

Notitie

Concept

betreft: Netten Talens te Apeldoorn; trillingen spoor
datum: 17 september 2025
referentie: LL/EdV/ /H 8213-2-NO-001
van: ing. E. de Vries

1 Inleiding

In opdracht van SAB te Arnhem is een trillingonderzoek uitgevoerd inzake mogelijke hinder door spoortrillingen bij een nieuwbouwplan Netten Talens te Apeldoorn.

Aanleiding voor dit onderzoek is de omgevingsplanwijziging die nodig is om de gewenste woningbouw, kantoren, onderwijs en commerciële voorzieningen mogelijk te maken.

De geprojecteerde woningen zijn gesitueerd tot op ca. 20 m afstand van de spoorlijn Apeldoorn – Deventer/ Zutphen en liggen daarmee binnen het standaard aandachtsgebied waar conform de Handreiking Nieuwbouw en Spoortrillingen van het Ministerie van I & W van mei 2019 nader onderzoek naar trillinghinder wenselijk is.

Binnen het plan zijn kantoren en onderwijs voorzien op vergelijkbare afstand tot het spoor als woningen maar voor deze gebouwfuncties geldt een ruimere normering zodat in relatie tot trillingen vanwege het spoor de woningen in alle gevallen maatgevend zullen zijn.

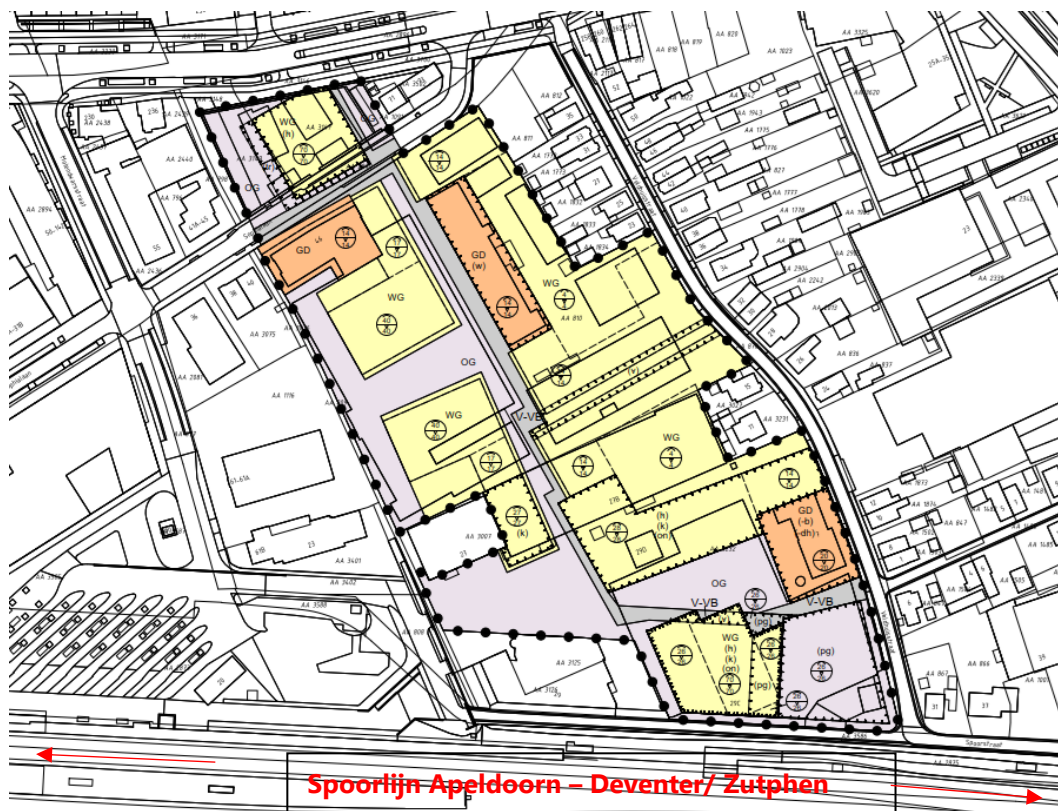
Basis voor het onderzoek is het trillingonderzoek dat in 2023 is uitgevoerd voor de MER Spoorzone-Oost (rapport O 16950-5 d.d. 1 december 2023 opgesteld door Peutz).

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 Uitgangspunten

2.1 Situatie

Het plan Netten Talens voorziet in een gehele woonwijk. Figuur f 2.1 toont de percelen waar de nieuwbouw is voorzien waarbij aan de zuidzijde sprake is van een spoorlijn. De gele bouwvlakken betreffen woongebouwen, mogelijk in combinatie met onderwijs en kantoren.



f 2.1 Nieuwbouwplan Netten Talens

De toekomstige woningen zijn gesitueerd op ca. 20 m afstand tot het midden van het dichtstbijgelegen spoor.

2.2 Rapportage MER Spoorzone-Oost

Peutz heeft in opdracht van gemeente Apeldoorn onderzoek gedaan ten behoeve van de MER Spoorzone-Oost. De bevindingen daarvan zijn vastgelegd in rapport O 16950-5 d.d. 1 december 2023.

2.2.1 Meetresultaten

In dat onderzoek zijn destijds trillingmetingen verricht op meerdere locaties. Figuur f 2.2 toont de gehanteerde meetlocaties.



f 2.2 Meetlocaties

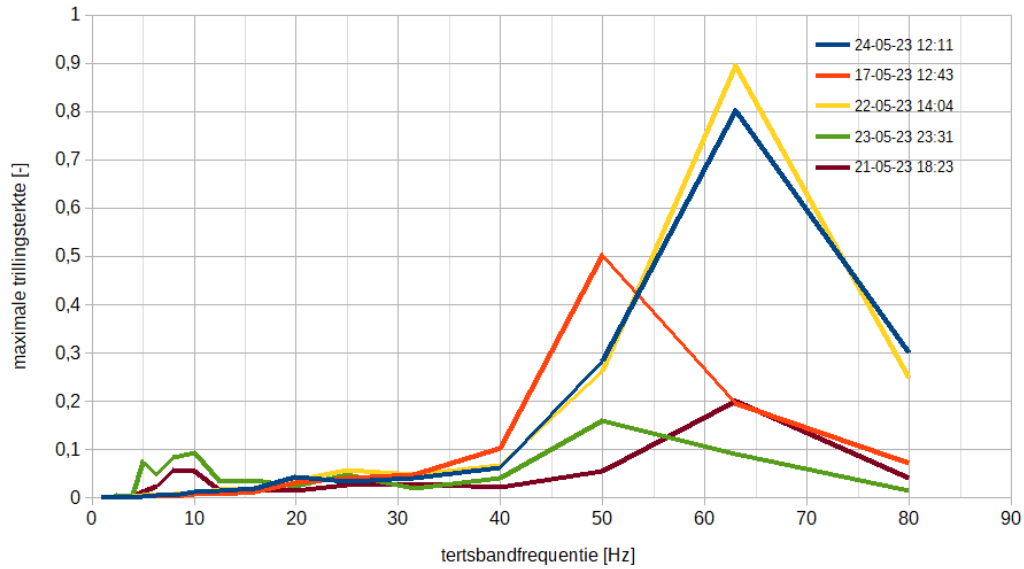
Voor het plan Netten Talens is met name meetlocatie 1 en 2 relevant. Ter plaatse van beide meetlocaties is in de bodem sprake van een maximale trillingsterkte als gevolg van passerende treinen tot 1.

Om de trillingen in de toekomstige woningen te kunnen inschatten en beoordelen is inzicht nodig in de spectrale inhoud van de trillingsterkte en in de gemiddelde trillingsterkte per etmaalperiode.

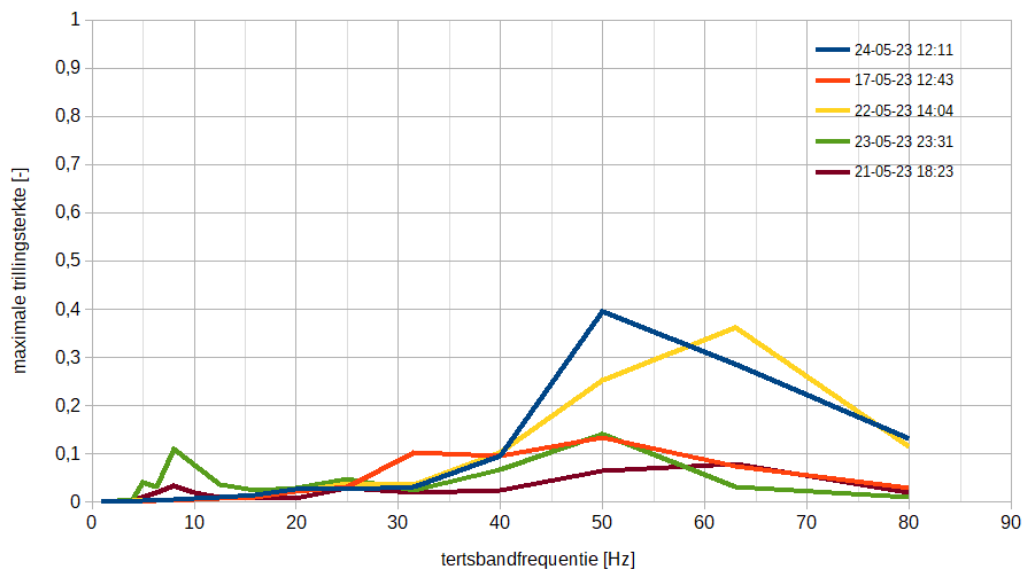
In het benutte trillingonderzoek van de MER Spoorzone-Oost zijn zowel de spectrale inhoud als de gemiddelde trillingsterkte gegeven voor alleen meetlocatie 1. Aangezien de trillingsterkte in beide meetlocaties gelijk zijn is de verdere beschouwing gebaseerd op de resultaten in meetlocatie 1.

De spectrale verdeling is gegeven voor de trillingen in horizontale X- en Y-richting en de verticale Z-richting, waarbij de horizontale X-richting parallel aan het spoor is en de Y-richting loodrecht op het spoor.

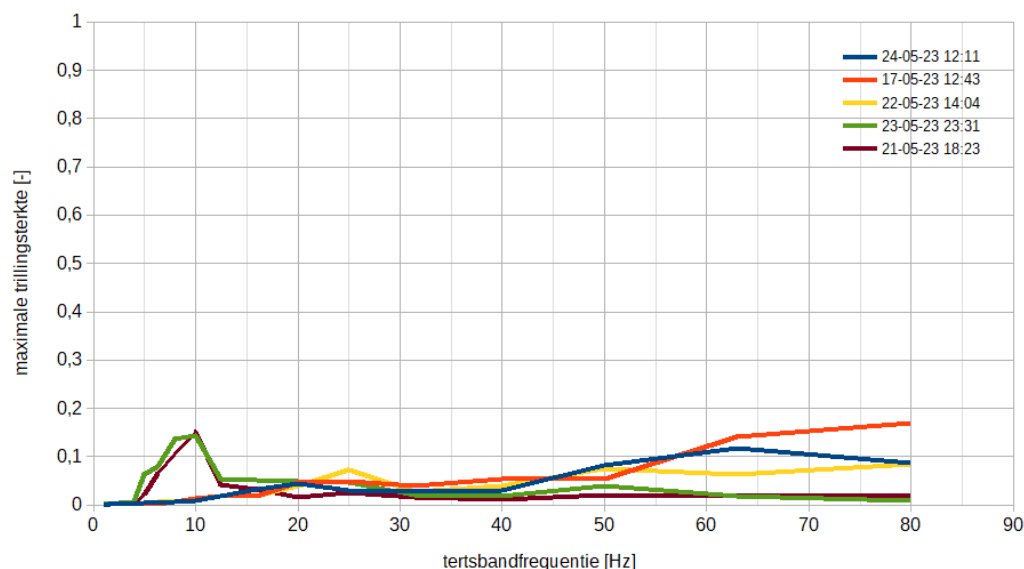
Figuren f 2.3, f 2.4 en f 2.5 tonen de spectrale verdeling van de 5 maatgevende treinpassages ter plaatse van meetlocatie 1 in respectievelijk de horizontale X-richting, Y-richting en de verticale Z-richting.



f.2.3 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale X richting)



f.2.4 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (horizontale Y richting)



f 2.5 Spectrale verdeling van de trillingsterkte als gevolg van de treinpassages (verticale Z richting)

Tabel t 2.1 toont het gemiddelde per etmaalperiode (dag, avond en nacht).

t 2.1 Gemiddelde trillingsterkte in de bodem ter plaatse van meetlocatie 1

| | | Gemiddelde trillingsterkte in de bodem | | |
|---------------|-------|--|------|------|
| | | X | Y | Z |
| Meetlocatie 1 | Dag | 0,15 | 0,10 | 0,05 |
| | Avond | 0,12 | 0,08 | 0,04 |
| | Nacht | 0,09 | 0,06 | 0,04 |

2.2.2 Prognose

Om vervolgens inzicht te krijgen in de trillingniveaus in de toekomstige gebouwen dienen de nu in de bodem gemeten waarden gecorrigeerd te worden voor ten eerste de overgang van bodem naar fundatie en ten tweede voor mogelijke opslinging in het gebouw. Deze opslinging kan in verticale richting veroorzaakt worden door (vrij overspannen) vloervelden en in horizontale richting kan de gebouwconstructie verder nog voor opslinging zorgen.

De dichtstbij het spoor voorziene woningen betreffen een woongebouw met een hoogte tot max. 70 m. Voor de prognose is verondersteld dat het casco van deze woongebouwen bestaat uit beton. Bij de overgang van bodem naar fundament zal afhankelijk van de frequentie sprake zijn van een demping tot 10 dB (afname met factor 3).

Verder zal voor dergelijke gebouwen de opslinging in het gebouw beperkt zijn tot de opslinging van vloerdelen. 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 versterking als gevolg van vloerresonanties is in het algemeen beperkt tot het frequentiegebied van ca. 8 tot 31,5 Hz.

Tabel t 2.2 toont de te verwachten trillingsterkte.

t 2.2 Te verwachten trillingsterkte in woningen

| Locatie | Maximale trillingsterkte in de woning | | |
|------------|---------------------------------------|-----|-----|
| | X | Y | Z |
| Woongebouw | 0,3 | 0,4 | 0,6 |

De in tabel t 2.2 gegeven waarden kunnen worden gezien als worst case en kunnen optreden als bepaalde (nu nog niet bekende) constructieve eigenschappen op een ongunstige wijze samenvallen. Denk daarbij aan een aanstoting bij een frequentie waar het fundament slechts een lage demping levert terwijl bepaalde vloeren bij dezelfde frequentie juist een sterke opslinging (eigenfrequentie) vertonen. In de praktijk zal nagenoeg altijd sprake zijn van lagere trillingniveaus.

2.3 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 t 2.3 toont de van toepassing zijnde streefwaarden conform de SBR B (nieuwe situatie herhaald voorkomende trillingen).

t 2.3 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.

3 Beoordeling

Op basis van het onderzoek dat is uitgevoerd voor de MER Spoorzone-Oost is een inschatting gemaakt van de te verwachten maximale trillingsterkte in de geprojecteerde woningen van het plan Netten Talens te Apeldoorn.

Worst case is in de geprojecteerde woningen sprake van een maximale trillingsterkte tot 0,6 (zie tabel t 2.2).

Hiermee wordt niet voldaan aan de streefwaarde A_1 van 0,1 voor nieuwe situaties.

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. Ook aan deze streefwaarde wordt niet voldaan.

Hoewel toetsing aan de streefwaarde A_3 niet meer aan de orde, is volledigheidshalve toch de gemiddelde trillingsterkte beoordeeld.

Hiervoor is ook de verwachte (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) in de woningen bepaald. De trillingsterkte V_{per} bedraagt op basis van de metingen worstcase 0,15 in de bodem. Uitgaande van een vergelijkbare verhouding als bij de maximale trillingsterkte tussen bodem en woning wordt een (gemiddelde) trillingsterkte over de beoordelingsperiode (V_{per}) in de woning verwacht van maximaal 0,089 waarmee de streefwaarde A_3 van 0,05 (nieuwe situaties) beperkt wordt overschreden.

Met een worst case verwachte trillingsterkte V_{\max} in de geprojecteerde woningen van plan Netten Talens van maximaal ca. 0,6 bij een na te streven waarde van 0,2 en een gemiddelde trillingsterkte van maximaal 0,089 bij een na te streven waarde van 0,05 kan worden geconcludeerd dat in de woningen een reductiedoelstelling met circa een factor 3 aan de orde is.

Op basis van het bovenstaande kan worden gesteld dat niet wordt voldaan aan de richtlijn SBR deel B.

Conform het trillingonderzoek van de MER wordt gesteld dat binnen het plangebied tot op een afstand van ca. 75 tot 85 m tot het spoor een trillingsterkte van 0,2 wordt verwacht in de nieuwbouw. Op een grotere afstand wordt zonder meer voldaan aan de streefwaarde en kan in principe zonder beperkingen woningbouw worden gerealiseerd.

Met een reductiedoelstelling die tot globaal een factor 3 bedraagt kan worden gesteld dat met trillingstechnische optimalisatie van het ontwerp danwel aanvullende bouwkundige maatregelen, zal kunnen worden voldaan aan de streefwaarden van de SBR B en daarmee aan een trillingstechnisch acceptabel woon en leefklimaat.

Als het gaat om het optimaliseren van het ontwerp kan worden gedacht aan bijvoorbeeld het optimaliseren van het vloerontwerp. Bij verticale trillingen is vloergedrag vaak mede bepalend. Verstijven door toepassing dikkere vloeren, kleinere overspanningen e.d. kan 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. Trillingen in de bodem worden bij overgang van bodem naar fundament gereduceerd waarbij de mate van reductie onder andere afhankelijk is van de stijfheid en de massa van het fundament. Door het toepassen van een zwaarder fundament 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.

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.

4 Conclusie

Op basis van voorliggend onderzoek 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 ervaring dient de situatie beoordeeld te worden als technisch oplosbaar. 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 het omgevingsplan te wijzigen.

Tot slot wordt opgemerkt dat voorliggend onderzoek gebaseerd is op trillingmetingen die uitgevoerd zijn in het kader van de MER Spoorzone-Oost. Derhalve kan in een later stadium (bijv. indien de omgevingsvergunning voor bouwen wordt aangevraagd) worden overwogen om op de exacte locatie van de nieuwbouw trillingmetingen uit te voeren om een betere inschatting te krijgen van de te verwachten trillingniveaus in de toekomstige woningen.

Deze notitie bevat **9** pagina's

De inhoud van dit document mag niet worden gewijzigd. Het document mag zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Peutz niet in delen worden verspreid. Peutz aanvaardt geen aansprakelijkheid voor schade die voortvloeit uit of samenhangt met het wijzigen van de inhoud van dit document.