. Bij deze berekeningen is uitgegaan van 8 goederentreinen per etmaalperiode (worstcase).

In bijlage 2 zijn de gemiddelde trillingsterkte contouren gegeven.

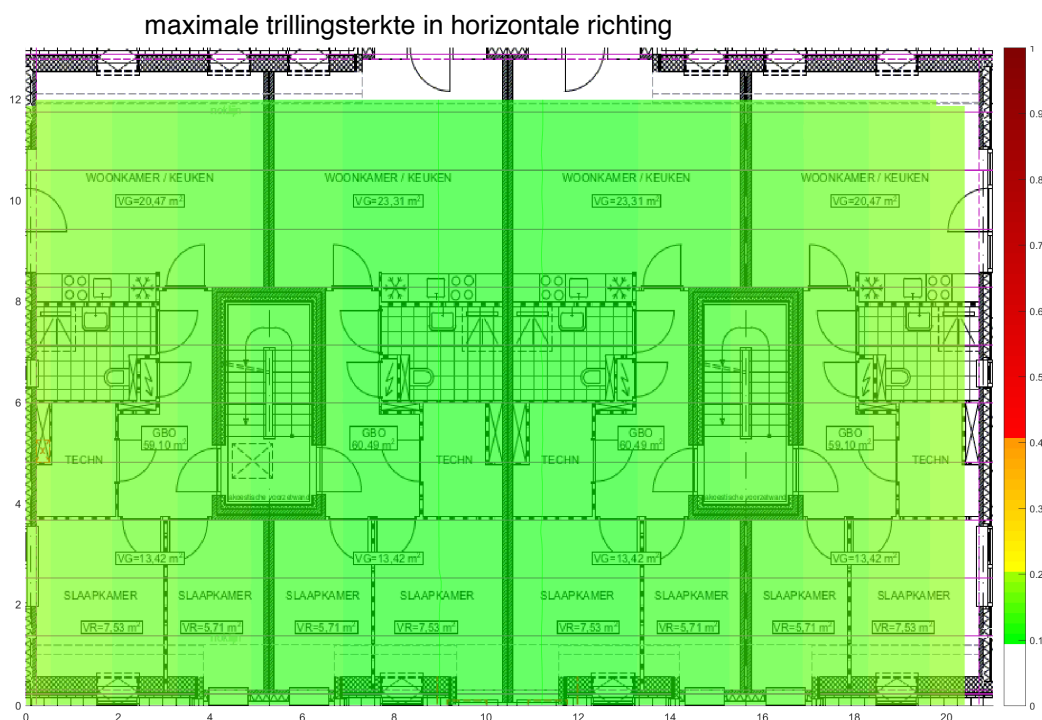
5 Beoordeling

5.1 Optredende trillingen

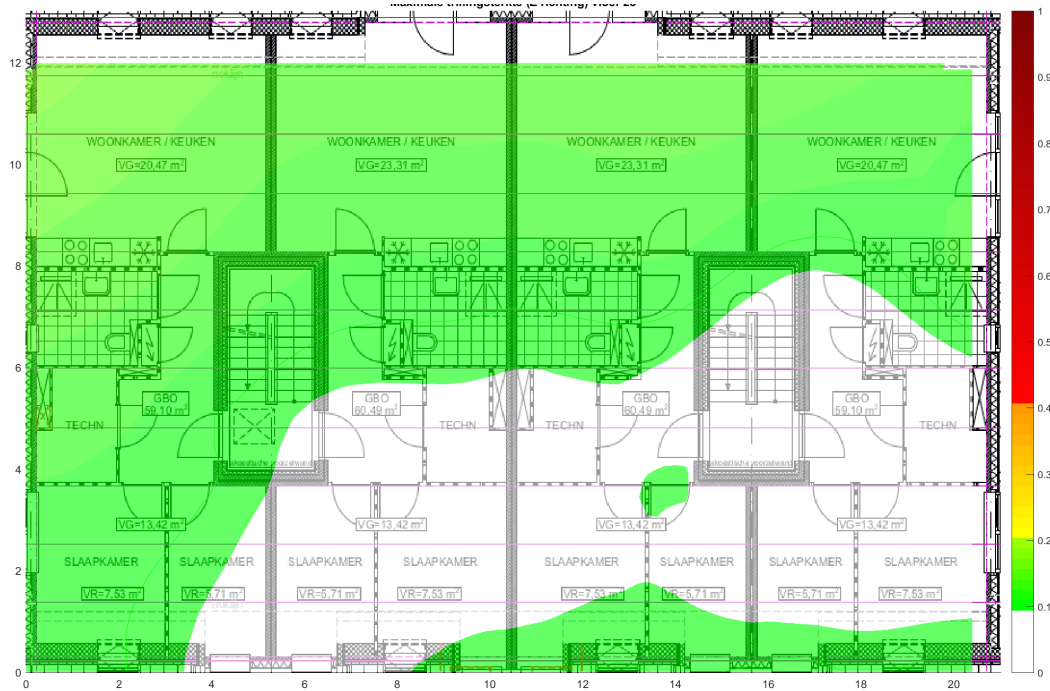
Op basis van de berekeningen met de gehanteerde uitgangspunten volgt dat in het appartementencomplex sprake kan zijn van een maximale trillingsterkte tot 0,2 zowel in horizontale (Y) richting als in verticale (Z) richting als gevolg van passerende goederentreinen.

Op basis van de contouren in bijlage 1 volgt dat de hoogste trillingsterkten worden verwacht op de 2e verdieping (vloerniveau 3). In figuur 5.1 zijn de contouren getoond van vloerniveau 3 voor zowel de horizontale als de verticale richting.

f5.1 Maximale trillingsterkte contour, vloerniveau 3



maximale trillingsterkte in verticale richting



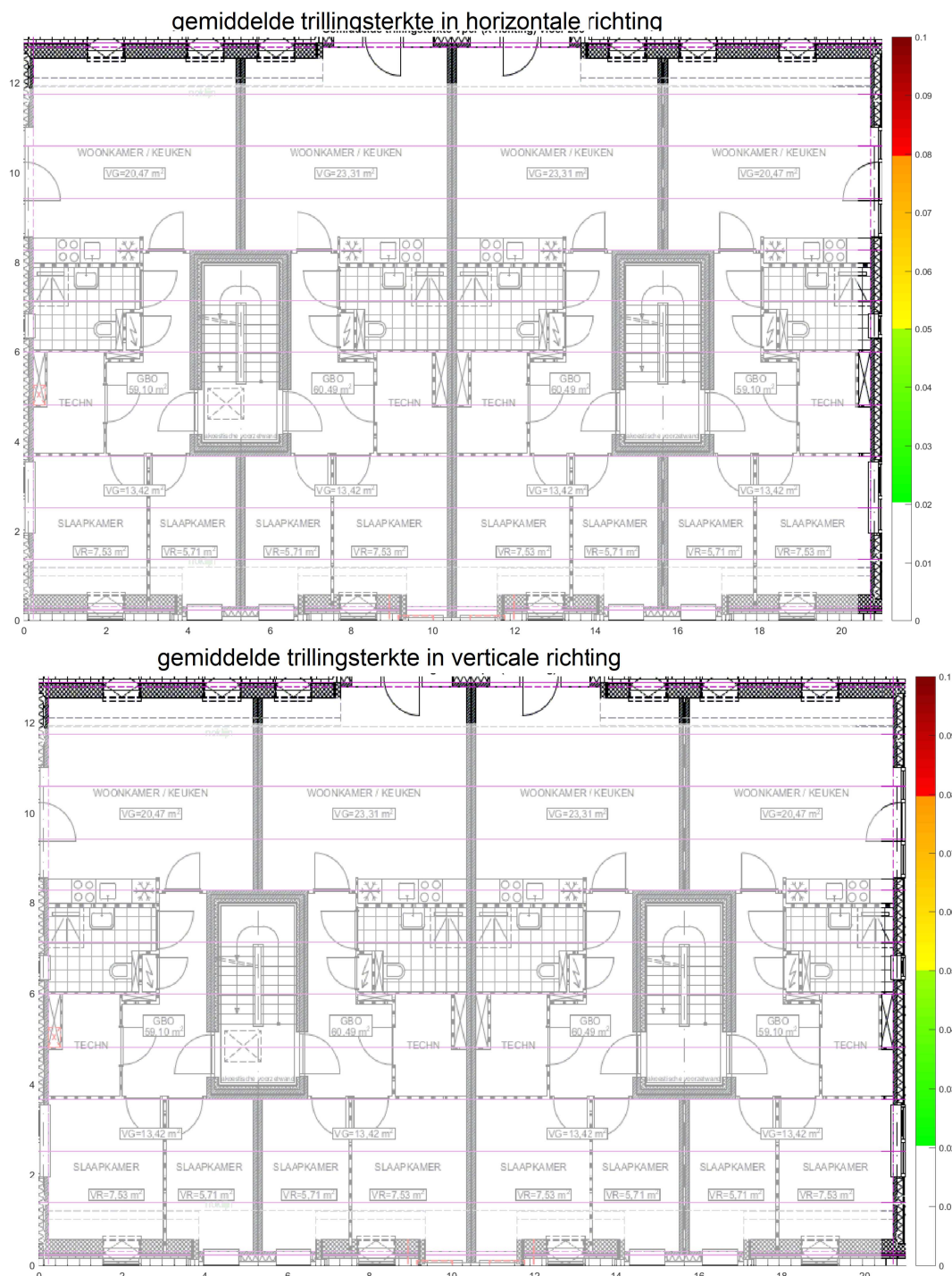
Volgens de systematiek van de SBR dient indien hoger dan streefwaarde A_1 doch lager dan de streefwaarde A_2 aanvullend te worden getoetst aan de streefwaarde A_3 .

In het voorgaande deel is reeds beoordeeld in relatie tot de streefwaarde A_2 waarbij de maximale trillingsterkte relevant is. Vervolgens dient te worden getoetst aan de streefwaarde A_3 waarbij de gemiddelde trillingsterkte relevant is.

In het navolgende deel zijn de berekende contouren met de gemiddelde trillingsterkte, zoals getoond in bijlage 2, beoordeeld.

Figuur 5.2 toont de contour op de 2e verdieping (vloerniveau 3) waar sprake is van de hoogste niveaus. Hierbij wordt opgemerkt dat de gemiddelde trillingsterkte in de horizontale richting overal lager is dan 0,02. Derhalve zijn in onderstaande figuur geen contouren zichtbaar.

f5.2 Gemiddelde trillingsterkte contour, vloerniveau 3



Op basis van de resultaten volgt dat de gemiddelde trillingsterkte V_{per} ruim voldoet aan de streefwaarde van 0,05.

Aldus is sprake van een situatie die voldoet aan de streefwaarde inzake hinder.

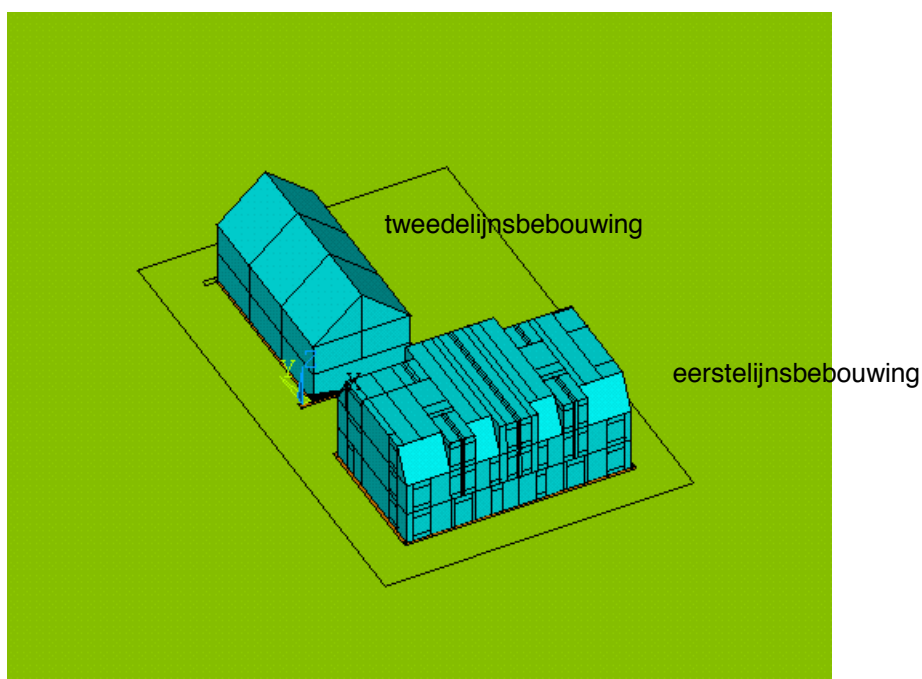
Volledigheidshalve zijn ook de trillingniveaus ter hoogte van de tweedelijsbebauwing berekend en beoordeeld. Figuur 5.3 toont deze woningen.

f5.3 Nieuwbouwplan



Dit woonblok is vervolgens opgenomen in het rekenmodel van de eerstelijnsbebouwing. Figuur 5.4 toont illustratief het benutte rekenmodel waarin zowel de eerstelijnsbebouwing als de tweedelijnsbebouwing .

f5.4 Rekenmodel

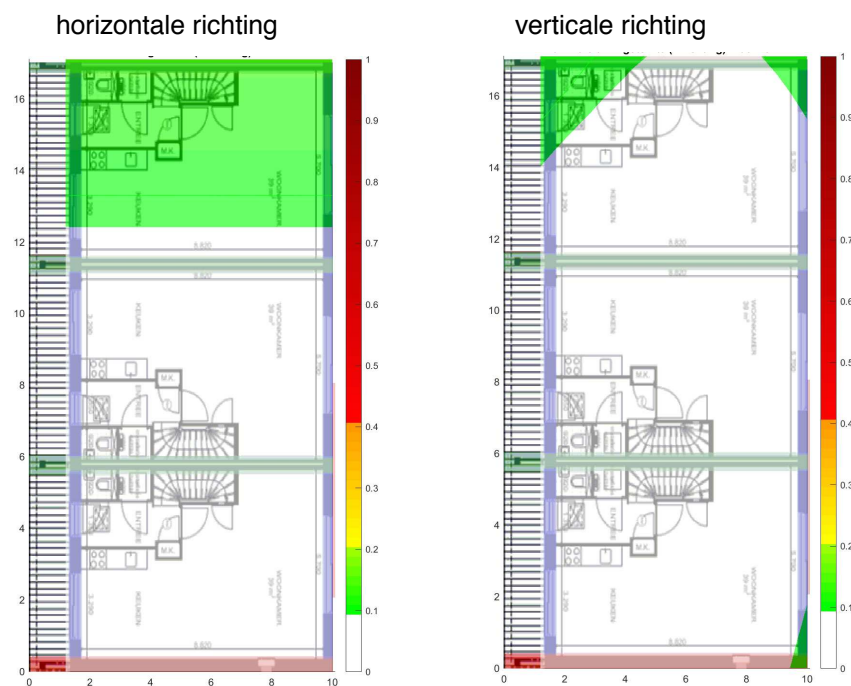


In het rekenmodel zijn de woningen van de tweedelijnsbebouwing opgenomen op basis van de constructieve uitgangspunten zoals aangeleverd door Kaskon B.V..

Met dit rekenmodel zijn de te verwachten trillingniveaus in de woningen van de tweedelijsbebouwing berekend. Op basis van de resultaten volgt dat de hoogste trillingsterkten worden verwacht op vloerniveau 3 (2^e verdieping).

In figuur 5.5 zijn de contouren getoond van vloerniveau 3 voor zowel de horizontale als de verticale richting.

f5.5 Maximale trillingsterkte contour, vloerniveau 3



De maximale trillingsterkte in de tweedelijsbebouwing bedraagt maximaal $< 0,2$ en voldoet daarmee aan de gehanteerde streefwaarden.

6 Conclusie

Op basis van het voorliggende onderzoek kan worden geconcludeerd dat aan 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 zal worden voldaan.

Hiermee zal sprake zijn van een woon- en leefklimaat dat als acceptabel kan worden aangemerkt zodat qua trillingen geen belemmeringen bestaan om het bestemmingsplan vast te stellen.

Dit rapport bevat 24 pagina's

Mook,

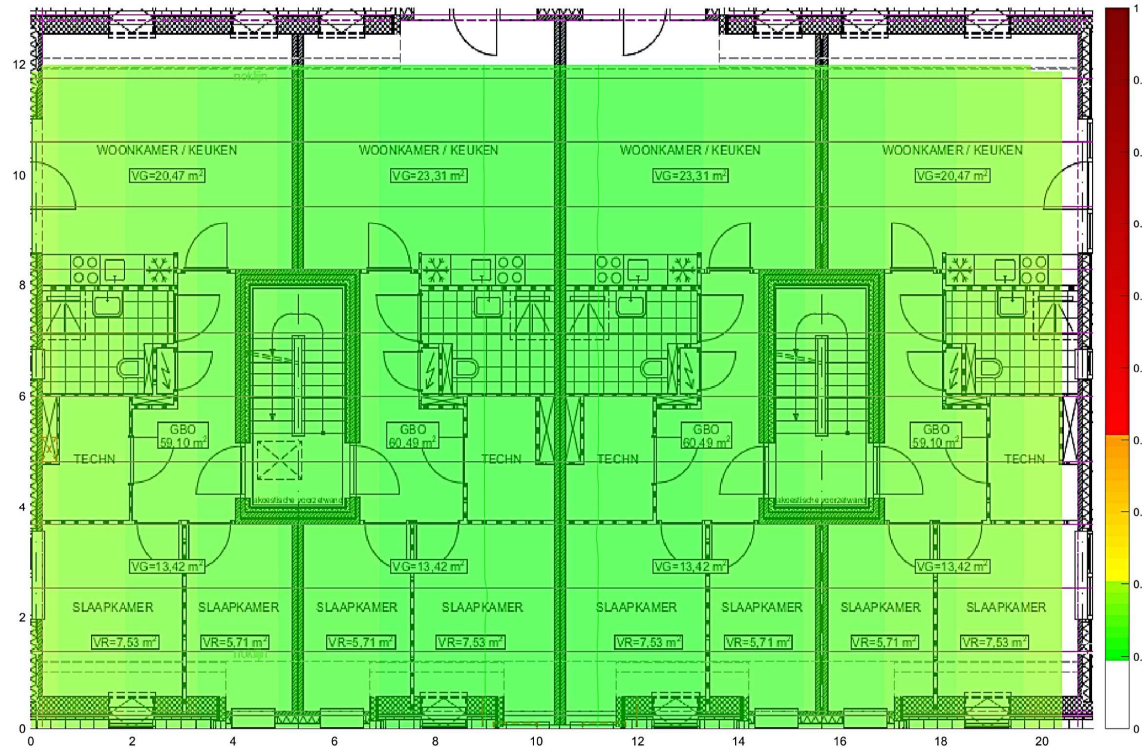


The floor plan illustrates a symmetrical four-story residential building layout. The plan is divided into four identical units, each containing a living area (WOONKAMER / KEUKEN), a kitchen, a bathroom, and a bedroom (SLAAPKAMER). The central area features two stairwells and two technical rooms (TECHN). Dimensions are provided for various rooms and corridors. A color-coded scale on the right indicates room types or materials, ranging from green to red.

Key dimensions and room labels include:

- Living Area (WOONKAMER / KEUKEN): 5.020 x 4.700
- Kitchen (KEUKEN): 1.200 x 1.430
- Bedroom (SLAAPKAMER): 2.195 x 3.500
- Technical Room (TECHN): 2.290 x 2.895
- Stairwell (trouwtrouw)
- Central Corridor (3.500)
- Room Area (GBO): 51.46 m²

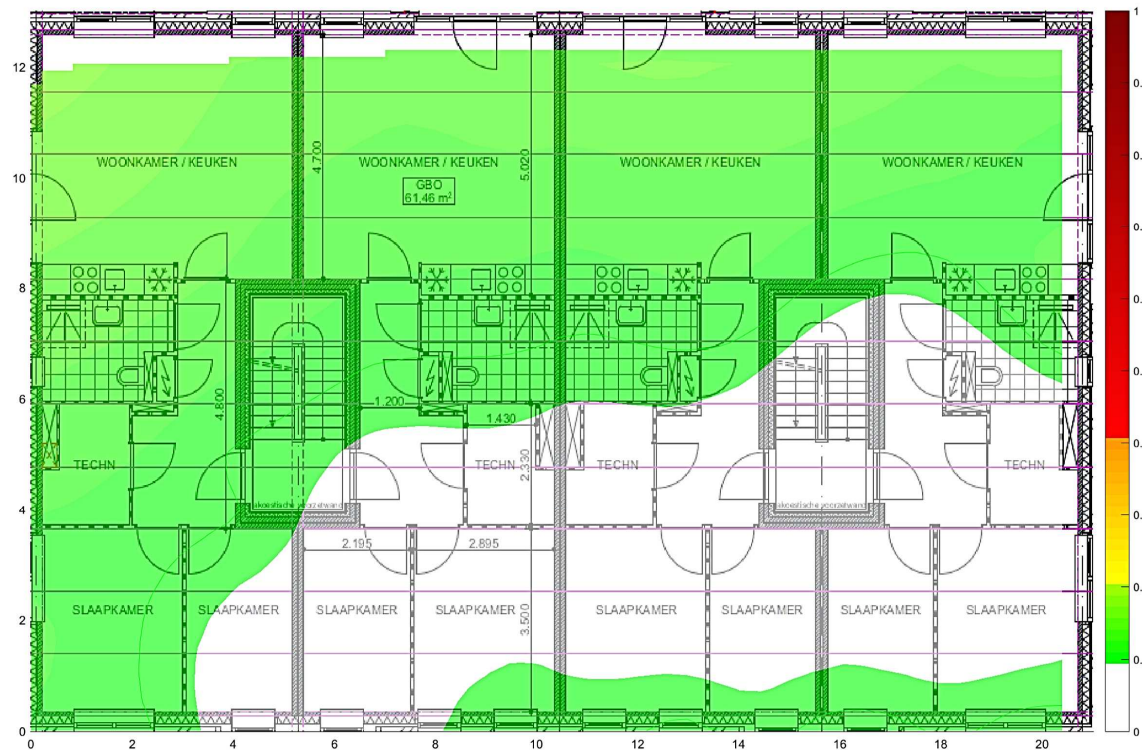
Maximale trillingsterkte (Y richting vloer 2e verdieping)



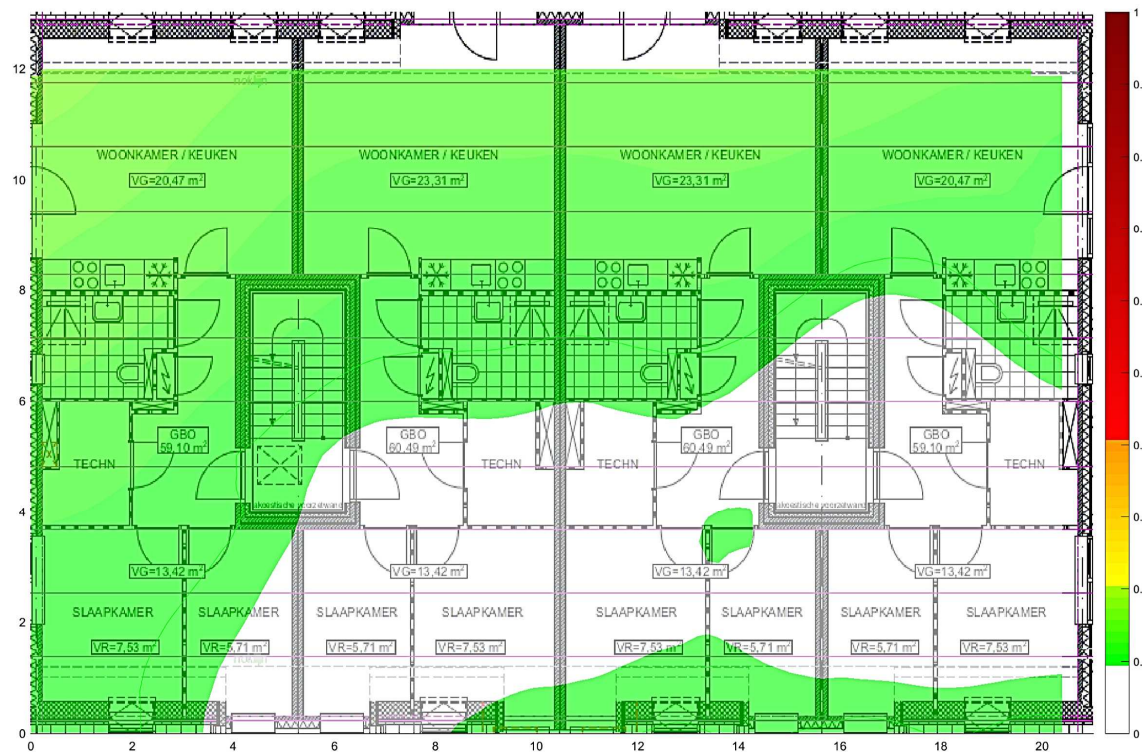
Maximale trillingsterkte (Z richting) vloer begane grond



Maximale trillingsterkte (Z richting) vloer 1e verdieping

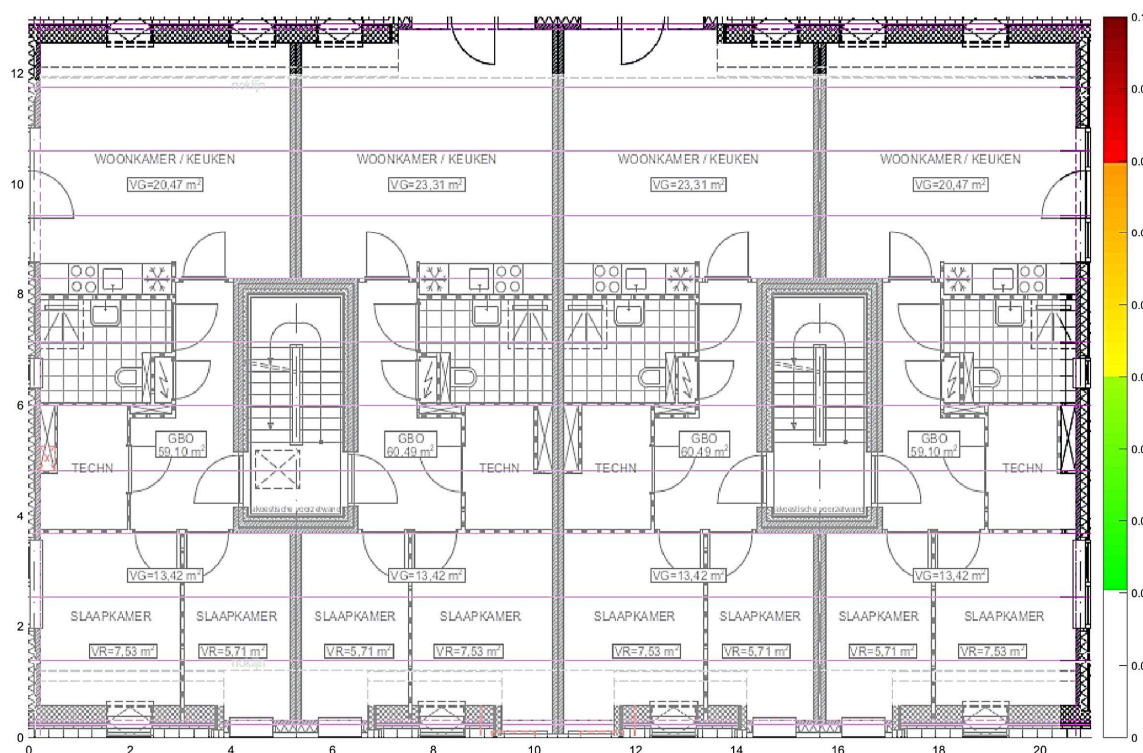


Maximale trillingsterkte (Z richting) vloer 2e verdieping

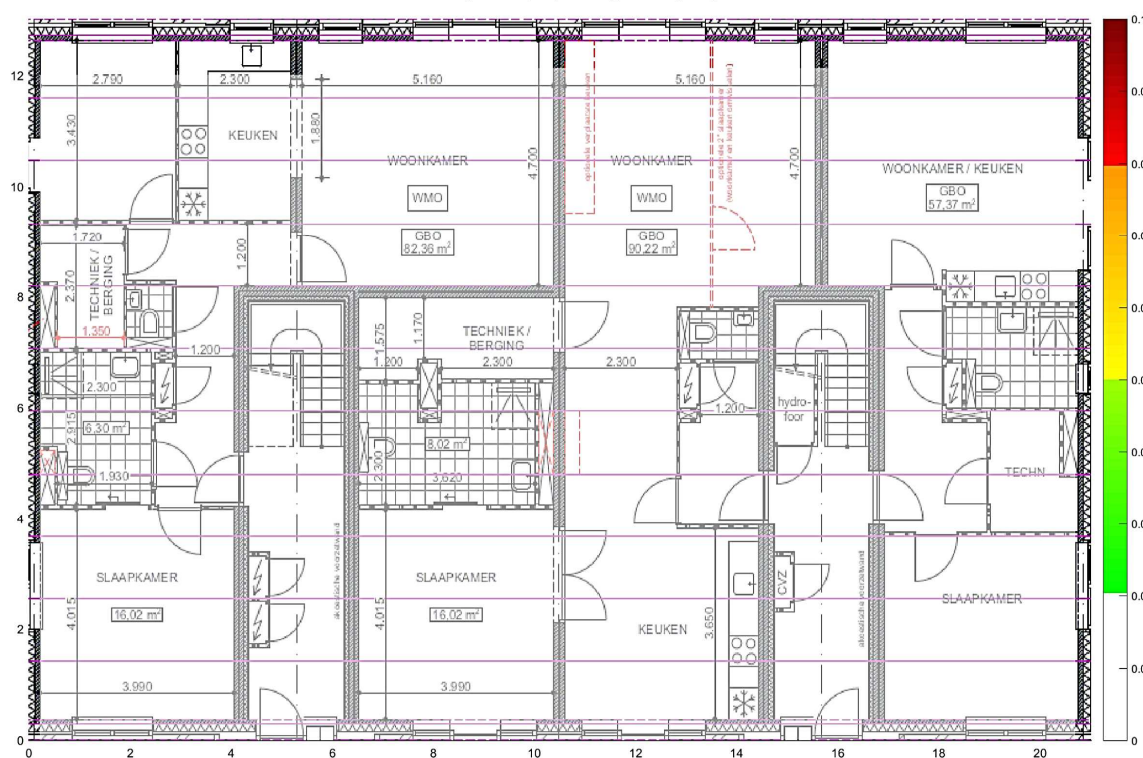


The floor plan shows a symmetrical four-unit residential building. Each unit consists of a living area (WOONKAMER / KEUKEN), a bedroom (SLAAPKAMER), a bathroom (BOS), and a technical room (TECHN). The central corridor (overstroomde gang) is labeled with a width of 1.200. The plan includes various dimensions for room widths and heights, such as 4.700, 5.020, 4.500, 1.430, 2.330, 2.195, 2.895, 3.500, and 4.700. A color scale on the right indicates noise levels from 0 to 0.1, with red representing higher values and green representing lower values. The plan also shows structural elements like walls, doors, and windows.

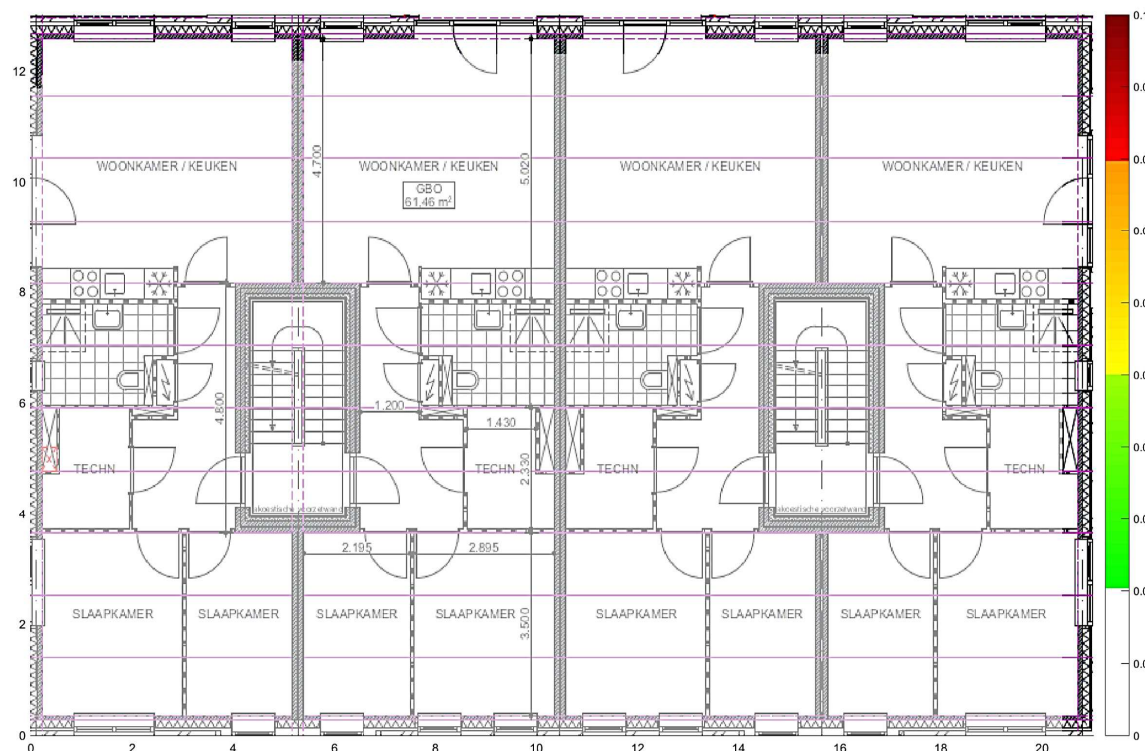
Gemiddelde trillingsterkte Vper (Y richting) vloer 2e verdieping



Gemiddelde trillingsterkte Vper (Z richting) vloer begane grond



Gemiddelde trillingsterkte Vper (Z richting) vloer 1e verdieping



Gemiddelde trillingsterkte Vper (Z richting) vloer 2e verdieping

