

Amerikalaan 14

6199 AE MAASTRICHT - AIRPORT

Postbus 480

6200 AL MAASTRICHT

T +31 (0)43-3467878

E maastricht.ch@dpa.nl

www.dpa.nl/cauberg-huygen

K.v.K 58792562

IBAN NL71 RABO 0112 075584

Verkenning bouwvoorschrift trillingen; eindrapportage

Datum 25 augustus 2017
Referentie 01810-15595-07



DGMR Den Haag

2511 VB Den Haag

Postbus 370

2501 CJ Den Haag

T +31 (0)88 346 75 00

E info@dgmr.nl

www.dgmr.nl

Referentie 01810-15595-07
Rapporttitel Verkenning bouwvoorschrift trillingen;
eindrapportage
Datum 25 augustus 2017

Opdrachtgever Ministerie van Infrastructuur en Milieu
Directie Klimaat, Lucht en Geluid
Postbus 20901
2500 EX DEN HAAG
Contactpersoon

Behandeld door C.J. Ostendorf
DPA Cauberg-Huygen B.V.
Amerikalaan 14
6199 AE MAASTRICHT - AIRPORT
Postbus 480
6200 AL MAASTRICHT
Telefoon 043-3467878
Fax 043-3476347

Ir. J. Witte
ing. R. Fennema
DGMR
Postbus 370
2501 CJ Den Haag
Telefoon 088-3467500

Inhoudsopgave

0	Samenvatting	4
1	Inleiding	6
2	Onderzoeksopzet	7
2.1	De hoofdvraag	7
2.2	Aanpak van onderzoek	7
2.3	Literatuur	8
2.4	Consultatie van experts	8
2.5	Samenvatting en aanbeveling	9
2.6	Begrippen	9
3	Trillingen door treinen	10
3.1	Van trein tot woning	10
3.1.1	Algemeen	10
3.1.2	Invloed trein	10
3.1.3	Overdracht door de bodem	11
3.1.4	Overdracht in een gebouw	12
3.1.5	Samenvattend	13
3.2	Trillingssterkte	13
3.2.1	Algemeen	13
3.2.2	V _{max}	13
3.2.3	V _{per}	14
3.3	Beoordelen trillingssterkte	14
3.3.1	SBR richtlijn B	14
3.3.2	Beleidsregel trillinghinder spoor	15
3.4	Effect trillingen op de mens	16
3.5	Maatregelen	17
4	Literatuuronderzoek	18
4.1	Inleiding	18
4.2	Vraag a: welke regels bestaan voor andere milieucompartimenten?	18
4.2.1	Geluid	18
4.2.2	Trillingen	20
4.2.3	Beschouwing	21
4.3	Vraag b: welke bepalingsmethoden en grootheden gelden voor trillingen?	22
4.3.1	Metten en beoordelen	22
4.3.2	Prognose	23
4.4	Vraag c: kan een geografisch aandachtsgebied worden benoemd?	24
4.4.1	Inleiding	24
4.4.2	De bodem	25
4.5	Vraag d: welke trillingsreducerende maatregelen zijn toepasbaar?	26
4.5.1	Maatregelcatalogus	26
4.5.2	Eigen projectervaringen	28

4.5.3	Doel- of middelvoorschrift?	29
4.6	Vraag e: welke ervaringen met maatregelen zijn er in het buitenland?	29
4.7	Vraag f: hoe zou een voorschrift eruit kunnen zien?	31
4.7.1	Inleiding	31
4.7.2	Bestemmings- en uitwerkingsplannen	32
4.8	Omgevingswet	35
4.9	Wie is verantwoordelijk?	36
4.10	Samenvatting literatuur	39
5	Consultatie experts	41
5.1	Selectie branches en personen	41
5.2	Samenvatting gesprekken	41
5.3	Conclusie consultatie	43
6	Resultaten en aanbevelingen	45
6.1	Resultaat verkenning	45
6.1.1	Algemeen	45
6.1.2	Resultaat consultaties: trillingsvoorschrift is wenselijk	45
6.1.3	Risicoanalyse	46
6.1.4	Verantwoordelijkheid	47
6.1.5	Onzekerheid prognose	49
6.1.6	Type voorschrift	49
6.1.7	Effect Omgevingswet	50
6.1.8	Samenvatting	51
6.2	Aanbeveling voorschrift	51
6.2.1	Algemeen	51
6.2.2	Eerste stap: korte termijn	52
6.2.3	Stap 2: lange termijn	53
6.3	Trillingsregister	54
6.4	Risico's	55
6.5	Algemene aanbevelingen	57

Bijlagen

Bijlage I Literatuur overzicht

Bijlage II Inge vulde vragenformulieren

0 Samenvatting

Als er nieuwe bebouwing langs een bestaande hoofdspoorweg wordt gerealiseerd, kan in het ontwerp van de nieuwe bebouwing mogelijk al met trillingsbeperkende maatregelen rekening worden gehouden. In dit onderzoek is verkend of en hoe dat zou kunnen. Deze verkenning is aangekondigd in de Kamerbrief van 29 februari 2016 (Kamerstukken II, 29 984 nr. 655, p. 3).

Het trillingenbeleid is in ontwikkeling. Er zijn diverse onzekerheden die aanleiding zijn voor nader onderzoek. Door het ministerie van I&M is daarom de volgende hoofdvraag geformuleerd:

Hoe zouden de bestaande bouwregels (Bouwbesluit 2012 [1]) kosteneffectief geoptimaliseerd kunnen worden, zodat nieuwe bouwwerken beter trillingsbestendig gemaakt kunnen worden?

Tijdens de uitvoering van het onderzoek bleek de trillingsproblematiek vooral van toepassing op woningbouw. De conclusies en aanbevelingen uit het onderzoek zijn echter ook toepasbaar op andere gebouwen.

Het onderzoek heeft de mogelijkheden verkend tot het formuleren van een bouwvoorschrift. In algemene zin kunnen bouwvoorschriften bestaan uit:

- een maximaal toelaatbare trillingssterkte in de woning dat na realisatie van de woning niet mag worden overschreden (een doelvoorschrift);
- concrete bouwkundige maatregelen ter reductie van de trillingen die bij de bouw van de woning moeten worden toegepast (een middelvoorschrift).

Daarnaast is onderzocht of een aandachtsgebied kan worden gedefinieerd waarbinnen deze voorschriften van toepassing moeten zijn. De voorschriften hoeven immers alleen van toepassing te zijn op woningen in het gebied waarbinnen trillingen vanwege het spoor een rol spelen,

Voor de lezer die niet bekend is met de wijze waarop trillingen als gevolg van treinverkeer ontstaan en beoordeeld worden, is hoofdstuk 3 opgenomen. Hierin is een aantal veel gebruikte begrippen uitgelegd en enige theoretische achtergrond over trillingen gegeven.

Het onderzoek bestaat uit:

1. Literatuuronderzoek (hoofdstuk 4)
2. Consultatie van experts (hoofdstuk 5)
3. Verkenningen (hoofdstuk 6):
 - a. Aandachtsgebied
 - b. Doelvoorschrift
 - c. Middelvoorschrift

Uit het literatuuronderzoek volgt dat er geen maatregelen aan een bouwwerk bestaan die altijd hetzelfde trillingsreducerend effect hebben. Een effectieve maatregel vraagt maatwerk en dient ontworpen te zijn voor de specifieke situatie en locatie. Over de effectiviteit van de toegepaste maatregelen in de praktijk zijn in het literatuuronderzoek maar weinig gegevens gevonden.

Uit de consultatie van experts blijkt dat zij bepleiten dat de herkenning van het risico op trillingshinder beter wordt geborgd en dat dit zo vroeg mogelijk in het proces dient te gebeuren. Betrokkenen in de ontwikkeling van een bouwplan geven als voorbeeld een verplichting tot risico analyse in het bestemmingsplan (Omgevingsplan) of bij aanvraag Omgevingsvergunning. Verder beschouwen zij het Bouwbesluit of Besluit bouw-

werken leefomgeving als een logische plaats voor een toekomstig doelvoorschrift. Het voorschrift vormt dan een prestatie-eis voor de woning.

Op basis van de uitgevoerde verkenning blijkt dat er op dit moment nog teveel knelpunten bestaan om een concreet en handhaafbaar bouwvoorschrift trillingen op te kunnen stellen. Die knelpunten hebben betrekking op:

1. Het ontbreken van een eenduidige, gestandaardiseerde rekenmethode en beoordelingswijze:
 - a. een rekenmethode voor de prognose van de trillingssterkte in nieuwe bouwwerken (woningen);
 - b. een beoordelingswijze van de trillingssterkte waarbij rekening wordt gehouden met de onzekerheden uit de prognose.
2. De verdeling van verantwoordelijkheden met betrekking tot de naleving van de te stellen voorschriften.
3. Het gebrek aan ervaring met de (kosten)effectiviteit van reeds getroffen trillingsreducerende maatregelen in de praktijk.

Een concreet bouwvoorschrift trillingen is dus nog niet mogelijk. Toch kan de situatie al wel verbeterd worden als de signalering van mogelijke trillingshinder al in het stadium van de planvorming wordt opgenomen. Daardoor zal de kans op trillingshinder in een nieuwbouwwoning afnemen ten opzichte van de huidige situatie omdat het aspect trillingen binnen de onderzoekszone altijd moet worden beschouwd.

Op basis van deze verkenning wordt voorgesteld om op korte termijn in het Besluit kwaliteit leefomgeving een instructieregel op te nemen dat een trillingsonderzoek verplicht als de nieuw te projecteren woning binnen een bepaalde afstand van het spoor ligt. In eerste instantie kan uitgegaan worden van een zone van 100 meter, maar het onderzoek bevat ook de aanbeveling om de mogelijkheden van een trillingsregister te onderzoeken. In dit register (zie paragraaf 6.3) zijn trillingscontouren opgenomen die enerzijds de trillingsimmissie van het spoor op maaiveld begrenzen (vergelijk met het geluidregister voor het spoor) en die anderzijds gebruikt kunnen worden door een initiatiefnemer tot woningbouw om als uitgangspunt te dienen voor het trillingsonderzoek dat benodigd is om eventuele trillingsreducerende maatregelen te bepalen.

De juridische (on)mogelijkheden en consequenties van de aanbevelingen en voorgestelde voorschriften zijn in voorliggend onderzoek niet beschouwd.

De verkenning leidt tot de volgende algemene aanbevelingen:

1. Onderzoek de mogelijkheden tot de ontwikkeling van het trillingsregister om verantwoordelijkheden vast te kunnen leggen.
2. Ontwikkel een rekenmethode voor de prognose van de trillingssterkte in de nieuwbouwwoning en een bijbehorende beoordelingsmethode die rekening houdt met de onzekerheden in de prognose.
3. Onderzoek hoeveel bestemmingsplannen met geprojecteerde woningen beïnvloed worden door de onderzoekszone voor trillingen in verband met mogelijke planschade.
4. Ontwikkel en onderhoud een database waarin de gegevens van controlemetingen worden bijgehouden zodat inzicht ontstaat in de (kosten)effectiviteit van de getroffen trillingsreducerende maatregelen.
5. Onderzoek de juridische (on)mogelijkheden en consequenties van de aanbevelingen en voorgestelde voorschriften uit dit rapport.

1 Inleiding

In de Kamerbrief van 29 februari 2016 (Kamerstukken II, 29 984 nr. 655, p. 3) is de volgende tekst opgenomen inzake maatregelen om de trillingsbelasting ten gevolge van het spoor in gebouwen te reduceren:

“De tot dusver getroffen maatregelen hadden betrekking op bestaand (of nieuw aangelegd) hoofdspoor om overlast op de omliggende bebouwing te beperken. In het geval er nieuwe bebouwing langs een bestaande hoofdspoorweg wordt gerealiseerd, kan ook in het ontwerp van de nieuwe bebouwing met trillingsbeperking rekening worden gehouden. Deze mogelijkheid moet echter nog nader verkend worden.

Ik zal in de context van de Omgevingswet verkennen welke mogelijkheden er zijn ten aanzien van de realisatie van nieuwe gebouwen langs hoofdspoorwegen. De Omgevingswet biedt een toereikende grondslag om hiervoor bijvoorbeeld instructieregels te kunnen opnemen in het Besluit kwaliteit leefomgeving”.

Het trillingenbeleid is in ontwikkeling. Er zijn nog diverse onzekerheden die aanleiding zijn voor nader onderzoek. Het onderzoek naar de mogelijkheden in het Besluit bouwen leefomgeving (Bbl) en/of het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) is één van die onderzoeken.

In opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu hebben DPA Cauberg-Huygen en DGMR het erkennend onderzoek uitgevoerd naar een mogelijk bouwvoorschrift trillingen. Hierbij zijn niet alleen de mogelijkheden binnen de toekomstige Omgevingswet beschouwd, maar ook de mogelijkheden binnen het bestaande stelsel van regelgeving zoals het Bouwbesluit 2012 en het bestemmingsplan. Ten behoeve van de verkenning is een literatuuronderzoek uitgevoerd en zijn interviews gehouden met partijen die te maken hebben met de invloed van een voorschrift.

In voorliggende rapportage zijn de resultaten van het onderzoek vastgelegd. Hoofdstuk 2 beschrijft de onderzoeksopzet. Hoofdstuk 3 gaat in op algemene begrippen over trillingen en treinen en is bedoeld voor de lezer die geen technische kennis over het onderwerp trillingen heeft. Hoofdstuk 4 geeft de resultaten van het literatuuronderzoek terwijl hoofdstuk 5 de bevindingen uit de interviews toont. In hoofdstuk 6 zijn aanbevelingen opgenomen.

Naast de gebruikte literatuur (zie bijlage I), is door de onderzoekers ook gebruik gemaakt van eigen praktijkervaringen die volgen uit eigen onderzoeken. Deze expertise is niet altijd beschikbaar in openbare literatuur. In dat geval is een verwijzing in een voetnoot opgenomen.

Tijdens de uitvoering van het onderzoek bleek de trillingsproblematiek vooral van toepassing op woningbouw. De conclusies en aanbevelingen uit het onderzoek zijn echter ook toepasbaar op andere gebouwen.

Bij de uitvoering van de verkenning is het begrip “voorschrift” in bijvoorbeeld bouwvoorschrift of trillingsvoorschrift in algemene zin gebruikt. Het begrip “voorschrift” kan ook betrekking hebben op instructieregels of bouwregels. In de verdere juridische uitwerking van de resultaten uit de verkenning dient de juridische nuance in terminologie te worden toegevoegd.

2 Onderzoeksopzet

2.1 De hoofdvraag

Door het ministerie van I&M is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

Hoe zouden de bestaande bouwregels (Bouwbesluit 2012 [1]) kosteneffectief geoptimaliseerd kunnen worden, zodat nieuwe bouwwerken beter trillingsbestendig gemaakt kunnen worden?

Bij de uitwerking dient (in elk geval) te worden ingegaan op:

- Het toepassen van de Maatregelcatalogus voor nieuwbouw.
- Ervaringen vanuit projecten in binnen- en buitenland.
- De parallellen met veiligheid, geluid- en geurhinder en de mogelijk vormgeving zoals maatwerkvoorschriften, contouren, trillingsonderzoek, prestatie-eisen, circulaire/beleidsregels en praktijkrichtlijnen/normen.

2.2 Aanpak van onderzoek

De aanpak van het onderzoek is er opgericht om mogelijke oplossingsrichtingen te onderzoeken en te adviseren of het zinvol is om een richting verder uit te werken.

In algemene zin kunnen voorschriften bestaan uit:

- Een maximaal toelaatbare trillingssterkte in de woning (vergelijkbaar met een doelvoorschrift uit het Bouwbesluit).
- Concrete bouwkundige maatregelen (vergelijkbaar met een middelvoorschrift).

Het onderzoek heeft de mogelijkheden verkend tot het formuleren van een doel- en/of middelvoorschrift.

Daarnaast is het van belang om te onderzoeken of een geografisch aandachtsgebied kan worden gedefinieerd waarbinnen deze voorschriften van toepassing moeten zijn. De voorschriften hoeven immers alleen van toepassing te zijn op woningen in dat aandachtsgebied, in de buurt van het spoor.

Het onderzoek bestaat uit:

1. Literatuuronderzoek
2. Consultatie van experts
3. Verkenningen:
 - a. Aandachtsgebied
 - b. Doelvoorschrift
 - c. Middelvoorschrift

In de navolgende paragrafen zijn de verschillende onderzoeksfasen verder toegelicht.

2.3 Literatuur

Het literatuuronderzoek is uitgevoerd om antwoorden te vinden op vragen als:

- a. Hoe zijn kaders bij andere aspecten zoals veiligheid, geluid- en geurhinder ontwikkeld en geregeld en welke parallellen zijn er?
- b. Welke bepalingsmethoden/grootheden zijn beschikbaar bij beoordeling van trillingen in gebouwen en leveren deze voldoende informatie om voorkeurs- en maximale grenswaarde te benoemen?
- c. Is een geografisch aandachtsgebied te definiëren waarbinnen de toekomstige voorschriften moeten gelden en in hoeverre is de omvang van het aandachtsgebied locatie afhankelijk?
- d. Welke maatregelen uit de Maatregelcatalogus zijn toepasbaar op nieuwbouw en is hun reducerend effect voldoende rekening houdend met de achtergronden en onderbouwing van deze catalogus?
- e. Welke ervaringen zijn er in het buitenland met bouwkundige maatregelen aan gebouwen langs het spoor?
- f. Welke elementen zou een voorschrift moeten bevatten, welke vorm zou dit voorschrift kunnen hebben en hoe wordt hieraan in de praktijk eventueel al vorm gegeven?

De resultaten van het literatuuronderzoek zijn opgenomen in hoofdstuk 4.

2.4 Consultatie van experts

Een mogelijk voorschrift heeft invloed op de praktijk waar bijvoorbeeld architecten, projectontwikkelaars, adviesbureaus en bouwplantoetsers mee te maken hebben. Daarom is een aantal mensen uit deze branches geïnterviewd om te onderzoeken welke risico's en (on)mogelijkheden aan een trillingsvoorschrift kunnen zijn verbonden. Daarnaast is gevraagd naar mogelijke ideeën voor maatregelen die bij het ontwerp van de woning kunnen worden getroffen. De volgende vragen zijn onder andere besproken:

- a. Zijn er naast de maatregelen uit de Maatregelcatalogus nog meer (innovatieve) en doelmatige oplossingen om trillingshinder in gebouwen te voorkomen?
- b. Is er voldoende draagvlak voor aanpassing van de wetgeving?
- c. Over welke tools zou de toetsers van een nieuwbouwplan willen beschikken bij beoordeling van dit plan?
- d. Is er voldoende kennis en kunde bij de ontwerper en toetsers om het aspect trillingen te kunnen beoordelen?
- e. Zijn (ongewenste) neveneffecten te verwachten indien een bouwvoorschrift trillingen van kracht wordt?

De resultaten van de interviews zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

2.5 Samenvatting en aanbeveling

Op basis van de informatie uit de literatuurstudie en de interviews is een advies opgesteld over de haalbaarheid van de verschillende soorten voorschriften en de definitie van het aandachtsgebied. Hierbij is gekeken naar een prestatiegerichte aanpak en (kosten)efficiënte oplossingen (type maatregel en effecten) inclusief een analyse van effecten.

- a. Welke (ongewenste) neveneffecten zijn er te verwachten indien bouwvoorschriften van kracht worden?
- b. Zijn er ontwikkelingen die van invloed zijn op mogelijk nieuwe regelgeving zowel in stimulerende als conflicterende zin?
- c. Welke globale kostenconsequenties zal de invoering hebben?

In hoofdstuk 6 zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

2.6 Begrippen

Voor de lezer die niet bekend is met de wijze waarop trillingen als gevolg van treinverkeer ontstaan en beoordeeld worden, is hoofdstuk 3 opgenomen. Hierin is een aantal veel gebruikte begrippen uitgelegd en enige theoretische achtergrond over trillingen gegeven.

3 Trillingen door treinen

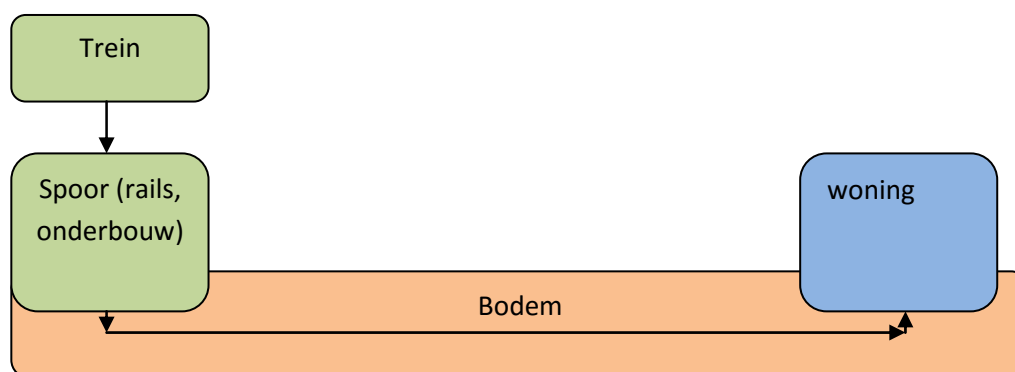
3.1 Van trein tot woning

3.1.1 Algemeen

Het overdrachtspad van trillingen vanuit de bron (de trein) naar de ontvanger (de mens in de woning) bevat een aantal onderdelen:

- de trein;
- het spoor;
- de bodem;
- de woning.

De samenhang van deze onderdelen is schematisch weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1: Schematische weergave overdrachtspad trillingen

De navolgende paragrafen gaan in op de verschillende onderdelen van het overdrachtspad.

3.1.2 Invloed trein

Treinverkeer veroorzaakt trillingen in de bodem door een combinatie van een aantal aspecten:

- De kracht waarmee de wielen op het spoor drukken.
- De snelheid waarmee de wielen over het spoor rijden.
- De vlakheid van het spoor.
- De onrondheid van de wielen.

De invloed van bovenstaande aspecten varieert in tijd en plaats. De trein rijdt met wisselende snelheden en de vlakheid van de baan is verschillend op wisselende delen van het traject. Daardoor variëren de trillingen die de trein veroorzaakt continu.

De onrondheid van de wielen is minder variabel doordat het wiel maar langzaam slijt door het rijden. Door de combinatie van de onrondheid met de steeds wisselende vlakheid van het spoor en de snelheid van de trein, ontstaat echter toch een factor waarvan de invloed varieert in de tijd. Het wiel draait tijdens het rijden en zal steeds op een andere plek contact maken met het spoor en daarmee op een andere manier trillingen veroorzaken.

De kracht waarmee de wielen op het spoor drukken, is vooral afhankelijk van de asdruk en daarmee van de onafgeveerde massa van trein. De onafgeveerde massa wordt gevormd door de wielstellen (de assen met wielen). Deze dragen via veren de draaistellen en daarop de wagen (met of zonder lading). De asdruk is op zich constant maar de invloed op de trillingen varieert als gevolg van de variatie van de andere aspecten.

Uit het bovenstaande blijkt dat bij treinen geen sprake is van een constante trillingsbron die zich verplaatst over het spoor maar van een sterk variërende trillingsbron. Dit betekent dat als de trillingssterkte zou worden gemeten op een aantal plaatsen in Nederland op dezelfde afstand tot het spoor, langs tracés waar dezelfde type treinen rijden met dezelfde snelheid, toch verschillende trillingssterkten zullen worden gemeten.

De grote variatie in trillingsbron heeft ook invloed op de meetduur. De beoordeling vindt plaats op basis van de maximale trillingssterkte. Hoe langer de meetduur, hoe groter de kans op een hogere trillingssterkte omdat in de langere meetduur meer treinen worden gemeten. In de SBR richtlijn B¹ [2] (zie paragraaf 3.3.1) en de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts [3], zie paragraaf 3.3.2) is een meetduur van 1 week opgenomen. In de praktijk² blijkt 1 week meten echter nog vaak te kort. Met 2 tot 4 weken meten wordt een betrouwbaarder beeld van de maximale trillingssterkte bereikt.

3.1.3 Overdracht door de bodem

De trillingen vanuit de combinatie trein-spoor verplaatsen zich via de constructie onder het spoor (de onderbouw) naar de bodem. De bodem in Nederland is sterk gelaagd en wisselend qua opbouw en samenstelling. Bodemvariatie van slappe veengronden, klei tot stijve zandgronden komen in allerlei variaties voor waarbij de dikte van de verschillende lagen per locatie ook nog sterk kan verschillen.

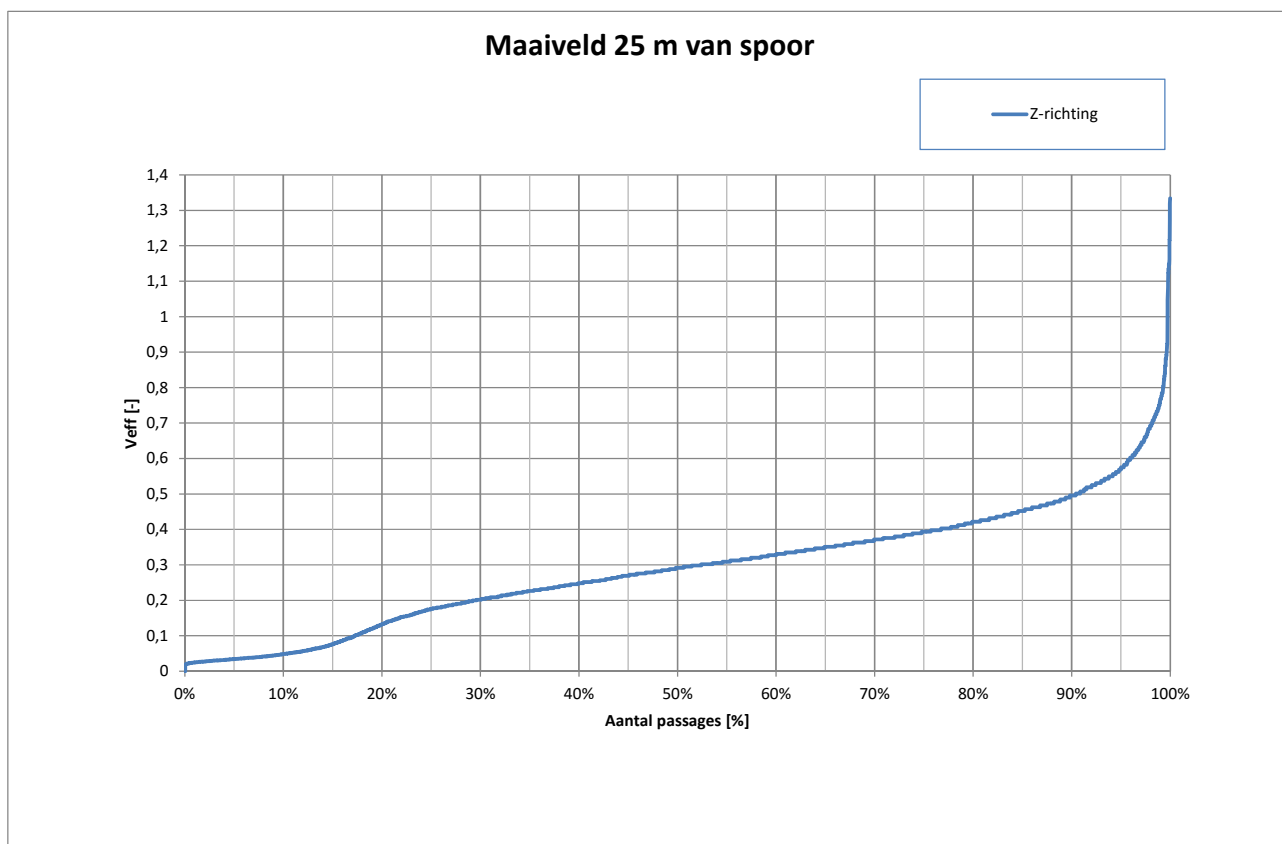
De verschillende bodemlagen reageren verschillend op de trillingen van de trein. Er kan reflectie van trillingsenergie optreden maar ook absorptie. Deze verschillen zorgen ervoor dat dezelfde trein rijdend met dezelfde snelheid op rails met dezelfde vlakheid toch een andere trillingssterkte in de bodem veroorzaakt. Dit betekent dat de bodem voor een extra variatie zorgt (naast de variatie in de bron) in de verspreiding van de trillingsenergie.

Ter illustratie van de grote spreiding in trillingssterkte is een voorbeeld opgenomen in figuur 3.2 gebaseerd op de meetresultaten uit een onderzoeksproject in 2015 in Noord-Brabant waarbij gedurende 5 weken op 25 meter afstand van het spoor de trillingssterkte is gemeten. Er is juist gekozen voor deze langere meetperiode (langer dan de standaard week uit de SBR richtlijn B) om inzicht te krijgen in de optredende spreiding in de trillingssterkte. De meting is uitgevoerd op maaiveld (in de bodem) zodat zowel variaties in de bodemoverdracht als de trein-spoor combinatie invloed hebben gehad op de trillingssterkte. De figuur toont op de x-as het percentage van het aantal gepasseerde treinen en op de y-as de maximale trillingssterkte per treinpassage.

Figuur 3.2 moet als volgt worden gelezen: 50% van de treinen veroorzaakt een trillingssterkte tot maximaal 0,3 terwijl 90% van de treinpassages leidt tot een trillingssterkte van 0,5. Uit de figuur blijkt ook dat binnen de 5% treinpassages met de hoogste trillingssterkte de variatie in trillingssterkte relatief groot is: van 0,57 tot 1,33. In het totaal treedt een spreiding in trillingssterkte op van circa 0,1 tot 1,33. Dat komt overeen met een factor 13. Deze spreiding maakt duidelijk dat een klein aantal treinen zorgt voor de hoogste trillingssterktes. Omdat de beoordeling van de trillingssterktes juist plaatsvindt op basis van de maximale trillingssterkte en ook de eventuele maatregelen afgestemd moeten worden op deze maximale trillingssterkte, is het dus van belang dat de maximale trillingssterkte zo betrouwbaar mogelijk wordt vastgesteld. Dat kan door veel treinpassages te meten van de maatgevende treinen en door goed inzicht te hebben in het type trein dat de trillingen heeft veroorzaakt.

¹ Meet en beoordelingsrichtlijn trillingen, deel B, van Stichting Bouwresearch, tegenwoordig bekend onder de naam SBRCURnet, uit 2006 met titel "Hinder voor personen in gebouwen".

² Zie onder andere presentatie "BTS, Hoe lang moeten we meten?" van Herke Stuit van Movares op 3 november 2015 tijdens de beurs Geluid, Trillingen en Luchtkwaliteit



Figuur 3.2: Verloop trillingssterkte op maaiveld op 25 meter afstand van het spoor gemeten over een periode van 5 weken

Andere meetlocaties laten vergelijkbare figuren zien.

3.1.4 Overdracht in een gebouw

De trillingsenergie verspreidt zich door de bodem en neemt af met het groter worden van de afstand tot het spoor doordat de energie over een steeds groter oppervlak wordt verspreid. De trillingen bereiken via de bodem de fundering van de woning. Die fundering zorgt meestal voor een kleine reductie van de trillingen doordat de fundering stijver en vaak zwaarder is dan de directe bodem onder de fundering. Met het bereiken van de fundering komt ook de woning in trilling. De verschillende delen in de woning reageren verschillend op de trilling. Dit komt door een andere constructie, de verschillen in afmetingen van een constructiedeel (bijvoorbeeld een vloer) en locatie van dat constructiedeel binnen de woning.

Vaak is de begane grond vloer zwaarder, dikker en stijver uitgevoerd dan de verdiepingsvloeren. Hierdoor ontstaat verschil tussen de trillingssterkte op de begane grond en op de verdieping. Over het algemeen is de trillingssterkte op de verdiepingsvloer hoger dan op de begane grondvloer. Dit wordt veroorzaakt door de resonantiefrequenties van de vloer. Dit zijn de frequenties waarbij de vloer met relatief weinig energie makkelijk in trilling kan worden gebracht. Als de trillingssterkte op de fundering juist bij één van deze frequenties hoog is, dan gaat de vloer veel sterker trillen dan op de fundering. Dit heet opslingering.

Bij de overdracht van de trillingen vanuit de bodem tot in de woning, treden dus twee extra variabelen op:

- De invloed van de fundering en
- de invloed van de vloer.

Omdat veel woningen steeds anders zijn van opbouw en constructie veroorzaakt eenzelfde trilling op een woning op dezelfde afstand van het spoor toch een andere trillingssterkte in de woning.

3.1.5 Samenvattend

Uit voorgaande paragrafen blijkt dat de trillingsmissie ten gevolge van treinverkeer een grote spreiding kent. Iedere trein levert een andere trillingssterkte. De overdracht van trillingen vanuit de bron door de bodem tot in de woning is complex. De maximale trillingssterkte of de gemiddelde trillingssterkte in de woning kan alleen bepaald worden op basis van langdurende metingen (enkele weken).

Voor een nieuw te bouwen woning kunnen geen metingen in de woning worden uitgevoerd maar alleen metingen ter plaatse van de locatie van de woning. De trillingssterkte in de nieuw te bouwen woning kan vervolgens wel worden berekend. Die berekening leidt echter ook weer tot onzekerheid omdat de werkelijke overdracht van trillingen van maaiveld tot op de vloer niet bekend is maar alleen zo goed mogelijk kan worden ingeschat op basis van een rekenmodel.

3.2 Trillingssterkte

3.2.1 Algemeen

In Nederland vindt de beoordeling van de trillingssterkte plaats door middel van twee parameters:

1. de maximale trillingssterkte $V_{\max}$;
2. de gemiddelde trillingssterkte V_{per} .

Navolgende paragrafen geven een korte toelichting op beide begrippen.

3.2.2 $V_{\max}$

De trillingssterkte $V_{\max}$ is de hoogste waarde van de gewogen voortschrijdende trillingssterkte. In de weging is de gemiddelde gevoeligheid van de mens voor trillingen verwerkt. Dit valt te vergelijken met de A-weging voor geluid waarin de gemiddelde gevoeligheid van het menselijk gehoor is meegenomen. $V_{\max}$ is dimensieloos³ gemaakt om aan te geven dat de weging voor de gevoeligheid van de mens is toegepast.

$V_{\max}$ wordt bepaald per periode:

- dagperiode tussen 07.00 en 19.00 uur;
- avondperiode tussen 19.00 en 23.00 uur en
- nachtperiode tussen 23.00 en 07.00 uur.

Per woning wordt per periode de hoogste trillingssterkte ten gevolge van een treinpassage bepaald en per periode beoordeeld, bijvoorbeeld volgens SBR richtlijn B. (zie paragraaf 3.3).

In geval van een prognoseberekening voor een nieuwbouwwoning wordt bijvoorbeeld 1 week gemeten en over die week de maximale waarde van de trillingssterkte bepaald ($V_{\max}$) en beoordeeld. $V_{\max}$ wordt vaak veroorzaakt door een goederentrein maar ook reizigerstreinen kunnen relevant zijn.

³ De volgens SBR B gewogen trillingssterkte heeft door de voorgeschreven wegingsformule geen eenheid meer

3.2.3 V_{per}

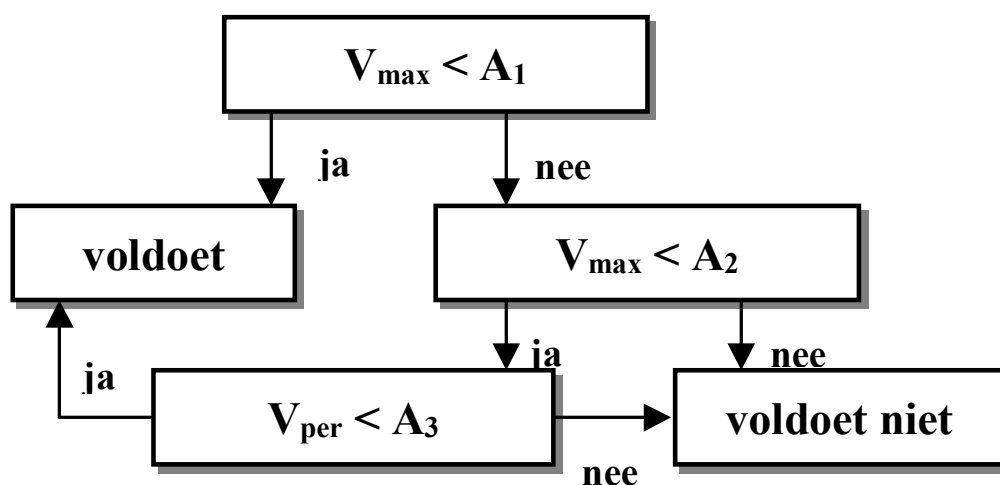
V_{per} heeft betrekking op de gemiddelde trillingssterkte over een periode. In de waarde van V_{per} is het aantal treinpassages verwerkt. De middeling vindt per periode (dag, avond, nacht) plaats voor alle treinpassages met een trillingssterkte groter dan 0,1. Een trillingssterkte van 0,1 vormt de gemiddelde voelbaarheidsgrens voor trillingen. Niet voelbare trillingen worden niet meegenomen in de bepaling van V_{per} .

3.3 Beoordelen trillingssterkte

Voor de beoordeling van de trillingssterkte ten gevolge van treinverkeer wordt gebruik gemaakt van de Beleidsregel trillinghinder spoor en de SBR richtlijn B. De methode van beoordelen (maximale waarde, gemiddelde waarde) is onderstaand uitgelegd.

3.3.1 SBR richtlijn B

Voor SBR richtlijn B vindt de beoordeling plaats op basis van twee parameters namelijk V_{max} en V_{per} . De parameter V_{max} staat voor de maximale gewogen trillingssnelheid binnen een beoordelingsperiode (dag, avond en nacht). Parameter V_{per} staat voor de gemiddelde trillingssnelheid over een beoordelingsperiode. V_{max} (en eventueel V_{per}) worden op basis van metingen (eventueel in combinatie met berekeningen) vastgesteld en vervolgens getoetst. De toetsing vindt plaats op basis van navolgend schema.



Uit het schema volgt dat V_{max} eerst getoetst wordt aan A_1 en A_2 alvorens V_{per} wordt bepaald en getoetst aan A_3 . De waarde A_1 is een onderwaarde en ligt in de buurt van de voelbaarheidsgrens van trillingen. Als V_{max} kleiner is dan A_1 , dan mag de trilling onbeperkt in tijdsduur voorkomen. De waarde A_2 is een bovenwaarde. Als V_{max} deze waarde overschrijdt, ook als is het maar één keer, dan is de trillingssterkte dusdanig dat al direct kans op hinder bestaat. Voor V_{max} -en tussen A_1 en A_2 in is sprake van voelbare trillingen. Als de duur van deze trillingen niet te lang is, dan is de kans op hinder nog steeds klein. Om de tijdsduur in rekening te brengen, dient de gemiddelde trillingssterkte V_{per} te worden berekend en te worden getoetst aan A_3 . Een serie kortdurende trillingen met een relatief hoge waarde kunnen zo toch leiden tot hinder omdat de gemiddelde waarde te hoog is.

De toetsingswaarden voor A_1 , A_2 en A_3 zijn afhankelijk van de functie van een bouwwerk (bijvoorbeeld woning of kantoor), het type trilling (bijvoorbeeld continu of herhaald voorkomend), de situatie (bijvoorbeeld nieuw of bestaand) en het tijdstip (dag, avond of nacht) waarop de trillingen voorkomen.

De functie van het bouwwerk is woning (in de context van dit rapport). De trillingen zijn afkomstig van railverkeer en worden daarom geclassificeerd als herhaald voorkomend. De trillingen komen zowel in de dag- (07.00-19.00 uur), avond- (19.00-23.00 uur) als in de nachtperiode (23.00-07.00 uur) voor.

In geval van een nieuw te bouwen woning is sprake van een nieuwe situatie. In tabel 3.1 zijn de streefwaarden voor $V_{\max}$ en V_{per} voor een nieuwe situatie conform SBR richtlijn B opgenomen. Deze streefwaarden gelden in de woning.

Tabel 3.1: Streefwaarden nieuwe situatie hinder $V_{\max}$ en V_{per}

Gebouwfunctie	Dag-/avondperiode			Nachtperiode		
	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

Uit tabel 3.1 volgt dat de nachtperiode maatgevend is voor de beoordeling van de trillingen. De streefwaarde A₂ (de bovenste streefwaarde) is in de nacht het laagst en bedraagt 0,2. Een trillingssterkte van 0,1 wordt algemeen beschouwd als de voelbaarheidsgrens. Sommige mensen voelen deze trillingssterkte wel, andere mensen voelen het niet. Een trillingssterkte van 0,4 is voor iedereen voelbaar (zie ook paragraaf 3.4).

3.3.2 Beleidsregel trillinghinder spoor

De Bts is alleen van toepassing als een Tracébesluit wordt genomen voor de aanleg, wijziging of het op-nieuw in gebruik nemen van een landelijke spoorweg. De Bts is niet van toepassing als een nieuwe woning naast het spoor wordt gebouwd.

In geval van een nieuwe situatie (conform de definities van de Bts) stelt de Bts alleen een eis aan de maximale trillingssterkte $V_{\max}$. Er zijn geen richtafstanden opgenomen waarbuiten trillingen altijd voldoen aan de toetsingswaarden. In artikel 5 staat:

Artikel 5. $V_{\max}$ (artikel 4, eerste lid: tracébesluit nieuwe situatie)

1. In een tracébesluit als bedoeld in [artikel 4, eerste lid](#), kunnen maatregelen ter voorkoming of beperking van de trillingshinder achterwege blijven indien de $V_{\max}$ in de plansituatie voldoet aan de in de tabel 1 opgenomen streefwaarde.
2. Indien de $V_{\max}$ in de plansituatie niet voldoet aan de streefwaarde, bedoeld in het eerste lid, bevat het tracébesluit maatregelen waarmee beoogd wordt te voldoen aan de streefwaarde maar waarmee voldaan wordt aan de in de tabel 1 opgenomen grenswaarde.
3. Tabel 1 luidt als volgt:

Tabel 1				
Gebouwfunctie	dag en avond		nacht	
	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂
gezondheidszorg en wonen	0,1	0,4	0,1	0,2
onderwijs, kantoor en bijeenkomst	0,15	0,6	0,15	0,6
kritische werkruimte	0,1	0,1	0,1	0,1

De toetsingswaarden uit tabel 1 komen overeen met SBR richtlijn B, nieuwe situatie.

Uit artikel 5 blijkt dat trillingsreducerende maatregelen moeten worden getroffen als niet wordt voldaan aan de streefwaarde van tabel 1. Maatregelen kunnen in principe achterwege blijven indien zij niet doelmatig zijn. In de Bts is daartoe artikel 9 opgenomen. Dit artikel luidt:

Artikel 9. Doelmatigheid

1. Het treffen van maatregelen, voorgeschreven ingevolge de [artikelen 5, tweede lid, 6, tweede en derde lid, 7, tweede en derde lid, en 8, derde lid](#), kan achterwege blijven indien de maatregelen niet doelmatig zijn. In de toelichting bij het tracébesluit of, indien van toepassing, de opleveringstoets wordt het achterwege laten van een maatregel gemotiveerd.
2. Het treffen van maatregelen blijft niet achterwege als de $V_{\max}$ zonder maatregelen meer dan 3.2 draagt.
3. In de toelichting bij het tracébesluit of, indien van toepassing, de opleveringstoets wordt gemotiveerd ingegaan op:
 - a. de geraamde kosten van een maatregel;
 - b. de geraamde opbrengsten van de maatregel in termen van trillingshinderreductie en het aantal woningen;
 - c. het gehanteerde normbedrag per woning; en
 - d. de gemaakte doelmatigheidsafweging.

Lid 1 van artikel 9 zegt dat een maatregel niet hoeft te worden getroffen als die maatregel niet doelmatig is. De doelmatigheid heeft betrekking op het reducerende effect van de maatregel en de kosten van de maatregel. Op dit moment wordt doelmatigheid vooral bepaald door de financiële afweging. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een normbedrag. Per woning is een bedrag voorzien van € 47.000,--⁴ voor de uitvoering van de maatregel. Als de kosten van de maatregel groter zijn dan het totale budget op basis van het aantal woningen maal het normbedrag, dan wordt een maatregel meestal als niet doelmatig gezien. De mate van trillingsreductie kan nog een rol spelen in de afweging van de doelmatigheid. Als de kosten van de maatregel niet veel hoger zijn dan het normbedrag maar de maatregel wel tot voldoende reductie leidt, dan kan de maatregel alsnog als doelmatig worden beschouwd.

Bij de afweging van de maatregelen worden alle typen maatregelen beschouwd: bron, overdracht en ontvanger. Voor elke type maatregel dat technisch uitvoerbaar is, wordt het effect bepaald en de kosten. Zo ontstaat een overzicht van maatregelen waarvan per maatregel de doelmatigheid wordt afgewogen.

De doelmatigheidsafweging wordt per Tracébesluit gemaakt.

3.4 Effect trillingen op de mens

Trillingen kunnen voelbaar zijn. De voelbaarheidsgrens is voor mensen verschillend. Toch bestaat in de literatuur een algemene acceptatie van een gemiddelde voelbaarheidsgrens bij 0,1 (mm/s). Trillingssterktes onder de waarde van 0,1 zijn voor veel mensen niet voelbaar. Een trillingssterkte net boven de 0,1 kan door veel mensen bij een geconcentreerde waarneming worden gevoeld. Pas bij een trillingssterkte in de orde-grootte van 0,3 à 0,4 zal iedereen, ook zonder dat specifiek op trillingen wordt gelet, de trilling waarnemen.

Als trillingen voelbaar zijn, kunnen ze tot hinder leiden. De mate van hinder loopt echter niet gelijk met de hoogte van de trillingssterkte. Allerlei andere niet trillingsgebonden factoren spelen ook een rol in de hinderbeleving. Een bekend voorbeeld is het onderscheid in hinder tussen reizigerstreinen en goederentreinen.

⁴ Richtbedrag (per woning EUR 47.000,-- inclusief BTW en projectmanagementkosten) wordt door ProRail en het ministerie van Infrastructuur en Milieu in heel Nederland gehanteerd.

Een reizigerstrein die een bepaalde trillingssterkte veroorzaakt levert minder hinder op dan een goederentrein met dezelfde trillingssterkte [4]. Dat kan aan het tijdstip van de trillingen liggen (goederentreinen rijden juist in de nacht als er minder reizigersmaterieel rijdt) maar ook aan het imago van de goederentrein als trillingsbron. Als iemand weet dat de trilling afkomstig is van een goederentrein dan wordt die trilling sneller als hinderlijk ervaren.

In SBR richtlijn B is een bijlage opgenomen (bijlage V) die een algemene verbinding legt tussen de orde-grootte van de trillingssterkte door verkeer en de mate van hinder. De bijlage is gebaseerd op onderzoek dat ten tijde van het opstellen van de richtlijn (periode 2001-2002) beschikbaar was. Inmiddels kan nieuw onderzoek een genuanceerder beeld geven.

Hinderkwalificatie voor weg- en railverkeer

V_{max}	hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1 - 0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2 - 0,8	matige hinder
0,8 - 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

De toetsingswaarden uit richtlijn B in het kader van hinder voor personen zijn niet direct van invloed op de gezondheid van de mens. Daarvoor zijn de trillingssterktes te laag, zelfs bij een flinke overschrijding van de toetsingswaarden.

Wel kan hinder en slaapverstoring optreden als gevolg van te hoge trillingsterktes. Die verschijnselen kunnen leiden tot langdurige stress en vermoeidheid waardoor andere gezondheidsklachten optreden.

3.5 Maatregelen

Uit voorgaande paragrafen blijkt dat het ontstaan van trillingen en de overdracht van trillingen door de bodem en gebouwconstructies leiden tot een wisselende trillingssterkte per locatie en situatie. Complicerende factor is dat de beoordeling van het trillingen in de woning plaatsvindt waardoor de woning en zijn constructie van invloed zijn op de trillingsoverdracht. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld geluid, waar de toetsing buiten, op de gevel plaatsvindt zodat de woning zelf niet van invloed is. Bovendien is bij geluid de overdracht door de lucht veel constanter en niet afhankelijk van de plaats maar van de atmosferische omstandigheden.

Het effect van trillingsreducerende maatregelen is te bepalen voor een specifieke situatie (bron, bodem, gebouw) maar zal anders zijn voor een andere locatie omdat de bron, bodem en het gebouw anders zijn. Het effect van een maatregel is dus niet eenvoudig te veralgemeniseren voor alle situaties. Het is belangrijk om deze constatering mee te nemen bij het lezen van dit onderzoek. In de paragrafen 4.5 en 4.6 wordt ingegaan op het effect van maatregelen en de opgedane praktijkervaring.

4 Literatuuronderzoek

4.1 Inleiding

Hoofdstuk 4 geeft antwoorden op de vragen uit paragraaf 2.3. De literatuurlijst is opgenomen in bijlage I.

4.2 Vraag a: welke regels bestaan voor andere milieucompartimenten?

4.2.1 Geluid

In de huidige regelgeving zijn in veel verschillende documenten regels, aanwijzingen, voorschriften opgenomen ter bescherming van het milieu. Dit geldt voor verschillende milieucompartimenten. Van oudsher neemt geluid hierbij een belangrijke plaats in. Daarom is een vergelijking gemaakt met geluid. In tabel 4.1 is een overzicht opgenomen van veel gebruikte documenten waarin regels voor geluid zijn opgenomen. Tevens is aangegeven waar het betreffende document op van toepassing is. Als laatste is aangegeven welk type voorschrift in het betreffende document voorkomt.

Tabel 4.1: Overzicht veel gebruikte beoordelingskaders geluid

Omschrijving	Status	Doelgroep	Toepassing	Type voorschrift
Wet geluidhinder	Algemeen verbindend voorschrift (Wet)	Wegverkeer, railverkeer, industrie	Voor gezoneerde wegen, spoorlijnen en industriegebieden	Doelvoorschriften: geluidniveau op de gevel, soms in een gebouw
Wet milieubeheer	Algemeen verbindend voorschrift (Wet)	Wegverkeer, Railverkeer (hoofdstuk 11)	Rijkswegen, Hoofdspoorlijnen, Geluidregister	Geluidproductieplafond op referentiepunten langs het spoor. Begrenzing van de geluidemissie van de bron
Bouwbesluit	Algemeen verbindend voorschrift (AMvB)	Bouw- en sloopactiviteiten	Aanvraag Omgevingsvergunning aspect bouwen	Doelvoorschriften: geluidniveau op de gevel
		Wegverkeer, railverkeer, industrie, luchtvaart	Bescherming tegen geluid van buiten	Doelvoorschriften te behalen isolatiewaarden
		Gebouwinstallaties	Bescherming tegen geluid van gebouwinstallaties	Doelvoorschrift: geluidniveau in de ruimte
Activiteitenbesluit	Algemeen verbindend voorschrift (AMvB)	Inrichtingen, bedrijfsmatige activiteiten	Omgevingsvergunning aspect milieu	Doelvoorschriften: geluidniveau op de gevel en voor aanpandige woningen geluidniveau in een woning
Handreiking industrielawaai en vergunningverlening	Geen, alleen op basis van jurisprudentie	Inrichtingen, bedrijfsmatige activiteiten	Omgevingsvergunning aspect milieu	Doelvoorschriften: geluidniveau op de gevel

Doelvoorschrift

Uit tabel 4.1 volgt dat voor al deze toetsingskaders doelvoorschriften zijn opgesteld waarin is aangegeven welk geluidniveau maximaal mag worden bereikt buiten op de gevel van de woning. De wijze waarop dat moet gebeuren, met welke middelen, is niet omschreven.

Inzake nieuwbouw van woningen is vooral het Bouwbesluit van toepassing. Hierin is in een doelvoorschrift aangegeven aan welke geluidisolatiewaarde de buitengevel moet voldoen om een gezond woon- en leefklimaat in de woning te krijgen.

Middelvoorschrift

In milieuvergunningen voor bedrijven komen soms middelvoorschriften voor. Hierin staat dan specifiek omschreven welk middel (een geluidreducerende maatregel bijvoorbeeld) moet worden uitgevoerd. Voorbeelden:

- Tijdens het zagen moeten de deuren en ramen van het zaaghok gesloten zijn.
- De bronsterkte van de schudzeef mag niet meer dan 110 dB(A) bedragen.
- De compressor dient op trillingsisolatoren te worden opgesteld (om de overdracht van constructiegeluid te voorkomen).
- Het achteruitrijdalarmsignaal dient in de nachtperiode te zijn uitgeschakeld.

Het voordeel van dit soort middelvoorschriften is dat er makkelijk op kan worden gehandhaafd. Bij controle is eenvoudig zichtbaar of trillingsisolatoren zijn gebruikt of dat de deur van het zaaghok dicht is. Het geluidproductieplafond bij wegverkeer of spoorwegen kan ook gezien worden als een soort middelvoorschrift. Het begrenst de emissie van de bron.

Een nadeel van een middelvoorschrift is dat naleving niet hoeft te garanderen dat aan de getalsmatige geluidvoorschriften wordt voldaan. De deuren en ramen van het zaaghok kunnen gesloten zijn maar als op dat moment ook een andere lawaaiige activiteit plaatsvindt, kan alsnog het geluidvoorschrift worden overschreden.

Een middelvoorschrift kan een bedrijf ook beperken. Als is vastgelegd dat de bronsterkte van een machine een bepaalde waarde mag hebben, dan zou een andere machine met een hogere waarde niet gebruikt mogen worden, ook niet als die verder van de woning wordt opgesteld en korter in werking is waardoor de uiteindelijke geluidbelasting op de woning lager is dan met de eerste machine.

Het geluidregister is een instrument dat wordt gebruikt om de maximaal toegestane geluidproductie van rijkswegen en hoofdspoorwegen te beheren. Het geluidregister presenteert niet de geluidbelasting op woningen en andere geluidgevoelige objecten in een bepaald jaar, maar laat de maximale geluidproductie zien op vaste referentiepunten langs rijkswegen en hoofdspoorwegen. De maximale geluidproductie op een referentiepunt is het geluidproductieplafond (gpp). Doel is om de geluidbelasting te beheersen. Het geluidregister wordt daarbij als middel ingezet.

4.2.2 Trillingen

Ook voor trillingen is een overzicht van beoordelingskaders opgesteld. Tabel 4.2 toont het overzicht.

Tabel 4.2: Overzicht beoordelingskaders trillingen

Omschrijving	Status	Doelgroep	Toepassing	Type voorschrift
Beleidsregel trillingshinder spoor (Bts)	Beleidsregels	Railverkeer landelijk spoor	Alleen bij Tracébesluiten	Doelvoorschrift trillingssterkte <u>in</u> de woning (zie ook paragraaf 3.3.2)
Bouwbesluit	Algemeen verbindend voorschrift	Bouw- en sloopactiviteiten	Aanvraag Omgevingsvergunning aspect bouwen	Geen, verwijzing naar SBR richtlijn B
Activiteitenbesluit	Algemeen verbindend voorschrift	Inrichtingen, bedrijfsmatige activiteiten	Omgevingsvergunning aspect milieu	Geen, verwijzing naar SBR richtlijn B
Handreiking industrielawaai en vergunningverlening*	Geen, alleen op basis van jurisprudentie	Inrichtingen, bedrijfsmatige activiteiten	Omgevingsvergunning aspect milieu	Doelvoorschriften, afwijkend van SBR richtlijn B
SBR richtlijn B	Geen, alleen op basis van jurisprudentie	Alle trillingsbronnen	Ruimtelijke onderbouwing Beoordeling klachten Beoordeling trillingssterktes van bronnen die niet onder een andere regeling vallen	Streefwaarden voor trillingssterkte in de woning (vorm van doelvoorschrift)

* De Handreiking bevat vooral aanwijzingen voor geluid maar daarnaast een paragraaf over trillingen. Hoewel de jurisprudentie het gebruik van de Handreiking in sommige gevallen toestaat, wordt de Handreiking niet veel meer gebruikt bij vergunningverlening.

Uit tabel 4.2 volgt dat alleen voor railverkeer in het kader van een Tracébesluit specifieke voorschriften voor trillingen bestaan. In alle andere gevallen wordt verwezen naar SBR richtlijn B. Deze richtlijn heeft geen formele wettelijke status maar heeft vanuit jurisprudentie wel juridische status gekregen. Bij kleine wijzigingen aan het spoor (zonder Tracébesluit) wordt SBR B vaak gebruikt als toetsingskader.

De bestaande situatie, zonder wijzigingen aan het spoor, kan ook worden beoordeeld aan de hand van de richtlijn maar eventuele overschrijdingen leiden niet tot verplichte acties, noch van de kant van de spoorbeheerder, noch van de kant van de eigenaar van het gebouw.

De voorschriften uit tabel 4.2 gelden alleen voor de broneigenaar: in de Bts is dat het spoor, in het Bouwbesluit de uitvoerder van de bouw- of sloopwerkzaamheden. Er zijn geen voorschriften opgenomen die moeten worden nageleefd door de eigenaar van een gebouw. Dit betekent dat de broneigenaar de constructie van de woning moet accepteren zoals die is. Bij een overschrijding van een trillingssterkte kan de broneigenaar zich niet beroepen op de voor trillingen ongunstige eigenschappen van de constructie van de woning.

In de documenten met getalsmatige voorschriften zijn doelvoorschriften omschreven. Er wordt een grens genoemd voor de trillingssterkte in een (bestaand) gebouw.

4.2.3 Beschouwing

Voor nieuw te bouwen woningen langs bestaand spoor (dus zonder dat sprake is van een Tracébesluit) kan SBR richtlijn B worden gebruikt om de trillingssterkte in de woning te toetsen. In de richtlijn is een streefwaarde opgenomen die als doelwaarde kan worden gezien. De verantwoordelijkheid voor het behalen van het doel is niet geregeld in de richtlijn. Als iemand een woning op korte afstand van het spoor bouwt en in het ontwerp en uitvoering geen rekening houdt met trillingen ten gevolge van het treinverkeer, dan kan de trillingssterkte in de woning te hoog uitpakken. De richtlijn geeft dan niet aan wie vervolgens maatregelen moet treffen.

In onze adviespraktijk zien we dat bij de bouw van een nieuw gebouw soms rekening wordt gehouden met de trillingsbronnen in de omgeving. Dat gebeurt echter niet altijd omdat hier geen wettelijke verplichting achter zit zoals wel bij geluid.

Bij nieuwbouw langs een *nieuw* spoor hangt het rekening (moeten) houden met de trillingen af van het moment van planning van woning en spoor. Als de bestemming van de gronden langs het toekomstig spoor al rekening houdt met woningbouw voordat de procedure rond de aanleg van het nieuwe spoor is begonnen, dan dient bij het Tracébesluit al rekening te worden gehouden met het feit dat er woningen mogen worden gebouwd, ook al bestaan er geen concrete bouwplannen. Er is in die situatie sprake van een planologisch bestaande (geprojecteerde) woning. Het bestemmingsplan geeft aan tot op welke afstand van het spoor gebouwd mag worden.

Als voor de nieuwbouw van de woning al bekend is dat er een nieuw spoor gaat komen, dan kan bij het ontwerp van die woning al rekening worden gehouden met de toekomstige aanwezigheid van het spoor. Vanuit het milieuaspect trillingen geldt hiervoor echter geen verplichting, net zo min als bij de bouw van een nieuwe woning langs bestaand spoor. Wel kan het zijn dat in het bestemmingsplan, dat de nieuwbouw van de woningen mogelijk maakt, een ruimtelijke onderbouwing is opgenomen waarin een afweging is gemaakt inzake trillingen.

Bij verandering aan een bestaande weg, bedrijf of spoor, geldt dat rekening moet worden gehouden met het effect van die verandering op de omgeving. Op dat laatste aspect is in veel gevallen voorzien door middel van onderzoeken in het kader van een Tracébesluit of (de wijziging van) een bestemmingsplan. Het aspect trillingen krijgt hierbij steeds meer aandacht in het kader van de goede ruimtelijke ordening. Zelfs als er geen specifieke wettelijke regels zijn, dient een aspect als trillingshinder te worden beschouwd.

Een ander potentieel probleem met betrekking tot de verantwoordelijkheid voor de trillingssterkte doet zich voor bij veranderingen aan een bestaand gebouw door bijvoorbeeld een verbouwing waarbij een ruimte wordt vergroot door een muur weg te halen. Deze verandering kan invloed hebben op de wijze waarop de vloer reageert op trillingen van buiten. De vloer kan door de grotere overspanning slapper zijn geworden en makkelijker in trilling komen. Voor een bedrijf kan het betekenen dat een verbouwing van het huis van de burens ervoor kan zorgen dat het bedrijf ineens niet meer aan haar vergunning kan voldoen omdat door de verbouwing de trillingssterkte in de woning is toegenomen. Hoewel in de bedrijfsprocessen niets is veranderd, veroorzaakt het bedrijf dan toch meer trillingen.

Voor spoorlijnen geldt dit probleem minder omdat geen wettelijke grenswaarden voor trillingen bestaan voor bestaand spoor bij bestaande woningen. Bij spoorlijnen wordt alleen bij veranderingen aan het spoor het aspect trillingen beschouwd. Daarbij wordt het effect van de verandering beoordeeld, niet direct de hoogte van de trillingssterkte.

Veel van de genoemde toetsingskaders uit tabel 4.2 zullen in de toekomst vervangen worden door de Omgevingswet en onderliggende besluiten. Paragraaf 4.8 gaat hierop in.

4.3 Vraag b: welke bepalingsmethoden en grootheden gelden voor trillingen?

4.3.1 Meten en beoordelen

Sinds het opstellen van de SBR-richtlijn trillingen in 1993 worden trillingen in het kader van trillingshinder als gevolg van railverkeer gekarakteriseerd in twee parameters: de $V_{\max}$ en de V_{per} .

De $V_{\max}$ is bepaald als de hoogste effectieve trillingssterkte per interval van 30 seconden gedurende een beoordelingsperiode (dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, avondperiode van 19.00 uur tot 23.00 uur, nachtperiode van 23.00 tot 07.00 uur) als gevolg van een te beschouwen trillingsbron of in het algemeen. De $V_{\max}$ legt dus de focus op de hoogste waarde van een gebeurtenis in een beoordelingsperiode.

De V_{per} betreft een dosismaat die wordt afgeleid van de maximale trillingssterkte per periode van 30 seconden ($v_{\text{effmax},30,i}$) en het aantal gebeurtenissen waarbij een $v_{\text{effmax},30,i}$ hoger dan 0,1 optreedt. De V_{per} geeft de mate weer waarin (intensiteit waarmee) iemand wordt blootgesteld aan voelbare trillingen.

Het aanhouden van de hoogst opgetreden trillingssterkte gedurende een beoordelingsperiode als toetsingscriterium voor hinderkwesties, maar ook bij nieuwbouwplannen nabij het spoor en bij milieueffectstudies ten behoeve van spoorwijzigingen, heeft in de voorbije jaren tot veel discussie geleid. De hoogste waarde van de $V_{\max}$ werd aan de ontwikkelaarskant te streng gevonden en het vaststellen van de $V_{\max}$ bleek in de praktijk ook sterk afhankelijk van het moment van onderzoek en tevens te gevoelig voor verstoringen door stoortrillingen (stoortrillingen door bijvoorbeeld lopen in de woning).

Door het ministerie van I&M is gezocht naar een meer reproduceerbaar criterium hetgeen geleid heeft tot een statistische bepalingwijze, vastgelegd in een verwerkingsvoorschrift⁵ behorende bij de in 2014 herziene Beleidsregel trillingshinder spoor (Bts). Deze beleidsregel wordt gehanteerd voor tracébesluiten en is daarin het criterium voor de toelaatbaarheid van trillingen en het eventueel overwegen van maatregelen ter vermindering van trillingen.

Dit betekent wel dat er nu meerdere zienswijzen zijn op de hinderlijkheid van trillingen als gevolg van railverkeer. Enerzijds de beleidsmatige blik waarin met name trillingstoename centraal staat en anderzijds de perceptie van gehinderden waarin de mate van voelbaarheid en de dosismaat centraal staan. Tussen beide speelt een belangenverschil en de vraag is dan ook of een, in een bouwvoorschrift te stellen trillingseis, moet aansluiten bij één van beide of dat er een geheel ander criterium aangehouden moet worden.

Deze discussie heeft namelijk invloed op het type maatregel. Als voor de beoordeling van de trillingshinder uit wordt gegaan van een maximale trillingssterkte (zoals nu het geval is) dan kan dit leiden tot een andere uitvoering van maatregelen dan als gekozen zou worden voor een beoordeling op basis van een gemiddelde trillingssterkte. Bij geluid vindt de beoordeling alleen plaats op basis van een jaargemiddeld geluidniveau. Dit betekent dat uitschieters in het geluidniveau zijn uitgemiddeld en geen invloed hebben op de vorm en omvang van de geluidreducerende maatregel. Bij trillingen, hebben de uitschieters wel invloed op de maatregelen.

⁵ Memo Level Acoustics LA.131001a.M04 d.d. 26 februari 2014 van A. Koopman

Het RIVM heeft in het jaar 2014 een onderzoek verricht naar de gezondheidseffecten van trillingen van treinen in woningen langs het spoor [4]. Het onderzoek is gebaseerd op een enquête onder 16.000 mensen die binnen 300m afstand van het spoor wonen, waarvan er bijna 5000 hebben deelgenomen aan het onderzoek. In het onderzoek is ook gekeken naar welke trillingsgrootte het beste aansluit bij de hinderbeleving. Daarin worden verschillende in Europa gehanteerde blootstellingsmaten behandeld zoals hieronder aangegeven:

- $V_{\max}$ maximaal effectieve trillingssterkte over een beoordelingsperiode.
- V_{per} langtijdgemiddelde trillingssterkte.
- RMS blootstellingsmaat (dosismaat) over een beoordelingsperiode op basis van de RMS trilsnelheid. Heeft enige gelijkenis met de V_{per} , maar zonder opdeling in 30 seconde intervallen
- V_{dmax} als $V_{\max}$ maar met verschillende weegcurven voor de horizontale en verticale meetrichting, conform de aanbevelingen uit de ISO2631.
- VDV Vibration Dose Value, dosismaat gebaseerd op het RMS versnellingsniveau met meer nadruk op kortstondige pieken in het signaal dan bijvoorbeeld de V_{per} .

Er zijn diverse redenen waarom er zo'n keur is aan trillingsgrootten die gebruikt kunnen worden bij onderzoek naar trillingshinder. Deze komen bijvoorbeeld voort uit perceptieonderzoek waarin gevoeligheidscurven zijn bepaald op populaties proefpersonen, mogelijkheden van meetapparatuur met de jaren, trachten aansluiting te vinden bij specifieke hinderbronnen (zoals railverkeer) en de globalisering die trillingsgrootten uit diverse landen naar ons toe heeft gebracht, met name uit landen met een lange spoorhistorie zoals Groot-Brittannië en Duitsland, maar ook door de economische grootmachten als de VS en Japan.

Het onderzoek van RIVM, waarin meegenomen tal van Europese hinderstudies inclusief de onderzoeksinitiatieven omtrent hinder door goederentreinen Cargovibes en RIVAS, geeft aan dat een dosismaat beter correleert met trillingshinder en met name ook de lange termijn gezondheidseffecten door trillingen dan een bovengrenswaarde. Een duidelijke keuze voor een bepaalde trillingsgrootte is echter nog niet gemaakt.

De trillingssterktes zoals opgenomen in de Bts zijn relatief streng in verhouding tot de trillingssterktes in andere landen. Zoals in paragraaf 3.4 al is aangegeven zijn de toetsingswaarden uit de Bts en SBR B zo laag dat rechtstreekse beïnvloeding van de gezondheid niet op zal treden. Wel kan stress als gevolg van het waarnemen en ondervinden van de trillingen leiden tot gezondheidsklachten dus indirecte gevolgen voor de gezondheid zijn mogelijk. Welke trillingsgrootte en waarde de beste bescherming biedt tegen deze klachten is echter nog niet duidelijk.

4.3.2 Prognose

Het voorspellen van een trillingssterkte is mogelijk door middel van berekeningen. Voor trillingen bestaat, in tegenstelling tot geluid, echter geen algemeen aangewezen rekenmethode. Dit betekent dat veel onderzoekers hun eigen methode gebruiken.

Er zijn in de afgelopen 20 jaar wel de nodige pogingen gedaan om een soort nationaal rekenmodel treintrillingen te ontwikkelen maar het is nooit tot een breed gedragen eindresultaat gekomen. De belangrijkste oorzaak hiervoor is de complexiteit van de materie. De overdracht van trillingen vanaf het spoor tot in de woning wordt beïnvloed door veel factoren met grote spreiding die zich maar moeilijk laten vangen in een "versimpeld" rekenmodel. Het prognoseresultaat kent daardoor veel onzekerheid en dat betekent dat een harde toetsing van de berekende waarde eigenlijk niet goed mogelijk is. Juridisch levert dat weer complicaties op.

Als bijvoorbeeld de grenswaarde 0,2 is en het rekenmodel berekent 0,18 maar met een spreiding van $\pm 0,09$ dan kan de trillingssterkte voldoen aan de grenswaarde, maar mogelijk ook niet voldoen. Onze beoordelingssystematiek houdt geen rekening met deze spreiding.

Door de invloed van zoveel mogelijk factoren door middel van metingen te bepalen, kan de onzekerheid in de prognose al verkleind worden. Voor een nieuwbouwwoning bestaat echter alleen de mogelijkheid om de trillingssterkte op maaiveld ter plaatse van de nieuwe woning te meten. De andere factoren zullen door middel van rekenmodellen moeten worden bepaald. Er bestaat ook hiervoor geen voorgeschreven rekenmethode met goed omschreven en vastgelegde onzekerheden. Dat betekent dat de keuze van de rekenmethode en de kennis van de persoon die de methode toepast ook invloed heeft op het resultaat van de berekening.

Een gevolg is ook dat controle van de berekende trillingssterkte nadat de woning is gebouwd, niet zo rechtlijnig kan worden uitgevoerd als wellicht in eerste instantie wordt gedacht. Het is weliswaar heel goed mogelijk om grootheden als $V_{\max}$ en V_{per} te meten en berekenen, maar als deze waarden afwijken van de prognose betekent dat niet dat met zekerheid kan worden gesteld dat de woning niet goed is gebouwd of dat de trillingsreducerende maatregelen hun werk niet goed doen. Het kan ook zijn dat de situatie tijdens de controlemeting afwijkt ten opzichte van de periode dat het prognoseonderzoek heeft plaatsgevonden bijvoorbeeld doordat het spoor minder vlak is geworden of dat een ander type trein is gaan rijden.

De beoordeling van de trillingssterkte op basis van een maximale waarde lijkt eenvoudig (er is altijd maar één waarde te beoordelen), maar leidt in de praktijk tot onzekerheid die belemmerend werkt voor een bouwvoorschrift trillingen. Mogelijk dat in de toekomst naar een andere grootheid wordt overgestapt om de trillingen te beoordelen.

4.4 Vraag c: kan een geografisch aandachtsgebied worden benoemd?

4.4.1 Inleiding

Behalve de sterkte van de trillingsbron (railverkeer) en de gevoeligheid van de ontvangende constructie (gebouw) wordt de trillingssterkte vooral bepaald door bodemkenmerken en de afstand van het object tot het spoor. Voor woningen die gepland worden op grote afstand van het spoor is het risico op hinder door trillingen laag en onderzoek naar trillingen niet zinvol. Om een onderscheid te kunnen maken tussen het wel of niet uitvoeren van een trillingsonderzoek, kan een geografisch aandachtsgebied (zone) aan weerszijde van het spoor worden benoemd. Binnen dit gebied vormen trillingen een risico op hinder en is vooraf trillingsonderzoek nodig. Het trillingsonderzoek geeft vervolgens inzicht in de te verwachten trillingssterkte en de eventuele noodzaak tot het meenemen van trillingsreducerende maatregelen in het ontwerp van de woning. De bodemsamenstelling is geografisch afhankelijk en rekening houdend met deze bodemkenmerken valt er lokaal een aandachtsgebied te definiëren. Het is van belang daarbij het aandachtsgebied zodanig te kiezen dat hieruit een in redelijkheid te stellen onderzoeksgebied volgt, ofwel dat een te verrichten onderzoek proportioneel is en ook daadwerkelijk kan bijdragen aan een beter leefmilieu.

Alvorens een afstand tot het spoor te duiden waarbinnen onderzoek noodzakelijk is en een afstand waarbinnen dit te adviseren valt, is het nodig in te gaan op de effecten van de bodemsamenstelling op de trillingsoverdracht.

4.4.2 De bodem

In Nederland hebben we te maken met een grote diversiteit in bodemsamenstellingen zoals de zeer slappe veenachtige bodemsamenstelling in het Groene Hart, de kleiachtige gelaagde bodems in het stroomgebied van de Rijn en IJssel en stijve zandgronden in de stuwgebieden op en rond de Veluwe.

Problemen met trillingshinder door treinen komt vaak voor bij spoor op gelaagde kleibodems in combinatie met op staal gefundeerde woningen (niet op palen gefundeerd). Bij de extreme gevallen qua trillingshinder, vaak door zware goederentreinen, ligt de dominante frequentie meestal onder 10 Hz en heeft de hinder te maken met eigenfrequenties van het bodempakket en van de woning in kwestie op het funderingssysteem (op staal). Deze eigenfrequenties vallen dan samen met de enkele of dubbele omwentelfrequentie van de treinwielen. In zo'n situatie zal een afstand tot het spoor waarbinnen onderzoek nodig is groter zijn dan op een relatief stijf bodempakket (zandgronden).

In veenachtige gebieden kan de reikwijdte van trillingen (oppervlakte golven) nog veel groter zijn en de dominante frequentie van het trillingssignaal nog veel lager, maar dit hoeft niet te betekenen dat de trillingshinder in aanliggende panden groter is, omdat deze veelal op een palensysteem staan en de overdrachtsverzwakking tussen maaiveld en woningfundatie veelal groter is dan in het geval van een woning op staal. Evenwel zou een conservatieve benadering kunnen zijn om een onderzoeksgebied in veenachtige en kleiachtige gebieden, ongeacht het toe te passen funderingssysteem, gelijk te houden.

De Canadese "Guidelines for New Development in Proximity to Railway Operations" [7] beveelt een afstand tot 75m van het spoor aan als onderzoeksgebied.

In het bestemmingsplan van de Stad Mainz [13], gelegen in het Rijndal werd een afstand van 60 tot 90 m afstand tot het spoor als afstand waarbuiten trillingshinder in de regel niet te verwachten valt, waarbij de hogere waarde betrekking heeft op spoor in het buitengebied, vermoedelijk vanwege hogere rijnsnelheden.

Een door DGMR uitgevoerd onderzoek in het stationsgebied van Woerden, met een veenachtige bodemsamenstelling, leidde tot de conclusie dat in eengezinswoningen (laagbouw) op meer dan 50 m tot het spoor in die specifieke situatie al zonder maatregelen kon worden voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B en met appartementencomplexen van 4 tot 8 verdiepingen zelfs al op 30 m afstand. De afstand waarbinnen onderzoek voor laagbouw noodzakelijk is, bedraagt in die veenachtige bodemsamenstelling dus minimaal 50 m, maar kan veiligheidshalve beter op 75 m gesteld worden.

Uit onderzoeken van DPA Cauberg-Huygen (zie ook tabel 4.3 maar ook onderzoeken aan de NaNov⁶, spoorlijn Naarden-Bussum⁷ en spoorlijn Sittard - Herzogenrath⁸) volgt een kritische afstand tussen 40 en 100 meter waarbinnen trillingsreducerende maatregelen nodig zijn. Onderzoek van Movares bij het Doorstroomstation Utrecht⁹ geeft overschrijdingen weer binnen een afstand van 40 tot 100 meter van het spoor.

Er lijkt dus een modus te ontstaan voor een afstand van 50 tot 100 m van het spoor, waarbinnen nader onderzoek wenselijk is, waarin nog een differentiatie mogelijk is naar bodemsamenstelling, spoorgebruik en rijnsnelheden (stationsgebied of buitengebied).

⁶ Rapport 20121374-13 d.d. 22 september 2015 "NaNov trillingsonderzoek, Aanvullende analyses beschikbare trillingsdata"

⁷ Rapport 20131423-05 d.d. 24 juli 2014

⁸ Rapport 01262-13676-04 d.d. 15 november 2016

⁹ D79-PBO-KA-1400110/Proj.nr. RL121372/ Vrijgegeven/ Versie 3.0/17 juni 2015

Een onderzoek op afstand groter dan 100m werd vanuit oogpunt van trillingen nergens aanbevolen, althans het literatuuronderzoek bracht dit niet naar boven.

Woningen op meer dan 100m afstand van het spoor worden soms wel betrokken in milieueffectstudies ten behoeve van tracébesluiten, maar het gaat dan meestal slechts om een prognose van de effecten en veelal niet om daadwerkelijk onderzoek in de betreffende woningen.

4.5 Vraag d: welke trillingsreducerende maatregelen zijn toepasbaar?

4.5.1 Maatregelcatalogus

In opdracht van het ministerie van IenM heeft ProRail in 2014 een maatregelcatalogus opgesteld van allerlei soorten trillingsreducerende maatregelen voor treintrillingen. De catalogus maakt onderscheid tussen:

1. Maatregelen aan de bron (de trein, de baan).
2. Maatregelen aan de overdracht (in de bodem tussen het spoor en het gebouw).
3. Maatregelen aan de ontvanger (het gebouw).

Maatregelen aan de bron vallen buiten het bereik van het onderzoek en zijn daarom verder niet beschouwd.

Maatregelen in de overdracht, vaak in de vorm van een scherm in de grond, worden meestal dicht bij de bron getroffen zodat de maatregel voor zoveel mogelijk ontvangers (gebouwen) effectief is. Voor een nieuwbouw woning ligt een dergelijk maatregel dichtbij het spoor buiten bereik omdat bijvoorbeeld de grond waarin het scherm zou moeten worden aangebracht, niet in eigendom is van de woningeigenaar. Bij de ontwikkeling van een woningbouwplan is het mogelijk dat de projectontwikkelaar wel de benodigde grond in eigendom heeft zodat een scherm langs het spoor ter afscherming van meerdere woningen mogelijk is. In theoretisch geval zou ook een scherm in de bodem vlakbij de woning kunnen worden gebouwd om lokaal voor afscherming te zorgen.

Vanuit de Maatregelcatalogus blijken de kosten voor schermen in de grond heel hoog waardoor de maatregel in veel gevallen niet doelmatig is (terminologie volgens Bts), zeker niet voor één individuele woning. Uitzondering hierop is een experiment van de Gemeente Rotterdam met het toepassen van elastische bekleding (polystyreen, EPS) van woningfundaties als middel tegen trillingen van passerend tramverkeer, hier genoemd omdat hier publicitair veel aandacht aan is besteed [15]. Omdat nadere resultaten nooit zijn geopenbaard en de effectiviteit ervan evenzoveel betwist als bewierookt is, is deze maatregel niet als standaard toepasbare maatregel inzetbaar en voor te schrijven.

Als maatregel aan de ontvanger noemt de maatregelcatalogus de volgende maatregelen:

Maatregel 402: verstijven vloeren en wanden.

Maatregel 403: fundering op trillingsisolatie.

Het theoretisch effect van beide maatregelen apart bedraagt volgens de catalogus een factor 10, maar dat is alleen haalbaar als de vloer of fundering één hele specifieke eigenfrequentie heeft met een relatief hoge frequentie. Over het algemeen zal de reductie veel beperkter zijn.

De kosten voor de maatregelen zijn sterk afhankelijk van de situatie. De catalogus geeft een kostprijs vanaf € 10.000,-- aan oplopend tot meer dan € 100.000,--.

Beide maatregelen zijn overigens goed toepasbaar bij nieuwbouw omdat in het ontwerp al rekening kan worden gehouden met de maatregel.

Maatregel 402: verstijven vloeren en wanden

Maatregel 402 beïnvloedt de eigenfrequentie van de vloer. Deze frequentie is afhankelijk van een aantal factoren zoals de constructiewijze en materiaalkeuze alsmede de afmetingen van de vrije overspanning. Een lage eigenfrequentie is weliswaar gunstig voor het trillingsgedrag van de vloer bij hogere aanstootfrequenties maar is ongunstig voor de aanstoting door lopen op de vloer zelf. Vanuit constructietechnische eisen ligt de begrenzing op 3 tot 5 Hz.

Het aanstootspectrum van treinen bevat frequenties van 2 tot 30 Hz. In dat frequentiegebied liggen de eigenfrequenties van de meeste vloeren. Er is dus altijd maatwerk nodig om tot een goede keuze van de eigenfrequentie van de vloer te komen bijvoorbeeld door trillingsmetingen op maaiveld uit voeren waardoor het aanstootspectrum bekend is.

Maatregel 403: woning op trillingsisolatoren

Figuur 4.1 geeft een voorbeeld van de uitvoering van een woning op trillingsisolatoren.



Figuur 4.1: Voorbeeld van woning op trillingsisolatoren. De gele veren zijn de trillingsisolatoren. De woning wordt op de betonnen stroken gebouwd. Foto overgenomen uit Nieuwsbrief "Lavas" van Van Grunsven Projectontwikkeling januari 2017

Een belangrijk aandachtspunt bij deze maatregel is de te behalen eigenfrequentie. In algemene zin geldt dat hoe lager de eigenfrequentie van de trillingsisolator, hoe meer reductie bereikt wordt bij hogere frequenties (met de factor 10 als limiet). In theorie kan een woning op trillingsisolatoren met een eigenfrequentie van bijvoorbeeld 0,5 Hz worden gezet maar dat gaat ten koste van de mechanische stijfheid van de constructie waardoor bijvoorbeeld bij sterke wind de woning heen en weer kan gaan bewegen. In de praktijk wordt vaak gekozen voor een eigenfrequentie van 2 à 3 Hz. Daarmee wordt voor frequenties boven de 10 Hz al behoorlijk wat reductie behaald. Zware goederentreinen kunnen echter veel energie bij juist 2 Hz in de bodem brengen. Als deze maatregel zou worden toegepast, dan is dus altijd trillingsonderzoek ter plaatse nodig om de invloed van de keuze van de eigenfrequentie te bepalen.

Een standaard maatregel die altijd voor elke woning werkt, is niet te geven. Maatregel 403 kent het breedste toepassingsgebied en zal in veel gevallen wel een reducerend effect hebben. De mate van reductie hangt echter af van de lokale omstandigheden.

4.5.2 Eigen projectervaringen

Binnen de adviespraktijk van DPA Cauberg-Huygen en DGMR [10] zijn voor verschillende projecten voor nieuwbouw langs het spoor trillingsreducerende maatregelen aan gebouwen toegepast. Tabel 4.3 geeft een overzicht van verschillende soorten projecten. De projecten zijn geanonimiseerd. Weergegeven zijn de afstand tot het spoor, het type gebouw, de voorspelde trillingssterkte, de normstelling, welke maatregel is getroffen en of het effect van de maatregel is gemeten.

Tabel 4.3: Overzicht nieuwbouw projecten met trillingsreducerende maatregelen

Afstand tot spoor	Type gebouw	Prognose $V_{\max}$ [-]	Norm [-]	Type maatregel	Effect maatregel
10 meter (na-bij station)	Appartement	0,2 - 0,3	0,2	Verzwaring funderingswand	In praktijk niet bepaald. Volgens berekening voldoende.
25 m – 50 m	Vrijstaande woningen	0,5 – 1,3	0,2	Trillingsisolatie tussen fundering en woning in combinatie met extra funderingsplaat.	In de praktijk niet bepaald. Volgens berekening niet voldoende om voor alle passages te voldoen
15 m – 20 m	Rijtjeswoningen	0,3 – 0,5	0,2	Trillingsisolatie tussen fundering en woning	Beperkt. Op eigen initiatief nagemeten. Ordegrootte reductie maximaal 20%.
28 m	Zorgappartementen	0,25 – 0,35	0,2	Palenfundering in combinatie met zwaardere vloerconstructie en schijfverbinding	In praktijk niet bepaald. Volgens berekening voldoende.
10 m	Kantoor en lab	0,3 – 0,8	0,1/ 0,3	Trillingsisolatie tussen fundering en bovenbouw	In praktijk niet bepaald. Volgens berekening voldoende.
16 m	Eengezinswoningen	0,3 – 0,5	0,2	Nog niet bepaald, project staat op hold	

Uit tabel 4.3 volgt dat het effect van maatregelen bijna nooit wordt bepaald. Zolang er geen klachten zijn van de nieuwe bewoners is er voor de projectontwikkelaar geen reden om nog trillingsmetingen uit te laten voeren. Als daar onverhoopt uitkomt dat de trillingssterkte toch te hoog is, ondanks de maatregelen, dan bestaat de kans dat bewoners om aanvullende maatregelen vragen of gecompenseerd willen worden voor het gederfde woongenot.

Het type maatregel dat is toegepast is beperkt: bijna altijd wordt een trillingsisolerende laag toegepast tussen de fundering en de bovenbouw van het gebouw, soms in combinatie met een verzwaring van de fundering.

De vooraf berekende reductie ligt in de orde grootte factor 1,5 tot 4.

4.5.3 Doel- of middelvoorschrift?

Een doelvoorschrift schrijft voor welke trillingssterkte op een bepaald punt maximaal toelaatbaar is. SBR richtlijn B en de Bts bijvoorbeeld bevatten doelvoorschriften.

Een middelvoorschrift schrijft voor welk middel moet worden gebruikt om een trillingssterkte te bereiken. Een middelvoorschrift zou kunnen zijn: binnen x meter van het spoor dient de woning op trillingsisolatoren te worden geplaatst.

Uit voorgaande paragrafen (3.5 en 4.5.1) blijkt dat het effect van trillingsreducerende maatregelen aan de woning variabel is en afhankelijk van lokale omstandigheden. Het ontwerp van de maatregel is altijd maatwerk en toegespitst op de lokale omstandigheden. Hierdoor is onzeker dat in alle gevallen de toepassing van het middel zal leiden tot een toelaatbare trillingssterkte in de woning. Het middelvoorschrift als bouwvoorschrift trillingen biedt geen garantie op een goed resultaat dat wil zeggen in alle gevallen een acceptabele trillingssterkte in de woning.

4.6 Vraag e: welke ervaringen met maatregelen zijn er in het buitenland?

Een uitgebreide zoektocht naar voorschriften in binnen en buitenland, waarin maatregelen worden voorgeschreven, heeft geen concrete voorschriften opgeleverd. Het treffen van maatregelen wordt algemeen als te specialistisch en te locatieafhankelijk gekarakteriseerd om hierover dwingende aanwijzingen te geven. Er worden in sommige publicaties wel voorbeelden gegeven van mogelijke maatregelen, maar de toepasbaarheid en uitwerking daarvan wordt ter beoordeling overgelaten aan de akoestische of trillingstechnische adviseur. Een aantal van de gevonden publicaties zijn het echter waard om hier te noemen.

Canada

In Canada is in het jaar 2013, door samenwerking tussen de Federation of Canadian Municipalities (FCM) en de Railway Association of Canada (RAC), een richtlijn voor trillingsbeheersing in railverkeersprojecten tot stand gekomen voor gebruik door provincies, gemeenten, planontwikkelaars maar ook spoorbeheerders. Deze "Guidelines for New Development in Proximity to Railway Operations" [8] is te vinden via de site www.proximityissues.ca.

Interessant aan deze richtlijn is dat (in paragraaf 3.5) ook richtlijnen worden gegeven over mogelijk te treffen maatregelen aan gebouwen en in de bodem tussen spoor en bouwplan, met als doel het nastreven van meer consistentie/uniformiteit in de aanpak van trillingshinder tussen verschillende projecten.

In deze richtlijn wordt ook weer onderkend dat trillingshinder erg locatiespecifiek kan zijn en dat de expertise van een trillingsspecialist noodzakelijk is. Naast het nemen van afstand tot het spoor worden enkele algemene maatregelen genoemd, zoals het trillingsisolerend bekleden van kelderwanden (effect geraamd op maximaal 30% = 2 dB) en het opnemen van trillingsisolatie onder een gebouw of tussen bovenbouw en fundering of kelder.

De Guideline beveelt 75 m afstand tot het spoor aan als afstand waarbinnen nader onderzoek bij spoorverbindingen en emplacements vereist is. Tevens worden (in paragraaf 3.3 van de guidelines) de volgende afstanden voor nieuw te bouwen woonobjecten tot het spoor aanbevolen:

- Goederenemplacement 300 m.
- Hoofdspoorlijn 30 m.
- Aftakking / secundaire lijn (max. 5 treinen per dag, max. 50 km/u) 15 m.

USA

In de USA (en ook Canada) wordt voor de beoordeling van geluid en trillingen in (spoor)verkeersprojecten gebruik gemaakt van de in 2006 door de Federal Transit Administration (FTA) uitgegeven Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual [5]. Deze manual geeft richtlijnen voor het meten en beoordelen van geluid en trillingen en benoemt ook trillingsrisico's in termen van spoorgebruik en afstanden tot het spoor. De manual gaat ook in op invloeden van de aard van bebouwing op hinderbeleving en is daarmee dus een veelzijdiger en bruikbaar document dan de SBR-B en Bts in Nederland. De FTA-manual benoemt ook maatregelen ter vermindering van trillingen, maar deze gaan vooral in op mogelijke maatregelen binnen het domein van de spoorbeheerder, dus aan de baan en in de bodem naast het spoor. Het treffen van maatregelen aan het ontvangende gebouw wordt in par.11.5 wel genoemd. Zonder verdere kwalificatie worden genoemd het toepassen van trillingsisolatie en het verstijven van vloeren, waarbij wordt gememoreerd dat het eerste zelden een oplossing zal zijn voor bestaande gebouwen.

Building Modifications: In some circumstances, it is practical to modify the impacted building to reduce the vibration levels. Vibration isolation of buildings basically consists of supporting the building foundation on elastomer pads similar to bridge bearing pads. Vibration isolation of buildings is seldom an option for existing buildings; normal applications are possible only for new construction. This approach is particularly important for shared-use facilities such as office space above a transit station or terminal. When vibration-sensitive equipment such as electron microscopes will be affected by transit vibration, specific modifications to the building structure may be the most cost-effective method of controlling the impact. For example, the floor upon which the vibration-sensitive equipment is located could be stiffened and isolated from the remainder of the building to reduce the vibration. Alternatively, the equipment could be isolated from the building at far less cost.

FTA "Noise and vibration impact assessment" (FTA VA 90-1003-06, mei 2006, §11.5)

Nederlandse samenvatting:

Aanpassen gebouwen: bestaande gebouwen zijn vaak niet op trillingsisolatoren meer te plaatsen, bij nieuwbouw kan dit wel. Om gevoelige apparatuur te beschermen kunnen het best maatregelen aan het gebouw worden genomen zoals verdikking vloer en de vloer isoleren van de rest van het gebouw. De apparatuur zelf isoleren van de vloer is vaak een goedkoper alternatief.

De Federal Railroad Administration (FRA), vallend onder hetzelfde "U.S. Department of Transportation" als de FTA, heeft voor het "California High Speed Train Project" de volgende maatregelen op hoofdlijnen genoemd in de "Noise and Vibration Mitigation Guidelines" [6]:

Mitigation Procedure	Location of Mitigation	Description
Building Modifications	Receiver	For existing buildings, if vibration-sensitive equipment is affected by train vibration, the floor upon which the vibration-sensitive equipment is located could be stiffened and isolated from the remainder of the building. For new buildings, the building foundation should be supported by elastomer pads similar to bridge bearing pads.
Trenches	Along Vibration Propagation Path	A trench can be an effective vibration barrier if it changes the propagation characteristics of the soil. It can be open or solid. Open trenches can be filled with materials such as styrofoam. Solid barriers can be constructed with sheet piling, rows of drilled shafts filled with either concrete or a mixture of soil and lime, or concrete poured into a trench.
Buffer Zones	Receiver	Negotiate a vibration easement from the affected property owners or expand rail right-of-way.

Proposal Noise and Vibration Mitigation Guidelines – California high Speed Train Project (FRA, 2012-2015)

Nederlandse samenvatting

<i>Reductie methode</i>	<i>Plaats van maatregel</i>	<i>Omschrijving</i>
<i>Aanpassen gebouw</i>	<i>ontvanger</i>	<i>vloeren kunnen worden verstijfd en geïsoleerd van de rest van het gebouw. Voor nieuwe gebouwen kan het gebouw op trillingsisolerende elastomeren elementen worden geplaatst.</i>
<i>Greppels</i>	<i>langs overdrachts pad</i>	<i>kan effectief zijn als het de overdrachts karakteristiek wijzigt. Greppels kunnen open (gevuld met bv styrofoam) of gevuld zijn met beton</i>
<i>Buffer zones</i>	<i>ontvanger</i>	<i>Gebruikersrecht vaststellen van railverkeer over gebied van derden</i>

Ook uit deze tabel valt af te leiden dat de focus aangaande maatregelen ligt op het verstijven van vloeren in een gebouw, trillingsisolatie tussen gebouw en fundering, het aanbrengen van een al of niet gevulde sleuf in het overdrachtspad (bodem) of simpelweg het aanhouden van meer afstand. Feitelijk het bekende palet aan opties zoals ook al benoemd in het stuk van de FCM/RAC. Merk op dat het in de tabel slechts om suggesties gaat, getuige de kwalificaties als “can be” en “could be”. De manual is te vinden op de site: www.hsr.ca.gov.

4.7 Vraag f: hoe zou een voorschrift eruit kunnen zien?

4.7.1 Inleiding

In paragraaf 4.2.2 is omschreven dat de verantwoordelijkheid voor het voldoen aan een trillingssterkte in de huidige regelgeving vooral bij de broneigenaar ligt. Om trillingen in nieuwe bebouwing nabij het spoor in de toekomst beter te beheersen, zou meer aandacht moeten worden gegeven aan het aspect trillingen in bouwplannen. Hiervoor zijn de volgende instrumenten denkbaar:

- Wetten, besluiten en normen.
- Richtlijnen.
- Bestemmingsplannen.
- Uitwerkings- of deelplannen.
- Vergunningen.

Over richtlijnen moet worden opgemerkt dat deze pas een dwingend karakter zullen krijgen wanneer ze in één van de vier andere instrumenten worden verankerd. Vergunningen kunnen slechts gebaseerd zijn op heldere regelgeving. Het is dus van belang dat milieuhygiënische inzichten (in dit geval trillingen) worden verankerd in wetten en besluiten, dan wel vallen binnen de bevoegdheid van de vergunningverlenende instantie tot het stellen van voorschriften.

Het gepleegde literatuuronderzoek heeft zich geconcentreerd op de bovenste vier punten. Daarbij is niet alleen de Nederlandse situatie onderzocht maar ook de situatie in andere landen met een vergelijkbare levensstandaard als Nederland: USA, Canada, Australië, Engeland en Duitsland. Gevonden referenties zijn opgenomen in de referentielijst, zie bijlage I. Navolgend worden deze vier mogelijkheden tot het stellen van voorschriften besproken.

4.7.2 Bestemmings- en uitwerkingsplannen

In veel gemeenten komt de problematiek met spoortrillingen in combinatie met nieuwbouwprojecten maar af en toe voor. In paragraaf 4.9 is een overzicht gegeven van een aantal situaties waarbij deze problematiek een rol speelt. Als ten behoeve van het mogelijk maken van de nieuwbouw een procedure in het kader van de ruimtelijke ordening moet worden doorlopen, dan is dat het moment om voorschriften in het bestemmings- of uitwerkingsplan op te nemen.

Een paar voorbeelden van Gemeenten waar voorschriften ten aanzien van trillingen zijn opgenomen in een deelplan (uitwerkingsplan) zijn onder andere Amersfoort (Hooglanderveen, 2005) en Woerden [14] (Snellerpoort).

5.2.3 Trillingshinder

Bij bebouwing op korte afstand van de spoorbaan zal moeten worden voldaan aan eisen die gelden voor het voorkomen van trillingshinder. Deze zijn verwoord in de SBR-publicatie "Hinder voor personen in gebouwen door trillingen, Meet- en beoordelingsrichtlijn" (1993) voor de categorie "herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd". SBR staat voor Stichting Bouw Research. De eisen voor nieuwe situaties zijn van toepassing en kunnen betrekking hebben op gezondheidszorg, wonen, wonen+kantoren, bijeenkomsten en kritische werkruimte.

Uit vroegtijdig uit te voeren trillingsonderzoek moet blijken of de betreffende nieuwbouw al dan niet met trillingsreducerende maatregelen ter plaatse kan worden gerealiseerd op een afstand langs de spoorbaan van tenminste 18 m uit de as van de spoorbaan.

Bestemmingsplan Hooglanderveen, Gemeente Amersfoort – 2005

Bestemmingsplan Stadt Mainz (Rheinland – Pfalz, Rheintal)

In het Duitse equivalent van ons bestemmingsplan, het Flächennutzungsplan (FNP), kunnen richtlijnen/aanwijzingen worden gegeven ter voorkoming van trillingshinder in (woon)gebouwen. De Stad Mainz heeft in de revisie van 2009 van het FNP de volgende passage opgenomen, in verband met de spoorlijn Koblenz - Mannheim door de stad [13]. Deze aanwijzing heeft echter nog een tamelijk vrijblijvend karakter.

Belastingen door **Erschütterungen** ergeben sich in Mainz im Bereich des Schienenverkehrs entlang der Bahnstrecke Koblenz - Mannheim. Die Erheblichkeit der Belästigung durch Erschütterungen kann infolge fehlender normativer Regelungen nur auf der Basis der im Dezember 1992 eingeführten DIN 4150, Teil 2, "Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden", beurteilt werden.

Nach den Kriterien dieser DIN ergeben sich aufgrund der Erfahrungen mit Erschütterungen z. B. im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens "L 58" folgende Abstandsempfehlungen (s = Abstand, die Werte in Klammer geben die erforderlichen Abstände im Außenbereich an):

I. $s \leq 35$ (60) m

In dieser Kategorie kann die Reduzierung von Erschütterungen auf ein wohnverträgliches Maß nur mit einem unverhältnismäßig hohem technischen Aufwand betrieben werden. Auf eine Wohnbebauung sollte deshalb grundsätzlich verzichtet werden.

II. 60 (90) m $\geq s > 35$ (60) m

Durch geeignete Versteifung des Gebäudes können die Erschütterungen im Regelfall auf ein vertretbares Maß reduziert werden.

III. $s > 60$ (90) m

Ab diesem Abstand sind in der Regel keine Auflagen zum Erschütterungsschutz erforderlich.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Übertragbarkeit der Ergebnisse für Mainz-Laubenheim auf die restlichen DB-Strecken innerhalb des Stadtgebietes noch nicht durch entsprechende Messungen abgesichert ist.

Nederlandse samenvatting:

Trillingen worden veroorzaakt door treinen langs de railverbinding Koblenz-Mannheim. De hinder kan worden vastgesteld met behulp van DIN 4150 deel 2. Met deze beoordeling kunnen de volgende conclusies worden getrokken, waarbij s de afstand is van spoor tot omgeving:

- $S \leq 35$ (60) m: verregaande maatregelen zijn noodzakelijk
- 60 (90) m $\geq s > 35$ (60) m : door versteviging (stijf maken van onderdelen) kan dit vaak worden opgelost
- $S > 60$ (90) m: vaak geen maatregelen noodzakelijk

Bovenstaande afstanden zijn niet bevestigd door metingen in de stad zelf.

Bestemmingsplan Stadt Rosenheim (Bayern, Inntal)

De stad Rosenheim heeft in 2014 in het gewijzigde bestemmingsplan (FNP) de volgende passage opgenomen [12]:

7.3 Erschütterungen

Das Plangebiet befindet sich im unmittelbaren Einflussbereich der Bahnstrecke München - Rosenheim. Für eine zukünftige Bebauung des Gebietes und im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens sind Aussagen zu den zu erwartenden Erschütterungsemissionen auf dem Plangebiet bzw. innerhalb einer späteren Bebauung zu treffen. Es wurde im Rahmen eines Fachgutachtens untersucht, ob durch den Bahnverkehr in den geplanten Gebäuden Erschütterungsimmissionen auftreten, die die maßgeblichen Anhaltswerte der DIN 4150 überschreiten und damit zu Belästigungen führen können. Insbesondere wurde geprüft, wie sich die Erschütterungsimmissionen auf Wohnnutzung im Plangebiet auswirken und ob die Anforderungen der DIN 4150 eingehalten werden (Verf.: Accon GmbH, Erschütterungsuntersuchung Bebauungsplan Nr. 149 „Bahngelände Nord“ 1. Änderung und Ergänzung, Rosenheim, 17.02.2014, Greifenberg).

Zur Beurteilung der Erschütterungen in den zukünftigen Gebäuden wurden im Plangebiet an mehreren Positionen Erschütterungsmessungen mit vertikaler Schwingungserfassung durchgeführt und eine Prognose der zu erwartenden Immissionen erstellt. Diese durch den Gutachter durchgeführten Prognoseberechnungen haben gezeigt, dass die erwarteten Erschütterungsimmissionen in den geplanten Gebäuden die Anhaltswerte der DIN 4150-2 (Kerngebiet) einhalten. Erschütterungseinwirkungen, die oberhalb einer Schwinggeschwindigkeit von 8 mm/s liegen und damit Gebäudeschäden verursachen könnten, sind nicht zu erwarten. Die Orientierungswerte für den Mittelungs-

Nederlandse samenvatting geel gemaakte tekstonderdelen:

In het kader van een toetsing wordt onderzocht of de DIN 4150 normen worden overschreden door railverkeer. Voor de beoordeling van de hinder in de toekomstige bebouwing wordt in het plangebied op meerdere posities hindermetingen uitgevoerd en prognose berekeningen

Er wordt hier een dwingend beroep op goed vakmanschap gedaan en ook voorgeschreven dat trillingen in woongebouwen voldoen aan de DIN 4150 (waarop onze SBR-richtlijnen zijn gebaseerd). Tevens wordt voorgeschreven dat trillingsonderzoek op de bouwkegel wordt uitgevoerd en dat een prognose wordt opgesteld van de te verwachten trillingen in het bouwplan.

Er wordt geen specifieke afstand gegeven waarbinnen onderzoek noodzakelijk is, maar het plan heeft uiteraard betrekking op een geografisch afgebakend gebied waarop dit voorschrift van toepassing is.

Uitwerkingsplan Stadt Landsberg am Lech (Bayern, Lechtal)

Voorbeeld van een bebouwingsplan (uitwerkingsplan) waarin voorschriften aangaande trillingen zijn opgenomen, zijn gevonden in het "Bebauungsplan Katharinenvorstadt" in het Duitse Landsberg am Lech [11].

3.5 Erschütterungen

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass bei Wohngebäuden in der Nähe von Bahn-Nebenstrecken, hier Bahnlinie Landsberg – Schongau, bis zu einem Abstand von 25 m vom Rand des Gleiskörpers relevante Erschütterungen bzw. dadurch verursachte Sekundär-Luftschallimmissionen nicht auszuschließen sind.

In der Festsetzung des Bebauungsplanes unter Nr. 13.2 des Bebauungsplanentwurfes wird daher die Messung der Erschütterungen vor anstehenden Baumaßnahmen gefordert. Im Rahmen der konkreten Bauplanung mit Kenntnis der Gebäudegründung und Bauwerksausführung (z.B. Deckenspannweiten) können dann, soweit erforderlich, geeignete Maßnahmen berücksichtigt werden.

(onderstaande tekst vormt tevens de Nederlandse samenvatting)

Met het oog op het voorkomen trillingen en laagfrequent geluid wordt hierin gewezen op de risico's voor gebouwen op minder 25 m tot het spoor en worden trillingsmetingen ter overweging van maatregelen gevorderd. Artikel 8.1 van hetzelfde "Bebauungsplan" is wat minder dwingend en hierin is het woord "gefordert" (Nederlands geëist) vervangen door "erforderlich" (Nederlands nodig). Verder geeft dit artikel aan dat als metingen niet op voorhand uitwijzen dat trillingen kunnen voldoen aan de DIN4150 er ook een risico op geluidafstraling in de woning is en er op deskundige wijze naar voorzorgsmaatregelen moet worden gekeken. Het bevoegd gezag kan genoeg nemen met een bewijs van een deskundige dat aan de trillingsrichtlijn DIN4150 kan worden voldaan.

8.1 Ermittlung von Erschütterungen auf das Untersuchungsgebiet

Wie unter Punkt 3.5 beschrieben können sich für den Geltungsbereich des Bebauungsplans erhebliche Auswirkungen durch die durch den Bahnverkehr verursachten Erschütterungen der Bahnlinie Landsberg - Schongau ergeben.

Die messtechnische Ermittlung der tatsächlich durch den Bahnverkehr verursachten Erschütterungen ist für Baufenster erforderlich, die sich in dem bei Nebenstrecken empfohlenen 25 m Korridor vom Rand der Gleisanlage befinden.

Relevant sind dadurch insbesondere die neuen Baufenster auf dem Gelände der Landsberger Verlagsanstalt, Fl. Nr. 2642/2. Diese weisen einen Abstand von rund 20 m vom Rand des Gleiskörpers auf.

Die Messungen sind an mehreren Stellen, bevorzugt im Bereich neuer Baufenster, durchzuführen.

Wird allerdings durch die Messungen nicht vorab der Nachweis der Unbedenklichkeit, d. h. die Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150 geliefert, können Sekundärluftschallimmissionen und ggf. erforderliche bauliche Maßnahmen nur in Abhängigkeit von konkreten Gebäudeplanungen ermittelt werden. Ggf. sind vom Gutachter bauliche Vorkehrungen zu definieren.

Alternativ würde die Untere Immissionsschutzbehörde eine Festsetzung im Bebauungsplan akzeptieren, nach der die Bauherrn von Neu-, Um- und Erweiterungsbauten bis zu einem Abstand von 25 m vom Rand der Bahnlinie einen gutachterlichen Nachweis nach DIN 4105 im Baugenehmigungsverfahren beim Bauvorhaben führen.

Opvallend is dat in het voorschrift slechts wordt gesproken over een afstand van 25m tot de buitenste spoorstaaf, wat wellicht te maken zal hebben met de specifieke bodemtoestand ter plaatse.

Uit bovenstaande opsomming volgt dat in een aantal gevonden ruimtelijke plannen een afstand wordt genoemd waarbinnen trillingsonderzoek moet worden uitgevoerd en dat in sommige plannen aanvullend een doelvoorschrift wordt gesteld.

De combinatie van onderzoeksplicht (trillingsaandachtsgebied) en een doelvoorschrift (maximale trillingssterkte) opgenomen in een bestemmingsplan of omgevingsplan kan een uitwerking zijn van het bouwvoorschrift trillingen.

4.8 Omgevingswet

In 2019 zal de Omgevingswet van kracht worden. Deze wet maakt gebruik van vier Algemene maatregelen van Bestuur (AmvB):

1. Omgevingsbesluit.
2. Besluit kwaliteit leefomgeving.
3. Besluit bouwwerken leefomgeving.
4. Besluit activiteiten leefomgeving.

Voor trillingen ten gevolge van treinverkeer over het landelijk spoornet is in de consultatieversie van deze amvb's geen regel opgenomen.

In het ontwerp Omgevingsbesluit zijn geen bepalingen over trillingen opgenomen.

Het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) richt zich tot het bevoegd gezag. Dit besluit bevat diverse inhoudelijke normen voor gemeenten, provincies, waterschappen en het Rijk maar nooit voor een burger, bedrijf of andere niet-overheidspartij. Deze normen gaan over het bereiken van de nationale doelstellingen en het voldoen aan internationale verplichtingen. Het gaat om instructieregels, omgevingswaarden, beoordelingsregels voor omgevingsvergunningen en regels over monitoring en gegevensbeheer.

Die instructieregels worden toegepast in de gevallen die in het Bkl zijn aangegeven. Veelal is dat bij het nemen van een besluit, bijvoorbeeld de vaststelling van een omgevingsplan of het afgeven van een omgevingsvergunning. De conceptregels over trillingen van bedrijfsmatige activiteiten, die gelden voor de vaststelling van omgevingsplannen, zijn hiervan een voorbeeld. In de standaardwaarden voor trillingen van bedrijfsmatige activiteiten wordt aangesloten bij afdeling 2.9 van het Activiteitenbesluit milieubeheer en SBR richtlijn B.

Het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) bevat regels die rechtstreeks gericht zijn tot degene die een gebouw of bouwwerk gaat (ver)bouwen. Dit besluit is de opvolger van het Bouwbesluit. In dit besluit is ook een artikel met betrekking tot trillingen opgenomen. Dit artikel heeft betrekking op de activiteit van “bouwen en slopen” en richt zich op degene die bouw- en sloopwerkzaamheden verricht en dus de trillingen veroorzaakt. Deze activiteit is tijdelijk en veroorzaakt soms hoge trillingssterktes (heien, intrillen). Het betreft een andere situatie dan het onderwerp van deze verkenning: hoe bij nieuwbouw (en ontwerp) van gebouwen rekening kan worden gehouden met spoortrillingen en of dit in een voorschrift of regel neergelegd kan worden.

Het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) bevat algemene regels die rechtstreeks gericht zijn tot degene die de activiteit in kwestie uitvoert. In de meeste gevallen zal dat een bedrijf zijn. Het Bal bevat geen regels over trillingen.

4.9 Wie is verantwoordelijk?

Uit voorgaande paragrafen is duidelijk geworden dat de trillingssterkte in de woning tot stand komt onder invloed van een groot aantal factoren zoals de trillingsbron (trein, baan), de overdracht door de bodem en de eigenschappen van de woning (fundering, vloer). De vraag doet zich dan ook voor wie verantwoordelijk is voor de invloed van deze factoren bij de (planmatige) realisatie van de woning.

Rondom de nieuwbouw van een woning zijn verschillende situaties mogelijk. Tabel 4.4 geeft een overzicht. Per situatie is aangegeven bij wie het initiatief tot het trillingsonderzoek kan liggen. De initiatiefnemer kan een projectontwikkelaar zijn of een aannemer of een gebouweigenaar als die zelf het initiatief neemt tot de ontwikkeling van de nieuwbouw.

Tabel 4.4: Mogelijke onderzoeksverplichting bij verschillende situaties nieuwbouw en spoor

	Situatie	Onderzoek
1	De gemeente bereidt een nieuw bestemmingsplan/omgevingsplan voor om nieuwbouw nabij het spoor mogelijk te maken.	Gemeente
2	ProRail bereidt een spoorproject voor in het kader van de Tracéwet	ProRail
3	ProRail bereidt een spoorproject voor, anders dan in het kader van de Tracéwet	ProRail
4	Een initiatiefnemer van nieuwbouw vraagt een afwijking van het geldende bestemmingsplan/omgevingsplan aan, om zijn nieuwbouwwoning te kunnen bouwen.	Initiatiefnemer en/of Gemeente
5	Een initiatiefnemer van nieuwbouw vraagt een omgevingsvergunning bouwen aan voor een nieuwbouwwoning die al planologisch mogelijk is gemaakt in het bestemmingsplan/omgevingsplan	Wettelijk niet verplicht Initiatiefnemer en/of Gemeente

Situatie 1

De gemeente heeft op basis van de Wet ruimtelijke ordening (Wro) een eigen verantwoordelijkheid in het kader van de ruimtelijke ordening. Bij de voorbereiding van ruimtelijke plannen (en besluiten om die ruimtelijke plannen te wijzigen en om ervan af te wijken) brengt de eis van een goede ruimtelijke ordening met zich mee dat de gemeente aandacht besteedt aan mogelijke trillingshinder. In gebieden nabij het spoor waar redelijkerwijs trillingshinder verwacht kan worden, zal een trillingsonderzoek uitgevoerd moeten worden. Uit onze praktijkervaring blijkt dat een gedetailleerd ontwerp van de woningen ten tijde van dit onderzoek nog niet voorhanden is zodat het onderzoek alleen globaal een uitspraak doet over de te verwachten trillingssterkte. Onder de Omgevingswet zal de eis van 'goede ruimtelijke ordening' vervangen zijn door de eis van een 'evenwichtige toedeling van functies aan locaties'. Ook dan zal het plannen van nieuwbouw nabij het spoor in het algemeen vragen om onderzoek naar mogelijke trillingshinder.

Situatie 2 en 3

ProRail heeft een bepaalde verantwoordelijkheid wanneer nieuw spoor wordt aangelegd of iets gewijzigd wordt aan bestaand spoor, waardoor trillingsproblemen in de nabijheid van het spoor zouden kunnen toenemen. Bij Tracéwetplichtige projecten geldt de Beleidsregel Trillinghinder Spoor (Bts), daarbuiten kan SBR richtlijn B gebruikt worden.

Situatie 4

Als de initiatiefnemer zijn nieuwe woning in afwijking van het bestemmingsplan/omgevingsplan wil realiseren, is in het kader van de goede ruimtelijke ordening een trillingsonderzoek nodig. Ook dit kan in eerste instantie een onderzoek zijn waarin de globale trillingssterkte is berekend op basis waarvan kan worden besloten of deze trillingssterkte past binnen de goede ruimtelijke ordening. Als de trillingssterkte niet past binnen een goede ruimtelijke ordening, dan kan de initiatiefnemer een gedetailleerder onderzoek uit (laten) voeren waarin het effect van trillingsreducerende maatregelen is meegenomen. Het is dus goed mogelijk dat voordat nieuwbouw mogelijk is, twee trillingsonderzoeken worden uitgevoerd: de eerste in het kader van de ruimtelijke ordening en de tweede ten behoeve van de trillingssterkte in een specifieke woning.

Situatie 5

Als woningbouw al is toegestaan volgens het bestemmingsplan/omgevingsplan, dan bestaat er geen wettelijke verplichting tot een trillingsonderzoek door de initiatiefnemer. In onze adviespraktijk zien we steeds vaker dat projectontwikkelaars hun verantwoordelijkheid nemen om trillingsonderzoek uit te laten voeren als hun bouwplan in de buurt van het spoor ligt. Woningen met hoge trillingssterktes zijn namelijk slecht te verkopen en in ieder geval uiteindelijk minder waard.

De initiatiefnemer heeft dan in situatie 5 alleen een bepaalde maatschappelijke (niet-juridische) verantwoordelijkheid wanneer hij wil voorkomen dat gebruikers van de beoogde nieuwbouw trillingshinder ondervinden door het spoor. Het trillingsonderzoek dat de initiatiefnemer dan nodig heeft, kent een groter detailniveau omdat dan wel het specifieke ontwerp van de woningen meegenomen wordt in het onderzoek.

Als de nieuwbouwlocatie al de bestemming wonen heeft en er wordt geen prognose onderzoek uitgevoerd, dan is het dus mogelijk dat woningen gebouwd worden waarbinnen trillingssterktes optreden die hoger zijn dan de SBR richtlijn B aanbeveelt.

Zolang er geen wijzigingen aan het spoor plaatsvinden die een trillingsonderzoek nodig maken, vormt deze overschrijding geen direct probleem voor de realisatie van de wijziging. Maar als een wijziging aan het spoor nodig is, dan kunnen deze nieuw gebouwde woningen wel tot risico's voor het project leiden als bijvoorbeeld de gemiddelde trillingssterkte V_{per} voor de wijziging al niet voldoet aan de grenswaarde uit de Bts.

Bij het ontwerp van de woning, kan de initiatiefnemer rekening houden met de trillingen door treinverkeer door een trillingsonderzoek uit te voeren. Het onderzoek bevat bijvoorbeeld trillingsmetingen op maaiveld op de locatie waar de woning gebouwd wordt en een berekening (voorspelling) van de trillingssterkte in de woning op basis van het ontwerp van de woning.

De invloed van het spoor en de bodem zijn een gegeven voor de initiatiefnemer. Een gegeven dat echter niet constant is. Als in de loop van de tijd de trillingen door het spoor toenemen doordat bijvoorbeeld het spoor minder vlak komt te liggen of de overdracht van trillingen door de bodem wijzigt als gevolg van verandering van de grondwaterstand, dan kan de trillingssterkte in de woning toenemen. Als deze toename leidt tot een overschrijding van de streefwaarden uit SBR B, dan is hinder door trillingen alsnog mogelijk ondanks dat in het ontwerp van de woning rekening is gehouden met trillingen.

In de huidige situatie leidt een overschrijding niet tot wettelijke verplichte acties voor ProRail, de initiatiefnemer of de eigenaar van de woning. De SBR richtlijn B is immers geen wetgeving en er bestaan geen wettelijke regels of voorschriften voor trillingen door treinverkeer buiten Tracéwetplichting projecten.

Als in de toekomst wel een wettelijke regel voor trillingen wordt opgenomen, dan bestaat wel de plicht om te voldoen aan de grenswaarden. Dit betekent dat de overschrijding, als die ontstaan is buiten de invloedssfeer van de initiatiefnemer om, kan leiden tot verplichte acties, in welke vorm dan ook. De vraag is dan wie verantwoordelijk is om die acties te nemen. Het is dan ook wenselijk dat in een toekomstige trillingsregel ook wordt vastgelegd voor welk deel van de overdrachtsketen “spoor – bodem – woning” de initiatiefnemer of eigenaar van de woning verantwoordelijk is en voor welk deel ProRail (als beheerder van het spoor) verantwoordelijkheid draagt. In paragraaf 6.1.4 is ingegaan op een voorstel in de verdeling van de verantwoordelijkheden.

4.10 Samenvatting literatuur

Maatregelen om trillingen in een gebouw als gevolg van railverkeer te verminderen, kunnen op meerdere plekken in de keten “spoor – bodem – woning” getroffen worden, waarbij de meest wenselijke aanpak is om het ook in die volgorde te beschouwen.

De gevonden onderzoeken richten zich op de spoor kant en het treffen van maatregelen in de bodem nabij het spoor en aan de spoorconstructie. Deze veelal door spoorbeheerders en overheden gefinancierde en door universiteiten, adviesbureaus uitgevoerde onderzoeken richtten zich op het vinden van maatregelen, die algemeen toepasbaar zijn maar afgestemd moeten worden op de lokale omstandigheden om een maximaal effect te behalen.

Aan de ontvanger kant (de woning) zijn minder onderzoeken beschikbaar of althans gepubliceerd. De gevonden onderzoeken zijn uitgevoerd ten behoeve van een concreet bouwproject waarbij het vaak gaat om prestigieuze projecten met aanmerkelijk bouwvolume (bijvoorbeeld appartementengebouwen of combinaties van winkels en wonen) op zeer korte afstand of zelfs boven het spoor. In een aantal van deze projecten is de noodzaak tot onderzoek op het gebied van trillingen al door de ontwikkelaar onderkend.

Voor kleinere bouwprojecten met bijvoorbeeld alleen woningbouw is de afstand tot het spoor waarop hinder zou kunnen plaatsvinden veel ruimer te nemen en daarmee het risico dat trillingen niet in ogenschouw worden genomen veel groter. Hier is zeker te overwegen een sturende rol voor de overheid op te nemen.

Er zijn in Nederland met de jaren vele van dit soort projecten gepasseerd, maar de opgedane kennis met maatregelen is, soms ook vanwege tegenvallende resultaten, vaak niet geopenbaard of gepubliceerd. Na het treffen van maatregelen zijn opdrachtgevers ook niet altijd geïnteresseerd in een validatie, zeker niet wanneer het project is opgeleverd en er kennelijk geen klachten zijn opgetreden hetgeen niet betekent dat dan aan alle regelgeving of richtlijnen is voldaan.

In het gepleegde literatuuronderzoek is bewust gezocht naar mogelijk te treffen maatregelen in bouwobjecten en het overdrachtspad (de bodem) nabij het te bouwen object, dus op het kavel van het object. Behalve de zoektocht naar technische verantwoordingspublicaties is ook gezocht naar verwijzingen in regelgeving en richtlijnen naar dergelijke maatregelen. Deze verkenning heeft geleid tot de volgende benoemde maatregelen:

- a) meer afstand nemen (zo gunstig mogelijk indeling kavel);
- b) een sleuf in de bodem, direct voor het te bouwen object;
- c) bekleden van de fundatie of kelder met trillingsisolerend materiaal;
- d) toepassen van trillingsisolatie tussen fundering en bovenbouw of onder de fundatie of kelder;
- e) een palenfundering in plaats van een fundering op staal;
- f) het toepassen van een zwaardere gebouwconstructie;
- g) een constructiewijze met meer demping;
- h) het verstijven van woningvloeren (dikker, meer balken, extra dragende wand).

Afgezien van het nemen van meer afstand betreft geen van bovenstaande maatregelen een pasklare oplossing die zonder maatwerk en nader onderzoek toepasbaar is, maar ze zijn wel onderzoekswaardig binnen een bouwproject. Welke van bovengenoemde maatregelen het meest geschikt zijn, hangt af van de lokale omstandigheden, het bouwplan en de beoogde gebouwconstructie. Dit betekent dat er geen vast reducerend effect voor een bepaalde maatregel bestaat. Daaruit moet geconcludeerd worden dat het dwingend voorschrijven van specifieke maatregelen in een maatregelvoorschrift niet mogelijk is. Wel zou bijvoorbeeld in

een bestemmingsplan of omgevingsplan een onderzoeksplicht ingesteld kunnen worden waarin bovengenoemde maatregelen worden afgewogen.

De in het literatuuronderzoek aangetroffen richtlijnen en regelgeving worden, voor zover er mogelijke maatregelen worden benoemd, slechts als suggestie (principe oplossing) aangedragen.

De weinige informatie die tijdens het literatuuronderzoek is gevonden uit de adviespraktijk over gerealiseerde woningbouwprojecten (met maatregelen) gaat veelal over trillingsisolatie (maatregel d) tussen woningen en de fundering. Andere maatregelen worden wel genoemd maar zelden nagemeten.

Het gebrek aan gegevens omtrent de effectiviteit en kosten van maatregelen in de praktijk zorgt ervoor dat nog geen inzicht bestaat in de mogelijke kosteneffectiviteit van maatregelen. Daarvoor zijn meer cases nodig waarin hetzelfde type maatregel is toegepast, het effect van de maatregel is onderzocht en de kosten van de maatregel zijn bepaald. Dat zou kunnen door de projecten waar bijvoorbeeld de afgelopen 10 jaar op korte afstand van het spoor is gebouwd, te verzamelen en te onderzoeken of maatregelen zijn toegepast en zo ja welke en met welk effect.

In de literatuur zijn voorbeelden gevonden van trillingsvoorschriften (regels) in bestemmingsplannen of uitwerkingsplannen. Dit zorgt voor de vereiste aandacht voor het thema trillingen. Binnen de huidige regelgeving is het echter niet zeker dat het aspect trillingen voldoende aandacht krijgt. Als in een besluit bij de Omgevingswet (bijvoorbeeld het Bkl) een vast trillingsvoorschrift wordt opgenomen, dan is zeker dat het aspect trillingen wordt meegenomen in besluiten rondom de nieuwbouw van woningen.

5 Consultatie experts

5.1 Selectie branches en personen

De selectie van experts is gericht op de verschillende branches die te maken krijgen met een mogelijk bouwvoorschrift. Vanuit de projectervaringen van DGMR en DPA Cauberg-Huygen zijn vertegenwoordigers gevraagd van de verschillende branches om hun mening te geven over de (on)mogelijkheden van een bouwvoorschrift. Aan de hand van een vragenlijst zijn de betreffende experts geïnterviewd en is hun mening vastgelegd. In bijlage II zijn de ingevulde vragenlijsten bijgevoegd.

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de geraadpleegde experts. Naast de naam van de gesprekspartner is tevens de datum van het gesprek aangegeven.

Tabel 5.1: Overzicht van geraadpleegde experts

Branche	Naam	Datum gesprek
Architect	Wauben Architects, Bas Wauben	18-11-2016
Projectontwikkeling	Van Grunsven, Marc Verkuijlen	09-11-2016
Aannemer	Giesbers Ontwikkelen en Bouwen, Jasper Jansen	09-01-2017
Vereniging Bouw en Woningtoezicht NL	Gemeente Utrecht, Gert Ploeg	10-01-2017
Instituut voor bouwkwiteit	Jeroen van Bunschoten	07-11-2016
Gemeente	Gemeente Breda: Marc de Pooter	23-11-2016
RIVM	Irene van de Kamp	22-11-2016
ProRail	Tryfon Roelofs	01-11-2016
Universiteit	KU Leuven, Geert Degrande	06-12-2016
Actievoerende bewoner	Stichting Spoorhinder, Arnoud Scheltema	02-11-2016

5.2 Samenvatting gesprekken

In tabel 5.2 zijn de antwoorden op de verschillende vragen samengevat. In de eerste kolom is de vraag weergegeven, in de tweede kolom een samenvatting van de antwoorden.

Tabel 5.2: Samenvatting gesprekken

Vraag	Samenvattend antwoord
Stel dat je een woningbouwplan onder ogen krijgt in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp moeten worden?	In zo vroeg mogelijk stadium, bijvoorbeeld door middel van een quick scan, risico analyse van de locatie. Afstand tot het spoor is een belangrijke parameter. Genoemd worden een afstand van 50 tot 200 m, maar ook 700 m.
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap en vanuit welke rol zet je die stap?	- Situatie (laten) onderzoeken om te bepalen of project haalbaar is, of maatregelen nodig zijn - Communiceren met toekomstige bewoners over wat trillingssterktes betekenen
Welke ervaringen heb je met trillingen van spoor als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Weinig ervaring, meestal beperkt tot een enkel project.
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR-B wordt het meest genoemd. Daarnaast Duitse DIN 4150 (België) en Bts.

Vraag	Samenvattend antwoord
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Extra regelgeving met duidelijke normen die vroeg in het proces kunnen worden ingezet, strekt tot aanbeveling. Als mogelijkheden worden genoemd: - Bestemmingsplan (Omgevingsplan) - Checkpunt in aanvraag Omgevingsvergunning - Richtafstanden en prestatieniveaus (contouren) Maar ook wordt de vraag gesteld of trillingshinder door spoor een relevant nationaal probleem is.
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	Diverse antwoorden met een lichte voorkeur voor het bestemmingsplan (Omgevingsplan). Daarnaast worden ook SBR, Bouwbesluit en Spoorwegwet genoemd.
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? Een trillingsniveau? Een bouwwijze? Een onderzoeksverplichting?	Als mogelijkheden worden genoemd. - Een trillingsniveau is wenselijk voor de duidelijkheid. Het meest wordt aangesloten bij de SBR richtlijn B. - Voorschriften over een bouwwijze (met voorbeelden) zijn gewenst (Bouwbesluit) maar bieden wellicht onvoldoende garanties op succes. - Een grens aan de trillingen die ProRail mag veroorzaken op maaiveld (in kaart voor heel Nederland) voor scheiding verantwoordelijkheden. - Daarnaast is een eenduidige berekeningsmethodiek gewenst. - Onderzoeksverplichting binnen x meter van het spoor. - Voorschrift over communicatie over trillingen opnemen.
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Controle is gewenst. Maar wel vraagtekens als normen overschreden worden. Wie is dan schuldig? Wel controleren maar niet op handhaven. Resultaten metingen nodig om ervaringen op te bouwen. <u>Gepleit wordt voor eisen aan trillingen tgv railverkeer <i>buiten</i> de woning.</u>
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe woningbouwprojecten? - Projecten worden duurder/goedkoper en waarom - Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Algemene mening is dat projecten op korte termijn duurder worden hoewel op langere termijn de extra kosten mee kunnen vallen door schaalvergroting. Op lange termijn is gebouw beter en langer bruikbaar waardoor kosten mogelijk uitmiddelen. In het begin vormen trillingen nog een probleem maar naar mate ervaring toeneemt zal het op termijn geen belemmering meer vormen.
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Helemaal geen voelbare trillingen is meestal niet mogelijk, dus hinder blijft aanwezig. Of de hinder aanvaardbaar is, daar geeft de SBR-B een afweging voor. Daaruit volgt ook of maatregelen nodig zijn.
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Streven naar voldoen aan de streefwaarden maar het zal niet altijd mogelijk zijn. Overschrijding onder voorwaarden moet mogelijk zijn. Maatregelen moeten doelmatig zijn.

Vraag	Samenvattend antwoord
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp?	Algemeen wordt gesteld dat het totale plaatje van bron naar ontvanger moet worden meegenomen. Over de kosten van maatregelen bestaat onenigheid: altijd te verrekenen in woningprijs tot het te duur worden van het project. Daarnaast moet een maatregel passen binnen de beschikbare ruimte of de eisen vanuit het ontwerp.
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien "geen": wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Nagenoeg geen concrete ervaring. Wel wordt gepleit voor kosteneffectieve maatregelen met een lichte voorkeur voor maatregelen bij de bron.
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Over het algemeen is het idee dat de woningen door maatregelen duurder zullen worden (in de orde van € 2.000 tot €30.000 per woning, afhankelijk van type maatregel). Wel bestaat de verwachting dat als meer ervaring wordt opgedaan maatregelen uiteindelijk geen belemmering voor een project vormen.
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Diversiteit aan antwoorden: - Goede communicatie met toekomstige bewoners over trillingen; - Wat te doen bij bestaande situaties? - Bij wie ligt de verantwoordelijkheid? Bij de bron (vervoerder, spoorbeheerder), bij de woningbezitter of beiden? - Maatregelen moeten beginnen bij de bron; - Goed werkende voorbeelden van maatregelen zijn welkom; - Standaardmaatregelen met afwijkingsmogelijkheden zijn noodzakelijk

5.3 Conclusie consultatie

Uit de consultaties kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

Inzake de noodzaak tot een trillingsvoorschrift:

- een voorschrift is gewenst want:
 - o trillingen vormen een financieel risico voor de project betrokkenen;
 - o het schept duidelijkheid voor de project betrokkenen.
- in een zo vroeg mogelijk stadium van het project;
- door middel van een risico-analyse;
- mogelijk in een tweedeling;
 - o Verplichting tot risico analyse in het bestemmingsplan (Omgevingsplan) of bij aanvraag Omgevingsvergunning;
 - o Prestatie eis in Bouwbesluit.

Inzake de vorm van het voorschrift:

- voorkeur voor een doelvoorschrift (welke trillingssterkte moet worden gehaald);
- want een middelvoorschrift (op welke wijze die trillingssterkte kan worden gehaald) is te onzeker in resultaat;
- een doelvoorschrift zou aanvullend ook voor ProRail (als spoorbeheerder) kunnen gelden: een maximale trillingssterkte op maaiveld op een bepaalde afstand van het spoor in de vorm van een landelijk trillingsregister (analoog aan geluid) zodat een projectontwikkelaar snel kan zien of trillingen een risico vormen.

Inzake de handhaving van het voorschrift:

- controle van de trillingssterktes is gewenst;
- maar vooralsnog nog zonder consequenties maar vooral om ervaring op te doen;
- overschrijding van het voorschrift moet onder voorwaarden mogelijk blijven.

Inzake de trillingsreducerende maatregelen:

- is weinig ervaring aanwezig;
- dienen ook maatregelen aan de bron (spoor) en bodem (overdracht) te worden beschouwd;
- de ontwikkeling van standaard maatregelen beperkt de extra kosten ten opzichte van woningen zonder maatregelen;
- op lange termijn is gebouw beter en langer bruikbaar waardoor extra kosten ten gevolge van de maatregelen mogelijk uitmiddelen.

Verder is nog genoemd:

- communicatie met bewoners is belangrijk. Leg uit waarom het soms niet beter kan, wat de gevolgen van trillingssterktes zijn;
- deze trillingsproblematiek is vooral een lokaal probleem en dient ook lokaal te worden opgelost. De landelijke overheid hoeft hier geen landelijke regelgeving voor op te stellen;
- wat kan er gedaan worden aan de trillingssterktes in bestaande woningen?

6 Resultaten en aanbevelingen

6.1 Resultaat verkenning

6.1.1 Algemeen

De verkenning toont aan dat er een aantal knelpunten is aangaande een mogelijk trillingsvoorschrift voor nieuw te bouwen woningen:

1. Ontbreken van onderzoeksverplichting trillingen in de Omgevingswet en bijbehorende besluiten (zie paragraaf 4.8). In de concept teksten van de Besluiten bij de Omgevingswet ontbreekt een voorschrift dat trillingen van railverkeer in relatie tot de locatie van de nieuwbouw onder de aandacht brengt. In paragraaf 6.1.3 wordt ingegaan op de wijze waarop een signalering van het mogelijk risico op trillingshinder vorm kan worden gegeven.
2. Onduidelijkheid inzake de verantwoordelijkheid voor de trillingssterkte (zie paragraaf 4.9). Als een bouwvoorschrift van kracht is, dan kan de gebouweigenaar niet verantwoordelijk zijn voor een toename van de trillingssterkte in de woning als die een gevolg is van veranderingen aan de bron of in de overdracht. Paragraaf 6.1.4 gaat verder in op de verantwoordelijkheden.
3. Onzekerheid bij de prognose van trillingen (zie paragraaf 4.3.2). Omdat een nieuw te bouwen woning nog niet bestaat, kan de trillingssterkte in de nieuwe woning niet gemeten worden. Om inzicht te krijgen in de te verwachte trillingssterkte in een woning is bij het ontwerp van een woning dus een berekening (prognose) nodig. Die prognose kent onzekerheden waardoor een verschil op zal treden tussen de prognose en de werkelijke gemeten trillingssterkte in de gebouwde woning. Als de trillingssterkte na realisatie te hoog blijkt te zijn, wie is dan verantwoordelijk? In paragraaf 6.1.5 is een beschouwing opgenomen.
4. Keuze in het type voorschrift (paragraaf 4.5.3): een doelvoorschrift dat een bepaalde trillingssterkte in de woning voorschrijft (het doel) of een middelvoorschrift dat afhankelijk van de trillingssterkte op maaiveld een bepaalde trillingsreducerende maatregel voorschrijft (het middel om de trillingen te reduceren). Bij het middelvoorschrift speelt ook de onzekerheid over de effectiviteit van de maatregelen een rol. In paragraaf 6.1.6 is ingegaan op het type voorschrift.

In de navolgende paragrafen is ingegaan op deze knelpunten en zijn mogelijke oplossingsrichtingen aangegeven. Het resultaat van de consultaties is opgenomen in paragraaf 6.1.2. De juridische (on)mogelijkheden en consequenties van de aanbevelingen en voorgestelde voorschriften zijn in voorliggend onderzoek niet beschouwd. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig.

6.1.2 Resultaat consultaties: trillingsvoorschrift is wenselijk

Uit de consultaties blijkt dat de partijen die betrokken zijn bij projecten met woningbouw langs het spoor een vorm van een trillingsvoorschrift wensen. Een trillingsvoorschrift biedt meer bescherming tegen toekomstige trillingshinder, zorgt voor eerdere herkenning van risicovolle projecten en zorgt voor duidelijkheid omtrent de te behalen trillingssterktes.

Het trillingsvoorschrift of de combinatie van voorschriften dient volgens de consultaties de volgende onderwerpen te bevatten:

1. De risicoanalyse.
2. Verantwoordelijkheid.
3. Onzekerheid prognose.
4. Doel- of middelvoorschrift.

Deze punten sluiten goed aan bij de in paragraaf 6.1.1 gesignaleerde knelpunten.

6.1.3 Risicoanalyse

De risicoanalyse moet in een vroeg stadium antwoord geven op de vraag of een risico op trillingshinder bestaat voor de locatie van de nieuw te ontwikkelen woningen. Ten behoeve van de risicoanalyse is een trillingsonderzoek nodig. Het trillingsonderzoek komt in de huidige situatie via twee sporen in beeld:

1. Het ruimtelijk spoor als ten behoeve van een ruimtelijke procedure een ruimtelijke onderbouwing wordt opgesteld. Hierin dient ook het onderwerp trillingen aan bod te komen. Het trillingsonderzoek kan geïnitieerd worden vanuit de gemeente maar ook vanuit een initiatiefnemer voor de nieuwbouw bij afwijking van het bestemmingsplan of omgevingsplan. Het trillingsonderzoek heeft een wettelijke grondslag (artikel 3.1 van de Wet ruimtelijke ordening).
2. In het spoor van de Omgevingsvergunning voor het bouwen, als woningbouw volgens het ruimtelijk spoor al mogelijk is. Dit onderzoek is binnen de bestaande regelgeving niet verplicht maar kan uitgevoerd worden door de initiatiefnemer. Zonder onderzoek bestaat een grotere kans op trillingshinder na realisatie van de woning dan met uitvoering van een onderzoek.

Binnen het eerste spoor wordt het risico op trillingshinder in principe beheerst hoewel niet is vastgelegd tot op welke afstand van het spoor trillingen moeten worden beschouwd. *Binnen het voorstel voor het bouwvoorschrift is de afstand toegevoegd aan de regelgeving.*

Het tweede spoor vormt het zwakke punt omdat het geen wettelijke verplichting tot trillingsonderzoek bevat. *Binnen het voorstel voor het bouwvoorschrift trillingen dient de onderzoeksplicht een plaats te krijgen.*

Uit de verkenning volgen twee voorstellen waar de onderzoeksplicht een (wettelijke) plaats kan krijgen:

1. *Binnen de ruimtelijke ordening (bestemmingsplan, omgevingsplan):* opname van een voorschrift dat een onderzoeksverplichting oplegt aan een bouwplan binnen een bepaalde afstand van het spoor (onderzoekszone);
2. *Binnen de aanvraag van de Omgevingsvergunning voor het bouwen:* uit de consultaties blijkt dat het digitale aanvraagformulier voor een Omgevingsvergunning voor het bouwen als een logische plaats wordt gezien om een checkpoint toe te voegen inzake trillingen. Als het bouwplan binnen een bepaalde afstand van het spoor ligt, dient een trillingsonderzoek te worden uitgevoerd. Als ten behoeve van de ruimtelijke ordening al zo'n onderzoek is uitgevoerd, dan kan daarnaar verwezen worden. Juridisch blijkt het op dit moment niet mogelijk om dat checkpoint aan het bestaande aanvraagformulier toe te voegen omdat een juridische grondslag ontbreekt. Toch zou de initiatiefnemer al op een vroeg moment gewaarschuwd moeten kunnen worden dat trillingen een potentieel risico kunnen vormen voor het project. De gemeente zou dit aandachtspunt op kunnen nemen in de algemene informatie die zij verstrekt aan initiatiefnemers van bouwprojecten. Dat kan relatief eenvoudig via een checklist die gepubliceerd wordt op de website of verkrijgbaar is aan de informatiebalie van de gemeente. Deze checklist hoeft alleen verstrekt te worden door die gemeentes die spoor binnen hun gemeentegrenzen hebben.

Voor de omvang van de onderzoekszone volgen uit de verkenning twee mogelijkheden:

1. Op basis van een gedetailleerde trillingskaart (trillingsregister, zie paragraaf 6.4) waarop trillingscontouren zijn aangegeven van de trillingssterkte door het railverkeer.
2. Als een vaste afstand tot het spoor ongeacht de intensiteit van het treinverkeer of de locatie van de nieuwbouw woning en het spoor.

Als een nieuwbouwlocatie is gelegen binnen de onderzoekszone, dan is trillingsonderzoek nodig. Het trillingsregister (optie 1), biedt daarbij niet alleen informatie over het risico op mogelijke trillingshinder (omvang van de onderzoekszone) maar ook informatie over de (spectrale) trillingssterkte op maaiveld waar door de ontwerper van de woning rekening mee moet worden gehouden.

Als een trillingsregister is ontwikkeld, dan wordt de onderzoekszone bepaald op basis van dit register. Zo ontstaan lokale onderzoekszones die mogelijk kleiner zijn dan de standaard zone (optie 2) en wordt de onderzoekslast beperkt. In het bestemmingsplan of omgevingsplan kan deze lokale zone worden opgenomen als de betreffende spoorlijn deel uit maakt van het omgevingsplan of grenst aan het omgevingsplan.

Totdat de ontwikkeling van het trillingsregister gereed is, zou als onderzoekszone uit kunnen worden gegaan van een vaste afstand tot de buitenkant van het spoor, de standaardzone. Voorlopig is het voorstel om uit te gaan van 100 meter van buitenkant spoor. Voor nieuw geplande woningen binnen deze zone dient dan een trillingsonderzoek te worden uitgevoerd. De afstand van 100 meter zal in de meeste gevallen voldoende zijn.

6.1.4 Verantwoordelijkheid

In het voorstel in paragraaf 6.1.3 is op basis van de risicoanalyse (door middel van een checklist, de standaardzone of het trillingsregister) bekend of trillingen een risico vormen en of een trillingsonderzoek moet worden uitgevoerd. De trillingssterkte in de woning is een gevolg van de keten trillingsbron – bodem – woning. De initiatiefnemer voor de woningbouw heeft geen invloed op de sterkte van de trillingsbron. De beheerder van het spoor (ProRail) heeft geen invloed op het ontwerp van de woning en daarmee op de trillingssterkte in de woning. De praktijk is dat als nieuwbouw wordt ontworpen naast bestaand spoor, het aan de initiatiefnemer tot de woningbouw is om de trillingshinder te voorkomen. De initiatiefnemer heeft (waarschijnlijk) geen betrouwbare informatie over de sterkte van de trillingen. Daarom is het lastig bij het ontwerp van de woning met trillingen rekening te houden.

Doel van voorliggend onderzoek is te verkennen hoe initiatiefnemers gestimuleerd kunnen worden tot kosteneffectieve bouwmaatregelen om nieuwe bouwwerken beter trillingsbestendig te maken. Omdat initiatiefnemers de locatie van de woning kiezen en het ontwerp van de woning opstellen, ligt het voor de hand dat de initiatiefnemer verantwoordelijk is om de trillingssterkte vanuit maaiveld tot in de woning te beperken. De initiatiefnemer moet daarbij uit kunnen gaan van een bepaalde maximale trillingssterkte op maaiveld als vertrekpunt. Die maximale trillingssterkte is het resultaat van de bron (het spoor en de trein) en de overdracht (een gegeven afhankelijk van bodem en afstand). ProRail zou informatie kunnen leveren over de bron. Het trillingsregister is daarbij het instrument waarin afstanden, overdracht en trillingssterktes op maaiveld zijn vastgelegd.

De gemeente heeft daarnaast een eigen verantwoordelijkheid. Bij de voorbereiding van ruimtelijke plannen brengt de eis van een goede ruimtelijke ordening met zich mee dat de gemeente aandacht besteedt aan mogelijke trillingshinder. In gebieden nabij het spoor waar redelijkerwijs trillingshinder verwacht kan worden, zal een trillingsonderzoek uitgevoerd moeten worden.

Uit onze praktijkervaring blijkt dat een gedetailleerd ontwerp van de woningen ten tijde van dit onderzoek nog niet voorhanden is, zodat het onderzoek alleen globaal een uitspraak doet over de te verwachten trillingssterkte in de woning. Onder de Omgevingswet zal de eis van 'goede ruimtelijke ordening' vervangen zijn door de eis van een 'evenwichtige toedeling van functies aan locaties'. Ook dan zal het plannen van nieuwbouw nabij het spoor in het algemeen vragen om onderzoek naar mogelijke trillingshinder.

Uit voorgaande tekst blijkt dat verschillende partijen ieder hun eigen verantwoordelijkheid kunnen krijgen. Tabel 6.1 geeft een mogelijke verdeling van de verantwoordelijkheden. Per partij is aangegeven welke verantwoordelijkheid bij deze partij zou kunnen horen en waar die verantwoordelijkheid zou kunnen worden vastgelegd. De tekst onder tabel 6.1 geeft verdere uitleg over de inhoud van tabel 6.1.

Tabel 6.1: Mogelijke verdeling verantwoordelijkheden

Partij	Verantwoordelijk voor	Vastleggen in
ProRail	Beheersen trillingssterkte op maaiveld op een bepaalde afstand	Trillingsregister
Gemeente	- Vaststellen onderzoekszone trillingen - Vaststellen doelvoorschrift (maximale) trillingssterkte in de woning binnen het plangebied	Bestemmingsplan of omgevingsplan
Initiatiefnemer	- Naleven doelvoorschrift (maximale) trillingssterkte in de woning - Naleven doelvoorschrift gericht op reductie van trillingsoverdracht van maaiveld tot in de woning	Bouwbesluit of Besluit bouwwerken leef-omgeving

Het trillingsregister bestaat nog niet en moet ontwikkeld worden. In paragraaf 6.4 wordt specifiek ingegaan op het trillingsregister.

Vanuit de consultatie bestaat een voorkeur voor een doelvoorschrift in het Bouwbesluit of Bbl. De inhoud van het voorschrift wordt beschouwd als een prestatie-eis. Het doelvoorschrift kan een trillingssterkte in de woning bevatten, maar dat heeft als nadeel dat variaties bij de bron (het spoor) ook invloed hebben op de trillingssterkte in de woning terwijl de initiatiefnemer of eigenaar van de woning geen invloed heeft op die variaties bij de bron.

Een doelvoorschrift voor de initiatiefnemer zou ook betrekking kunnen hebben op de overdracht van trillingen vanuit maaiveld tot in de woning. Op basis van de trillingssterkte op maaiveld (vastgelegd in het te ontwikkelen trillingsregister) ligt het startpunt vast. Vanuit het doelvoorschrift trillingen in het bestemmingsplan is ook duidelijk waar het eindpunt (de maximaal toelaatbare trillingssterkte in de woning) ligt. Hieruit kan de benodigde trillingsreductie worden bepaald. Die trillingsreductie zou in het Bouwbesluit of Bbl kunnen worden opgenomen als prestatie-eis. In paragraaf 6.2 is een voorbeeld van een doelvoorschrift voor trillingsreductie opgenomen.

Opname van een doelvoorschrift in het Bouwbesluit of Bbl betekent wel dat de initiatiefnemer ook met zekerheid moet kunnen voldoen aan het doelvoorschrift. Dat is op dit moment met alle onzekerheid die hoort bij de prognose van trillingen en effectiviteit van maatregelen nog onvoldoende duidelijk. Paragraaf 6.1.5 gaat in op de onzekerheid rond de prognose.

6.1.5 Onzekerheid prognose

Hoewel het mogelijk is om de trillingssterkte in de nieuw te bouwen woning te voorspellen (zie paragraaf 4.3.2), is duidelijk dat deze voorspelde trillingssterkte af zal wijken van de gemeten trillingssterkte in de gebouwde woning. Dit is een gevolg van de spreiding in de waarden van allerlei factoren die invloed hebben op de trillingsoverdracht. Dit maakt een beoordeling van de trillingssterkte in de woning na realisatie van de nieuwbouw moeilijker. Zijn de uitgangspunten ten tijde van de controlemeting wel vergelijkbaar geweest met de uitgangspunten op basis waarvan de prognose is opgesteld?

Alleen als een rekenmethode wordt ontwikkeld die met voldoende zekerheid een eindresultaat kan garanderen, is het mogelijk om een concreet doelvoorschrift trillingen op te nemen. Het is daarbij nodig dat de onzekerheid die bij de methode van de prognose hoort, wordt vastgelegd evenals de wijze waarop deze onzekerheid mee moet worden genomen in de beoordeling.

Het probleem van het ontbreken van een eenduidige rekenmethode is ook door het ministerie van I&M gesignaleerd. Zij heeft daarom het RIVM opdracht gegeven een onderzoek uit te voeren naar een rekenmodel voor trillingen. In februari 2017 heeft het RIVM haar rapport uitgebracht [21]. De scope van het onderzoek is echter beperkt tot de keten: bron – bodem – fundering. De overdracht vanuit de fundering tot in de woning is niet meegenomen in het RIVM onderzoek en juist dat deel van de trillingsoverdracht is van belang bij het ontwerp van een nieuwe woning. De resultaten van het RIVM onderzoek zijn dus beperkt bruikbaar in voorliggend onderzoek.

Een belangrijke aanbeveling uit het RIVM onderzoek is om een tussenstap in het rekenmodel op te nemen waarbij de gemiddelde trillingssterkte (V_{rms}) wordt berekend. Het RIVM rapport meldt hierover het volgende:

“Dit heeft als voordeel dat:

- 1. het rekenmodel eenvoudiger kan worden;*
- 2. metingen (veel) eenvoudiger kunnen worden;*
- 3. metingen en berekeningen beter kunnen worden vergeleken.*

Samengevat zal de onderzoekslast verminderen en de meet- en rekenmethoden verbeteren. Dit betekent overigens niet dat de beoordelingsgrootheden V_{max} en V_{per} uit de Bts moeten worden losgelaten: deze zullen in het uniforme rekenmodel worden berekend uit de V_{rms} via de module die in een parallel traject dient te worden ontwikkeld.”

Een prognose op basis van een gemiddelde trillingssterkte V_{rms} biedt betere mogelijkheden op controleerbare resultaten. De ontwikkeling van de benodigde bepalingsmethode is echter niet ver genoeg om nu een bouwvoorschrift trillingen mee te ontwikkelen.

6.1.6 Type voorschrift

Het opnemen van een doelvoorschrift is in lijn met andere regelgeving zoals bij geluid. Het doelvoorschrift kan een trillingssterkte bevatten dat in de nieuw te bouwen woning moet worden gerealiseerd of de trillingsreductie die de constructie van het gebouw moet behalen.

In de verkenning is ook onderzocht of een middelvoorschrift toepasbaar is. Een middelvoorschrift zou een standaard trillingsreducerende maatregel kunnen zijn die dwingend wordt voorgeschreven als een bepaalde trillingssterkte op maaiveld wordt overschreden. Vanuit de initiatiefnemer zou dit duidelijkheid geven voor zijn ontwerp en ook voor de bouwplantoetser biedt dit voordelen omdat veel eenvoudiger is te controleren of aan de streefwaarde wordt voldaan: als een bepaalde maatregel wordt toegepast, dan wordt een vaste reductie bereikt.

De verkenning toont aan dat een maatregel die bij woning x effectief kan zijn, bij woning y niet werkt. De lokale omstandigheden (trein, spoor, bodem) zorgen voor een dusdanig grote variatie in de trillingssterkte dat per maatregel geen gegarandeerd effect valt te bereiken dat altijd en overal gehaald zal worden. Een middelvoorschrift is daarom niet zinvol.

Het advies is om te kiezen voor een doelvoorschrift bij de ontwikkeling van een toekomstig bouwvoorschrift trillingen. In 6.2 zijn voorbeelden gegeven van het doelvoorschrift.

6.1.7 Effect Omgevingswet

In 2019 zal de Omgevingswet worden ingevoerd. Daarmee komt het huidige stelsel van bestemmingsplannen, Activiteitenbesluit en Bouwbesluit te vervallen. Uit de verkenning volgt dat de Omgevingswet weliswaar mogelijke aanknopingspunten biedt voor een bouwvoorschrift trillingen maar dat een aantal knelpunten er voor zorgt dat een invoering van deze voorschriften op korte termijn nog niet mogelijk is:

1. Door het ontbreken van een gevalideerde rekenmethode bestaat te veel onzekerheid over de geprognosticeerde trillingssterkte waardoor op voorhand onvoldoende zeker is of aan het doelvoorschrift kan worden voldaan en controle door middel van trillingsmetingen na realisatie van de woning niet goed mogelijk is.
2. Door het ontbreken van gegevens over de effectiviteit van genomen trillingsreducerende maatregelen in de praktijk, is nog niet duidelijk of een doelvoorschrift altijd naleefbaar is.
3. Door het ontbreken van een scheiding in verantwoordelijkheden, is nog niet duidelijk wie verantwoordelijk is als blijkt dat na controle van de trillingssterkte in de gerealiseerde woning niet wordt voldaan aan het doelvoorschrift.

De aanknopingspunten in de Omgevingswet kunnen zijn:

Voor de risicoanalyse (onderzoeksplicht):

- Besluit kwaliteit leefomgeving (omgevingsplan): in het Bkl kan een instructieregel met betrekking tot een onderzoekszone rond het spoor worden opgenomen die verplicht tot trillingsonderzoek als een bouwplan binnen de onderzoekszone ligt;

Voor een toekomstig doelvoorschrift zien we twee mogelijkheden:

- opnemen van een (maximale) trillingssterkte in de woning als gevolg van railverkeer. Deze trillingssterkte geldt dan als algemene eis voor alle woningen in het aandachtsgebied;
- opnemen van de minimaal te behalen trillingsreductie tussen maaiveld en vloer in de woning.

De conceptversie van het Bkl bevat al trillingsvoorschriften voor bedrijfsmatige activiteiten. Daar kunnen trillingsvoorschriften voor railverkeer aan worden toegevoegd. Dit voorschrift geldt dan als een gebiedseis. De verantwoordelijkheid voor het voldoen aan dit toekomstige voorschrift is nog onduidelijk. ProRail heeft geen invloed op de bouwwijze van de woning en de initiatiefnemer heeft geen invloed op de trillingen door het treinverkeer. Ook geldt dat de prognose- en beoordelingssystematiek nog onvoldoende zijn gestandaardiseerd.

Een doelvoorschrift in het Bbl geldt als een prestatie-eis voor de woning. Er kan gekozen worden voor een begrenzing van de trillingssterkte in de woning maar er zou ook gekozen kunnen worden voor een voorschrift dat betrekking heeft op de te behalen trillingsreductie tussen maaiveld en vloer in de woning. In het laatste geval spelen variaties aan de bron een veel minder grote rol bij controle op het voorschrift na realisatie van de woning. Paragraaf 6.2.3 geeft een voorbeeld van een voorschrift aangaande de te behalen reductie. Ook bij deze keuze geldt dat de prognose- en beoordelingssystematiek nog onvoldoende zijn gestandaardiseerd.

6.1.8 Samenvatting

De resultaten van de verkenning zijn samengevat als volgt:

- de herkenning van het risico op trillingshinder dient beter te worden geborgd;
- de Omgevingswet biedt hier aanknopingspunten voor in het Bkl;
- een doelvoorschrift trillingen is het beste bruikbaar;
- dit doelvoorschrift kan worden opgenomen in het Bkl of Bbl;
- de prognosemethodiek om tot de trillingssterkte in de woning te komen, is nog onvoldoende zeker;
- de verantwoordelijkheid voor de trillingssterkte is nog niet vastgelegd;
- een concreet en handhaafbaar bouwvoorschrift trillingen is nog niet op te stellen.

6.2 Aanbeveling voorschrift

6.2.1 Algemeen

Op dit moment is een concreet en naleefbaar bouwvoorschrift trillingen nog niet mogelijk. Toch kan de situatie al wel verbeterd worden als de signalering op mogelijke trillingshinder al in het stadium van de planvorming wordt opgenomen. Daardoor zal de kans op trillingshinder in een nieuwbouwwoning afnemen ten opzichte van de huidige situatie omdat het aspect trillingen binnen de onderzoekszone altijd moet worden beschouwd.

Een concreet en handhaafbaar bouwvoorschrift kan pas worden opgesteld als de eerder genoemde knelpunten zijn opgelost. De aanbeveling inzake het voorschrift bestaat daarom uit twee stappen.

6.2.2 Eerste stap: korte termijn

Deze stap geeft alleen inzicht in het risico op trillingshinder en de noodzaak tot reducerende maatregelen. De aanbeveling luidt:

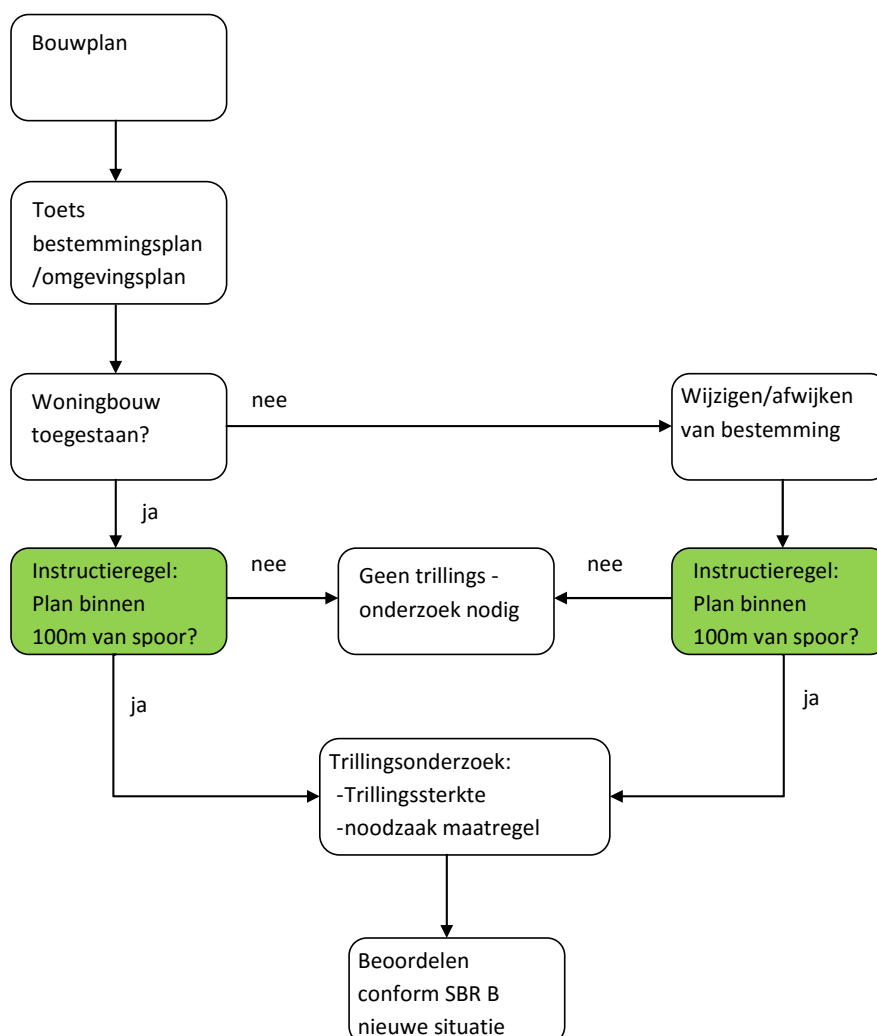
Zorg voor een verplichte risicoanalyse op het aspect trillingen. Gebruik hiervoor twee niveaus:

- a. Niveau ruimtelijke ordening: in bestemmingsplannen (of toekomstige omgevingsplannen) waarbinnen een spoorlijn is gelegen of die grenzen aan een spoorlijn wordt een onderzoekszone rond het spoor opgenomen. Plannen voor nieuwe woningen binnen deze zone, dienen bij hun aanvraag tot Omgevingsvergunning vergezeld te worden van een trillingsonderzoek;
- b. Niveau aanvraag Omgevingsvergunning voor bouwen: de betreffende gemeentes zorgen voor een checklist waarin op basis van een zone van 100 meter rondom het spoor een onderzoeksplicht wordt ingesteld voor trillingen.

In de wijze van beoordeling verandert in deze fase niks. Als beoordelingskader voor de trillingen kan in deze fase daarom SBR richtlijn B gebruikt worden omdat nog geen normstellend bouwvoorschrift trillingen mogelijk is. De geschetste problematiek rond de prognosemethode, onzekerheden en verantwoordelijkheid blijft, maar is minder knellend omdat SBR richtlijn B geen wetgeving is.

Niveau b is het meest eenvoudig op korte termijn te implementeren maar op basis van deze checklist kan een trillingsonderzoek niet juridisch worden afgedwongen omdat de juridische grondslag ontbreekt. Maar het ontbreken van een trillingsonderzoek of motivatie waarom trillingen niet onderzocht hoeven te worden, kan tot vertraging leiden bij de verlening van de Omgevingsvergunning voor het bouwen.

Op het moment dat niveau a in het bestemmingsplan of omgevingsplan is geïmplementeerd, dan dient het aspect trillingen binnen de aangewezen zone altijd te worden onderzocht en kan niveau b vervallen. De eindsituatie voor de korte termijn is weergegeven in figuur 6.1. De groene velden geven de wijzigingen aan die passen bij de korte termijn.



Figuur 6.1

6.2.3 Stap 2: lange termijn

Een doelvoorschrift trillingen kan worden opgenomen als de prognosemethodiek, de beoordelingsmethodiek en de verantwoordelijkheid zijn uitgewerkt.

Uit de verkenning volgt dat een doelvoorschrift kan worden opgenomen in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)) (ruimtelijk spoor) of het Bouwbesluit/Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl) (prestatie-eis).

Besluit kwaliteit leefomgeving

In het Bkl kan het doelvoorschrift betrekking hebben op een trillingssterkte in de woning, zoals ook al een eis aan de trillingssterkte in de woning ten gevolge van bedrijfsmatige activiteiten is opgenomen. Het voorschrift voor trillingen veroorzaakt door railverkeer geldt dan als een gebiedseis. Voor een in het bestemmingsplan/omgevingsplan afgebakend gebied geldt dat de trillingssterkte $V_{\max}$ en V_{per} in de nieuw te bouwen woningen niet hoger mogen zijn dan bijvoorbeeld (overgenomen uit SBR richtlijn B, nieuwe situatie):

Gebouwfunctie	Dag-/avondperiode			Nachtperiode		
	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

Bouwbesluit of Besluit bouwwerken leefomgeving

Vanuit de consultatie bestaat een voorkeur voor het doelvoorschrift in het Bouwbesluit of Bbl. Het voorschrift wordt beschouwd als een prestatie-eis. Het doelvoorschrift kan een trillingssterkte in de woning bevatten, zoals bovenstaande tabel, maar dat heeft als nadeel dat variaties bij de bron (het spoor) ook effect hebben op de trillingssterkte in de woning terwijl de initiatiefnemer of eigenaar van de woning geen invloed heeft op die variaties bij de bron.

Het doelvoorschrift voor de initiatiefnemer zou ook betrekking kunnen hebben op de overdracht van trillingen vanuit maaiveld tot in de woning. Het gaat daarbij alleen om het verschil in trillingssterkte tussen maaiveld en vloer in de woning. Dat verschil is minder gevoelig voor variaties aan de bron omdat het om een verschil-waarde gaat. Als de trillingssterkte van de bron toeneemt, zal de trillingssterkte in de woning ook toenemen maar het verschil tussen beide trillingssterktes blijft min of meer gelijk. Bovendien kan het verschil in trillingssterkte op maaiveld en in de woning onafhankelijk van de bron worden gemeten en dat biedt kansen voor een eenduidige meetmethode.

Het doelvoorschrift zou getrappt kunnen worden uitgevoerd. Ter illustratie een voorbeeld (getallen alleen als voorbeeld, de keuze is verder niet onderbouwd):

Bij een trillingssterkte V_{max} op maaiveld tussen 1 en 0,8 dient een reductie van 5 te worden behaald
Bij een trillingssterkte V_{max} op maaiveld tussen 0,7 en 0,5 dient een reductie van 4 te worden behaald
Bij een trillingssterkte V_{max} op maaiveld tussen 0,4 en 0,2 dient een reductie van 2 te worden behaald
Bij een trillingssterkte V_{max} op maaiveld tussen 0,2 en 0,05 mag geen versterking van de trillingen optreden zodanig dat de trillingssterkte V_{max} groter wordt dan 0,2.

De laatste regel is toegevoegd om te voorkomen dat als de trillingssterkte op maaiveld al lager is dan 0,2 (streefwaarde A_2 in de nachtperiode volgens SBR richtlijn B, nieuwe situatie), als gevolg van resonantie versterking van de trillingssterkte optreedt waardoor alsnog een overschrijding plaatsvindt.

Het doelvoorschrift dient in een later stadium te worden uitgewerkt als duidelijk is op welke wijze de prognosemethodiek en het trillingsregister vorm hebben gekregen. Het doelvoorschrift kan daar dan op aansluiten.

6.3 Trillingsregister

Het trillingsregister bestaat nog niet maar kan helpen om trillingshinder in de toekomst beter te beheersen. De eerste ideeën hierover zijn dat het register bereikbaar is via een website en een kaart bevat van Nederland met het landelijke sporennet. Voor elke spoorlijn zijn verschillende sets van contouren aangegeven zodat afgelezen kan worden met welke trillingssterkte op een bepaalde afstand van het spoor rekening moet worden gehouden bij het ontwerp van de woning. De contouren gelden voor:

1. Voor de maximale trillingssterkte V_{max} op maaiveld.
2. Voor de gemiddelde trillingssterkte V_{per} op maaiveld.

Op basis van metingen/berekeningen zijn de contourafstanden bepaald waarbij rekening is gehouden met lokale omstandigheden zoals de treinintensiteit, rijnsnelheden en de lokale bodem.

In de contourafstanden zou ook rekening kunnen worden gehouden met toekomstige groei. De contouren liggen dan op grotere afstand van het spoor en krijgen meer de functie van “trillingproductieplafonds” (zoals het geluidproductieplafond bij geluid). Wijzigingen aan het spoor zijn mogelijk mits ze passen binnen de contouren.

Het trillingsregister is bruikbaar in alle fasen van de ontwikkeling van een bouwplan bij zowel de eerste risicoanalyse (trillingsonderzoek in de vorm van een quickscan) als het ontwerp van de woning. Het register biedt voordelen voor ontwikkelaars van woningen omdat zij eenvoudig kunnen zien of hun bouwplan binnen een door treintrillingen kritisch gebied ligt en met welke (spectraal) trillingssterkte vervolgens rekening moet worden gehouden bij het ontwerp van de woning.

Maar ook voor de gemeente biedt een trillingsregister voordelen. Bij de ruimtelijke ontwikkelingen is direct zichtbaar of trillingen van treinen een risico vormen voor die ontwikkelingen. Bovendien kan de gemeente een initiatiefnemer op basis van het register al wijzen op randvoorwaarden rondom eventuele trillingsreducerende maatregelen zoals kritische frequenties.

Ook ProRail kan profiteren van het register omdat de uitgangspunten voor trillingsonderzoeken aan het spoor beter vastliggen en als een rekenmodel gekoppeld kan worden aan het trillingsregister, ook de rekenmethodiek vastligt. En zolang de trillingssterktes op maaiveld voldoen aan het trillingsregister, hoeft ProRail ook niet meer geconfronteerd te worden met woningen waarbinnen een sterke opslinging van trillingen plaatsvindt.

Het opstellen van het trillingsregister is een ambitieus plan waarbinnen veel technische moeilijkheden nog moeten worden overwonnen. Te denken valt daarbij bijvoorbeeld aan de detaillering: als voor elke strekkende meter langs het sporennet de trillingsbelasting wordt bepaald, bestaat weliswaar een zeer gedetailleerd beeld van de trillingssituatie maar zullen de kosten van het onderzoek bijzonder hoog zijn. Het vereenvoudigen van de onderzoeksmethode en detaillering leiden dan wel tot een lagere onderzoekslast maar ook tot een groter risico dat de werkelijkheid sterk afwijkt van de situatie volgens het trillingsregister.

De in ontwikkeling zijnde standaardrekenmethode waar het RIVM onderzoek naar doet, kan mogelijk gebruikt worden bij het opstellen van het trillingsregister.

6.4 Risico's

Trillingsregister

Het trillingsregister speelt een belangrijke rol in de voorstellen om tot bouwvoorschriften trillingen te komen. Als het trillingsregister niet van de grond komt, dan vormt dat een duidelijke verzwakking van de voorgestelde methodiek. De technische uitdagingen en de bijbehorende financiële ondersteuning voor de opzet van het trillingsregister vormen een risico voor de realisatie van de voorstellen.

Na realisatie van het trillingsregister dient het ook onderhouden en beheerd te worden. Ook dat vraagt financiële ondersteuning en vormt een risico voor de realisatie van de voorstellen.

Ruimtelijke ordening

De aanbeveling om op ruimtelijke ordening niveau al een eerste voorschrift op te nemen, kan de consequentie hebben dat (mogelijk een groot) aantal bestemmingsplannen dient te worden aangepast. Binnen deze verkenning is niet onderzocht om hoeveel bestemmingsplannen het gaat. De aanpassing van een bestemmingsplan kent een proceduretijd van minimaal 26 weken na indiening van de aanvraag en kan door bezwaar en beroep nog langer duren. Dit kan betekenen dat niet alle bestemmingsplannen gelijktijdig het nieuwe voorschrift bevatten waardoor ongelijkheid ontstaat. Voor de ene locatie moet er wel rekening worden gehouden met de onderzoekszone, voor de andere locatie niet. Het risico bestaat dus dat het enkele jaren duurt voor alle betreffende bestemmingsplannen zijn aangepast.

Mogelijk dat de overgang van bestemmingsplan naar omgevingsplan het moment is om de onderzoekszone direct mee te nemen.

Het doorvoeren van de onderzoekszone in alle bestemmingsplannen kan leiden tot planschade voor die bestemmingsplannen waar nu woningbouw langs het spoor al is toegestaan. Er is immers al een bouwtitel verleend met bestaande kwaliteit. Door de trillingsbeoordeling kan de (financiële) haalbaarheid van bouwplannen (die in feite al mogelijk waren) in gevaar komen. Als uit aanvullend onderzoek blijkt dat dit om veel woningen gaat, dan is af te wegen om geprojecteerde woningen uit de regeling te houden en de regeling te laten beginnen met bouwplannen waarbij de ruimtelijke besluitvorming nog moet plaatsvinden.

Een brede trillingszone leidt in potentie tot een groter aantal trillingsonderzoeken dan een smalle zone. De realisatie van een landelijk trillingsregister, kan de onderzoekslast die hoort bij de voorgestelde zone van 100 meter, verkleinen. Als de realisatie van het trillingsregister nog lang op zich laat wachten, dan blijft de onderzoekslast relatief hoog.

Binnen de uitgevoerde verkenning is niet nagegaan hoeveel nieuwbouwwoningen zijn gerealiseerd binnen 100 meter van het spoor in de afgelopen jaren.

Kosten trillingsonderzoek bij spoor

Het opnemen van een onderzoeksverplichting zal zorgen voor een lastenverhoging in verband met de kosten van dat onderzoek. De kosten voor het trillingsonderzoek zijn afhankelijk van de diepgang van het onderzoek en de fase waarin het onderzoek plaatsvindt. Meestal wordt eerst een quickscan uitgevoerd waarin globaal wordt bepaald in hoeverre een overschrijding van de streefwaarden valt te verwachten. De onderzoekskosten van een quickscan kunnen binnen het ruimtelijk spoor zowel door de gemeente als de initiatiefnemer worden gedragen.

Als trillingsreducerende maatregelen nodig zijn, dan volgt een gedetailleerder onderzoek dat meestal gedragen zal worden door de initiatiefnemer omdat dit onderzoek een detaillering vormt van het eerdere onderzoek dat is uitgevoerd ten behoeve van het ruimtelijke traject.

De ordegrootte van de kosten voor het trillingsonderzoek ligt tussen de € 5.000,-- (quickscan inclusief beperkte metingen) en € 20.000,-- (onderzoek inclusief maatregelen) exclusief BTW maar afhankelijk van de situatie kunnen de werkelijke kosten afwijken. Binnen een bouwplan worden meestal meerdere woningen gepland. Als het onderzoek goed wordt opgezet, kan het gebruikt worden voor meerdere (gelijksoortige) woningen. De meerkosten per woning als gevolg van de extra onderzoekskosten zijn dan beperkt.

Als het trillingsregister gereed is, zullen de kosten voor de quickscan afnemen omdat geen metingen meer nodig zijn zodat er mag worden uitgegaan van een trillingssterkte op maaiveld volgens het register.

Kosten maatregelen

De kosten voor de trillingsreducerende maatregelen kunnen sterk variëren. Als het verstijven of verzwaren van de fundering en/of vloeren de toegepaste maatregel is, dan blijven de kosten beperkt tot het aanpassen van het ontwerp en extra bouwmaterialen (beton, staal). De ordegrootte zal tussen de € 5.000,-- en de € 10.000,-- per woning bedragen. Als de woning op trillingsreducerende voorzieningen wordt geplaatst dan zijn de kosten hoger. Niet alleen dient het ontwerp te worden aangepast maar ook dienen de trillingsreducerende voorzieningen te worden aangeschaft, rekening te worden gehouden met montagekosten en eventuele onderhoudskosten. Als ordegrootte kan worden uitgegaan van € 25.000,-- tot € 40.000,--. Genoemde kosten zijn gebaseerd op de praktijkervaringen van de onderzoekers maar kunnen in andere projecten afwijken.

Voor de berekening van het effect van trillingsreducerende maatregelen is al een gedetailleerd ontwerp van de constructie nodig. Dat is nog niet altijd beschikbaar en kan betekenen dat de kosten voor het constructieve ontwerp al eerder moeten worden gemaakt voordat zeker is dat het bouwplan door kan gaan.

Beoordeling trillingen

Na invoering van de geschetste stap 2 (paragraaf 6.2.3, langere termijn) dienen de trillingssterktes ook beoordeeld te worden. Vooralsnog ligt deze taak bij de gemeente maar in de toekomst mogelijk bij commerciële bouwplantoetsers (private kwaliteitsborging).

Als de standaard rekenmethode is ontwikkeld dan is de controle goed mogelijk door de invoergegevens te controleren zoals dat nu plaatsvindt bij geluidonderzoeken. De standaard rekenmethode zorgt er vervolgens voor dat het resultaat van de berekening met een bekende en geaccepteerde onzekerheid berekend wordt. Zolang er geen standaard rekenmethode is, is de controle van de berekeningen veel moeilijker. Ook daarom dient stap 2 pas later te worden ingevoerd, nadat er een betrouwbaardere, algemene rekenmethode ontwikkeld is

Onzekerheid

De prognose onderzoeken leiden tot een berekende trillingssterkte maar kennen een bepaalde onzekerheid. Het is dus mogelijk dat na realisatie van de woningen (eventueel inclusief maatregelen) toch niet voldaan wordt aan de toetsingswaarden. Het treffen van aanvullende maatregelen na realisatie van de woningen is maar heel beperkt mogelijk, is vaak bouwkundig ingrijpend en leidt tot hoge kosten. Dat leidt tot het risico op discussies over de schuldvraag en mogelijke juridische procedures omtrent schadevergoeding en waardeverlies van de woning. Ook hier biedt het standaard rekenmodel in combinatie met het trillingsregister mogelijk uitkomst waardoor de onzekerheden beheersbaar blijven.

Juridisch

De juridische (on)mogelijkheden en consequenties van de aanbevelingen en voorgestelde voorschriften zijn in voorliggend onderzoek niet beschouwd. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig.

6.5 Algemene aanbevelingen

Door het ministerie van I&M is voor deze verkenning de volgende hoofdvraag gesteld:

Hoe zouden de bestaande bouwregels (Bouwbesluit 2012 [1]) kosteneffectief geoptimaliseerd kunnen worden, zodat nieuwe bouwwerken beter trillingsbestendig gemaakt kunnen worden?

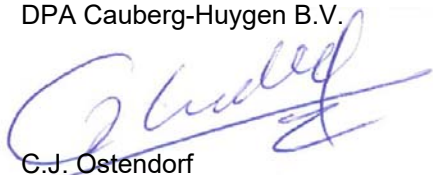
Op basis van de uitgevoerde verkenning blijkt dat op het moment van uitvoering van het onderzoek nog te veel knelpunten bestaan om een concreet en handhaafbaar bouwvoorschrift trillingen op te stellen. Die knelpunten hebben betrekking op:

1. De rekenmethode voor de prognose van de trillingssterkte in nieuwe bouwwerken (woningen).
2. De beoordelingswijze van de trillingssterkte waarbij rekening wordt gehouden met de onzekerheden uit de prognose.
3. De verdeling van verantwoordelijkheden voor het naleven van de te stellen doelvoorschriften.
4. Het gebrek aan ervaring met de (kosten)effectiviteit van reeds getroffen trillingsreducerende maatregelen in de praktijk.

Deze knelpunten leiden tot de volgende algemene aanbevelingen:

1. Onderzoek de mogelijkheden tot de ontwikkeling van het trillingsregister om verantwoordelijkheden vast te kunnen leggen.
2. Ontwikkel een rekenmethode voor de prognose van de trillingssterkte in de nieuwbouwwoning en een bijbehorende beoordelingsmethode die rekening houdt met de onzekerheden in de prognose.
3. Onderzoek hoeveel bestemmingsplannen met geprojecteerde woningen beïnvloed worden door de onderzoekszone voor trillingen in verband met mogelijke planschade.
4. Ontwikkel en onderhoud een database waarin de gegevens van controlemetingen worden bijgehouden zodat inzicht ontstaat in de (kosten)effectiviteit van de getroffen trillingsreducerende maatregelen.
5. Onderzoek de juridische (on)mogelijkheden en consequenties van de aanbevelingen en voorgestelde voorschriften uit dit rapport.

DPA Cauberg-Huygen B.V.



C.J. Ostendorf
Senior Adviseur

DGMR



J. Witte
Senior Adviseur

Bijlage I Literatuur overzicht

Literatuurlijst

- [1] Bouwbesluit 2012, Ministerie BiZa, Staatsblad 416 augustus 2011
- [2] SBR-richtlijn Trillingen – deel B: Trillingshinder voor personen in gebouwen, Stichting Bouwresearch 2002 (heruitgave 2006)
- [3] Beleidsregel trillingshinder spoor (Bts), Ministerie I&M, Staatsblad 7532 april 2012 (wijziging maart 2014)
- [4] Wonen langs het spoor "Gezondheidseffecten trillingen van treinen", RIVM rapport 2014-0096, I. van Kamp e.a., 2014
- [5] Transit Noise and Vibration Impact Assessment, US Department of Transportation, FTA-VA-90-1003-06, May 2006
- [6] Noise and vibration mitigation guidelines "California High Speed Train project", US Department of Transportation, 2012-2015
- [7] Final Report Proximity Guidelines and Best Practices, FCM/RAC (prepared by Earth Tech Canada), 2007
- [8] Guidelines for New Development in Proximity to Railway Operations, FCM/RAC, May 2013
- [9] Körperschall- und Erschütterungsschutz, Deutsche Bahn / H. Fischer H. Garburg e.a., 1996
- [10] Conges Geluid, Trillingen en Luchtkwaliteit (GTL), Bouwen langs het spoor en vergunningsverlening, DGMR / R. Fennema, 2010
- [11] Bebauungsplan Nr. 2370 „Katharinenvorstadt“, Stadt Landsberg am Lech, 2013
- [12] Bebauungsplan Nr. 149 „Bahngelände Nord“, Stadt Rosenheim, September 2014
- [13] Erläuterungsbericht zum Flächennutzungsplan, Stadt Mainz, April 1999
- [14] Bestemmingsplan Snellerpoort, Gemeente woerden, 24 juni 2010
- [15] EPS maakt einde aan trillingshinder in gebouwen, Gemeentewerken Rotterdam, Vakblad Bouwwereld 15 februari 2012
- [16] Statische Besonderheiten aus dem Erschütterungsschutz mit Naturkautschuklagern für die Wohnanlage Theresienhöhe München, Zeitschrift Bauingenieur 12/2008
- [17] Anwendungen der Baudynamik – VL9: Methoden zur Amplitudenreduktion, TUHH / K. Holtzendorff, 2014
- [18] Mitigation of traffic-Induced ground vibrations, Vibisol International AB Stockholm / K.R. Massarsch, 2004
- [19] Vibration isolation using gas filled cushions, Vibisol International AB Stockholm / K.R. Massarsch, 2005
- [20] Mitigation of train induced floor vibrations in multi story buildings using a blocking floor, Tufts University / N. Zhao, 2010
- [21] Een uniform rekenmodel voor spoortrillingen 2016: Ontwikkelingsmogelijkheden. RIVM briefrapport 2016-0209, D. de Gruijter et al. Februari 2017

Bijlage II Ingevulde vragenformulieren

Vragenlijst interviews Verkenning Bouwvoorschrift Trillingen

Interview met: Gert Ploeg Werkzaam bij: Gemeente Utrecht (buiteninspecteur en constructeur)

Interviewer: Carel Ostendorf

Datum interview: 10 januari 2017

Vragen voor een beleidsmaker, bouwplantoetser, gemeente ambtenaar

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een bouwplan zou (laten) beoordelen in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in de beoordeling moeten worden?	Afstand tussen spoor en woning kan een maat zijn om te bepalen of trillingen kritisch zijn of niet. Ordegrootte afstand kleiner dan 50 meter is kritisch.	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap?	Bij het verlenen van de Omgevingsvergunning moet trillingen meegenomen worden. Meenemen in de aanvraagprocedure.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Klachten als ze aan het spoor werken. Bij het ontwerp van het RIVM gebouw is wel rekening gehouden met trillingen van de tram (ordegrootte binnen 50 meter afstand)	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR richtlijn A (schade aan gebouw) in verband met bouwen, slopen. Bouwbesluit (slopen, bouwen) vaak gebruikt. Binnen de gemeente 2 handhaafinstructies: 1 ^e over heien (schade) en 2 ^e over hinder (geluid, nachtelijk werk). Daarin zou SBR B (wel bekend, maar niet vaak gebruikt) of Bouwbesluit een plaats kunnen krijgen.	
Welke tools gebruik je/ heb je nodig om aspect trillingen te kunnen beoordelen bij nieuwbouw?	Wat zijn de toetsingswaarden (prestatie-eis)? In welk document kan ik die vinden? Welke maatregelen kunnen getroffen worden? Tot nu toe wijzen we alleen op risico en vragen onderzoek	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp?	Meest effectief is maatregel in de bodem / fundering, dan komen de trillingen niet tot in de woning. Fundering loskoppelen van de	

• Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	bovenbouw van de woning. Maatregel aan de bron (het spoor) moet ook bekeken worden. Maatregelen aan de vloer in de constructie. Niet zo eenvoudig en levert ook veel andere problemen op. Conflicten met constructieve samenhang	
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Geen ervaring mee. Bij Zuilen wordt nu een scherm in de grond gemaakt. Nog geen zicht op effect en kosten.	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Overschrijding onder bepaalde voorwaarden moet mogelijk zijn. Kijk bijvoorbeeld naar het achtergrondniveau van de trillingen.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	De mate van hinder in verhouding tot de moeite en kosten die benodigd zijn om de hinder te voorkomen. Een maatregel moet doelmatig zijn.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Geen inzicht in.	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Met richtafstanden en prestatie eisen. Bijvoorbeeld in de vorm van contouren (zoals bij geluid)	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	In Omgevingswet grenswaarden opnemen voor trillingen van treinen zodat bij ontwerp van de woning rekening kan worden gehouden. Wellicht in het Omgevingsplan (bestemmingplan).	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Contouren zodat ik kan zien binnen welke contour een woning ligt en of maatregelen nodig zijn. En zo ja, of die maatregel voldoende is. Bouwwijze: vaste maatregelen zijn wel praktisch voor de bouwer en de toetser. De vraag is of het technisch haalbaar is. Levert een maatregel altijd hetzelfde effect op?	

	Onderzoeksverplichting: ja, bij de aanvraag Omgevingsvergunning. Als woning binnen bepaalde afstand van het spoor, dan trillingsonderzoek om aan te tonen dat voldaan kan worden aan toetsingswaarden. Een verplichting leidt ook tot meer onderzoek en dus meer ervaring met maatregelen in de praktijk.	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Geen verplichting om handhavingsconsequenties aan te verbinden. Wel metingen uitvoeren om gegevens voor de praktijk te verzamelen. Misschien in later stadium als meer ervaring is opgedaan, dan wel naar handhaving gaan. Wellicht moet je een bandbreedte toestaan waarbinnen de trillingssterkte moet liggen in plaats van 1 harde waarde.	
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe projecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Prijs: duurder want maatregelen zijn duur. Realisatie: in begin moeilijker maar na verloop van tijd makkelijker door opbouw ervaring.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?		

Vragenlijst interviews Verkenning Bouwvoorschrift Trillingen

Interview met: Jasper Jansen Werkzaam bij: Giesbers Ontwikkelen en Bouwen

Interviewer: Carel Ostendorf

Datum interview: 9 januari 2017

Vragen voor een aannemer, architect, projectontwikkelaar

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een woning zou (laten) bouwen/ontwerpen/ontwikkelen in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp worden?	Bij initiatief, trillingen staan al op de risicolijst. Bij het bouwen nabij een spoorlijn gaan de alarmbellen rinkelen. De risico afstand is afhankelijk van de locatie en specifieke uitgangspunten. We maken een inschatting.	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap?	Op zoek naar adviseur in de markt voor bijstand. Constructeur in samenwerking met een trillingsadviseur.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Bouwproject in gemeente Breda. Afstand woningen tot spoor 30 – 40 meter. In bestemmingsplanfase. In BP wijziging spelen trillingen geen rol. Gemeente heeft ons erop gewezen dat bij een vergelijkbare situatie, een andere partij een trillingsonderzoek heeft laten uitvoeren. In het ontwerp van de woningen worden allerlei maatregelen afgewogen.	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR B	
Waarom zou je trillingsreducerende maatregelen willen treffen?	Om het wooncomfort te bevorderen/verbeteren. Risico beperking klachten achteraf.	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Maatregelen moeten leiden tot een lager trillingsniveau. De doelmatigheid (functioneel en financieel) moet voldoende zijn.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet	- Financiën: kosten maatregel versus effect	

treffen van maatregelen in het ontwerp?	- Technische mogelijkheden: hoeveel ruimte is er voor maatregelen bijvoorbeeld? Welke ruimte biedt het ontwerp van de woning? Wat past binnen ontwerpeisen?	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Voorkeur: in de bodem (sloot, grond onderbreken). Kan in het landschap worden opgenomen. Behoud vrijheid ontwerp woning. 1^e: keuze vloer: afmetingen, dikte, materiaalkeuze 2^e: EPs blokken, of rubber 3^e: stalen veren	
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Nog geen ervaringen. Wel verwachtingen op basis van prognose. Effect doorgerekende maatregelen blijkt beperkt en niet voor alle soorten treinen even effectief.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Afhankelijk maatregelen: (per woning) EPS: 2 -3 k€ Stalen veren: 10 – 22 k€ Met rubber: 4 – 11 k€ Bij een grotere woonwijk heb je het hier over een investering met een bandbreedte tussen de € 300.000,- en € 2.000.000,-	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Checkpunt bij de aanvraag Omgevingsvergunning. Ligt het bijvoorbeeld binnen 100 meter van het spoor? Wat doe je dan wel/niet aan trillingen en waarom.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	- Bij mijn adviseur. - Ik zoek op internet op “trillingen” en kom dan wellicht op SBR richtlijn. - In het Bouwbesluit is mogelijk omdat daarin staat waaraan je woning moet voldoen, is de kapstok voor het ontwerp. Wellicht is een verwijzing naar SBR richtlijn voldoende.	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan?	Een maximaal trillingsniveau dat ProRail mag veroorzaken. Zone	

• Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	langs het spoor. Eerst de bron moet voldoen aan een toetsingswaarde op maaiveld. Om verantwoordelijkheid te scheiden. Daarna de woning. Bouwwijze: niet alle maatregelen werken in alle situaties, dus nee geen voorschrift. Onderzoeksverplichting: ja. Check bij aanvraag Omgevingsvergunning. Certificaat voor bedrijven die het onderzoek uitvoeren zodat onderzoek voldoende kwaliteit heeft.	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Ja. Risico ligt bij bouwbranche, Wet kwaliteitsborging. Bewijslast vanuit de bouwer. Steekproefsgewijs. Als het niet blijkt te voldoen dan moet onderzocht worden of de uitgangspunten wel gelijk zijn gebleven en moet er onderzocht worden of in alle redelijkheid de trillingen nog gereduceerd kunnen worden.	
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe projecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Mogelijk duurder. Op den duur kunnen de te treffen maatregelen die volgen uit het nieuwe voorschrift, goedkoper worden door ervaringen. Vooralsnog zorgen trillingen voor moeilijkheden maar als er voldoende ervaring is, dan zal het toepassen van de maatregelen op termijn eenvoudiger worden.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Gevolgen van voorschrift trillingen zorgen voor een verhoogd leef comfort van gebruikers van een gebouw. Maatregelen koppelen aan effect van waarneembaarheid. Bijvoorbeeld: o.b.v. de schaal	

	- Niet geïrriteerd - Licht geïrriteerd - Matig geïrriteerd - Geïrriteerd - Sterk geïrriteerd Uitdrukken in percentages hoeveel % van de bevolking bepaalde trillingen nog mag waarnemen bij een treinpassage. Hiermee kom je op een gemiddelde en zal de waarneembaarheid van hoog sensitieve mensen niet als uitgangspunt genomen worden.	
--	---	--

Vragenlijst interviews Verkenning Bouwvoorschrift Trillingen

Interview met: Mark Verkuijlen Werkzaam bij: Van Grunsven Projectontwikkeling

Interviewer: Carel Ostendorf

Datum interview: 9 november 2016

Vragen voor een aannemer, architect, projectontwikkelaar

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een woning zou (laten) bouwen/ontwerpen/ontwikkelen in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp worden?	Op basis van ervaring uit verleden wordt bij risico analyse van project bekeken of trillingen een risico vormen. Dient meteen rekening mee gehouden te worden in ontwerp en opzet van de stichtingskosten. Als geen oplosbaar risico dan geen project. Aanleiding was ander project waar trillingen een probleem vormden.	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap?	Onderzoek uit laten voeren. Rol is verschillend: - Aannemer: praktisch goed kunnen maken tegen redelijke prijs - Verkoper: moet straks garantie kunnen verstrekken dat de woning goed is, juiste woongenot.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Project Lavas. Nu geen echt probleem. Tijdig gesignaleerd. Rekening mee gehouden.	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR B. Was geheel nieuw. Binnen bedrijf ook niet bekend. Eerste eigen ontwikkelproject waar met trillingen op deze manier rekening is gehouden.	
Waarom zou je trillingsreducerende maatregelen willen treffen?	Om te voorkomen dat achteraf bewoners klagen over onvoldoende woongenot en de procedures die daaruit kunnen	

	volgen te voorkomen. Hoewel SBR geen harde wetgeving is, vormt het toch een risico als na de bouw blijkt dat het toch niet goed is.	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Moeilijke vraag. Wat is voldoende laag? Als er wettelijke regelgeving is, dan biedt dat houvast. Kijk naar geluid in BP. Daarin is hogere geluidbelasting onder voorwaarden mogelijk. Af en toe een overschrijding van trillingen is niet te voorkomen. Als je tegen het spoor aan gaat wonen, mag je ook verwachten dat je soms wat voelt. Niks mogen voelen, is ook niet reeel.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Kosten bepalen of een project überhaupt wordt gestart of niet. Trillingen met eventuele maatregelen maken deel uit van deze afweging. Als het project doorgaat en maatregelen zijn voorzien en meegenomen in het financiële plaatje, dan worden ze uitgevoerd.	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Maatregel bij de bron! Net als bij wegverkeer. Als niet: welke maatregel is het meest kosteneffectief? Fundering lijkt dan de beste keus te zijn. Verder nog geen ervaring met maatregelen.	
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien "geen": wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Alleen rekenkundig vanuit het 3D model, nog geen werkelijke omdat de woningen nog gerealiseerd moeten worden.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Ja. Maatregel was niet voorzien. Circa € 13.000 excl. btw per woning. 16 woningen op veren plus extra funderingsvloer/balk. Indien vooraf bekend, dan was grondprijs mogelijk lager geworden. Ontwerpkosten waren echter niet anders geweest.	

Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Als binnen BP een zone zou zijn aangegeven waarbinnen trillingen een risico vormen.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	1. Bestemmingsplan heeft voorkeur 2. Bouwbesluit zou kunnen alleen wanneer van toepassing? Voor alle woningen? Zone opnemen voor onderzoeksverplichting. Bouwbesluit is leidend in het ontwerp van de woning. Vraag is of voorschrift dan niet te laat is. Ontwikkelaar moet er eigenlijk al rekening mee houden.	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Bouwwijze want dan weet ik als aannemer wat ik moet doen, geen risico meer. Maar is nobel streven maar praktijk is weerbarstig want effect bouwwijze is niet overal hetzelfde. Trillingsniveau is bruikbaar. Maar hoe toetsen/handhaven? Onderzoeksverplichting: legt de bal bij de ontwikkelaar/bouwer. Zou eigenlijk overheidszaak moeten zijn want het gaat om gezondheid bewoners. Idee: Kaart van NL met risicogebieden trillingen zodat iedereen weet waar trillingen een risico vormen. Per gebied aangeven welke maatregelen effectief zijn. Koppelen aan Ruimtelijke Plannen. Kan ontwikkelaar dan direct rekening meehouden.	Idee past bij sessie RIVM 18 oktober jl.
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Lastig. Zijn prognoses voldoende zeker? Dan controle wellicht zinvol. Wat te doen als het uiteindelijk niet voldoet? Wie draagt het risico/kosten voor verbetering of compensatie?	Er treedt grote spreiding op in trillingsniveaus van trainen waardoor een oplevertoets moeilijker is uit te voeren dan een simpele voor-na vergelijking.

	Controle op uitvoering akkoord. Heb je het gemaakt zoals ontworpen? Net zoals EPC in 2018 in Bouwbesluit. Maar als effect tegenvalt, dan is het jammer. Model blijkt dan niet goed genoeg?	Bij de BTS lopen we ook tegen dat probleem op.
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe projecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Wij houden nu al rekening met trillingen in onze projecten. Als het collectief wordt toegepast dan kunnen door schaalvergroting en opbouw expertise maatregelen, de projecten uiteindelijk wel goedkoper worden. Alleen komen tot schaalvergroting en expertise kost wel extra geld. Ten opzichte van niks doen (geen voorschrift, geen maatregel), is het natuurlijk duurder.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Bij wie ligt de verantwoording van de trillingen? Bij ProRail? Bij de overheid? Landelijk/regionale overheid? Bij de bouwer?	

Vragen voor overige deelnemers

Arnoud Scheltema (industrieel ontwerper)

Stichting SPOORHINDER

vertegenwoordigt 1000 gezinnen langs IJssellijn Elst – Deventer, geluid en trillingen

Postadres: Arnhemsestraatweg 237

6991AL, Rheden

Tel: 026 3702626

vervuiler moet betalen,

Her-routing, fundatie spoor, zorgvuldige langdurige planning en die vasthouden. Probleem bij vervuiler houden.

Oplossingen in de bouw: veel partijen betrokken, consument op kosten

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een woningbouwplan onder ogen krijgt in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp moeten worden?	In zo vroeg mogelijk stadium in planologie. Gegevens van de slechte treinen gebruiken. Via database grondsoorten/treinen. Tot circa 80 m bij Betuwe route uit de rails	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap en vanuit welke rol zet je die stap?	Planning beginnen, Prorail moet goede fundatie aanleggen, er zijn goede mogelijkheden. Meten op locatie, bewoners informeren. Gebruik van sensoren in elke telefoon, veel data, openbaar maken (democratisering) , meer druk kunnen uitoefenen op Prorail.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien “geen”: wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Leden van Spoorhinder klagen veel, bv bij spoorovergang en brandweerkazerne. Ook na nemen van maatregelen (dikkere vloeren) blijven klachten.	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR/burgerlijk wetboek/DIN/ Bij een betonfabriek moesten maatregelen genomen worden, bij een veel ergere trein kan niks worden afgedwongen. Bewoners worden minder tolerant, mensen pikken niet alles meer, normen moeten overeenkomstig strenger.	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een	Kan helaas niet anders. Maar meer kennis inbrengen. Bv niet bouwen binnen 60 tot 80	

voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	meter. Tussen wetgeving en uitvoering is wel een groot verschil. Ja, overschrijding kan wel maar niet te ruim. Voorwaarden en beoordeling moeten streng zijn. 95% moet het bv goed vinden.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Wanneer meetbare hinder ontstaat.	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	In volgorde van belangrijkheid 1- Hinder trainen 2- Her-routing 3- Fundering spoor 4- Grondmaatregelen (overdracht) 5- Woning maatregelen (o.a. hoogte beperking)	
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien "geen": wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Eigen woning: buig slappe tegels op 1,5 meter diep, werkt wel maar beperkt. Garage met veel massa naast woning, dempte trillingen beter.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Woningen worden duurder, alleen al door het feit dat het anders is. Leidt door variëteit aan vele partijen die betrokken zijn bij woningbouw tot hogere kosten. Prorail als vervuiler zou moeten betalen.	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Kan goed. Database met metingen kan voor nieuwe bewoners ook nuttig zijn. Eerst via bestemmingsplan, hoogte, meten trillingen, resultaat verplichting. Bouwmaatregelen in handreiking opnemen. In ieder geval wetgeving. Betonplaten als ondergrond verdeelt krachten, vermindert trillingen. Niet problemen bij bouw maar bij spoor leggen.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	(aangescherpte) SBR norm, nieuwe omstandigheden hierbij betrekken.	
Wat zou er in het voorschrift moeten	SBR (aangepast) met hulpmiddel van bouwmogelijkheden. En onderzoeksverplichting	

staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	(voor en na).	
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	Wetswijziging.	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Ja.	
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe woningbouwprojecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Spooraanleg wordt duurder (bij vernieuwen en onderhoud). Dit altijd in bewoonde gebieden doen. Extra dilataties, dikkere vloeren, etc. Maar meerprijs wordt waarschijnlijk bij de koper gelegd.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Maatregelen bij spoor of woning: beginnen bij het spoor.	

Vragen voor overige deelnemers

Tryfon Roelofs 5 jaar bij prorail, 2 jaar trillingen, intern programma trillingen en aanspraakpunt I&M, stuurgroep trillingen.

Vakspecialist omgevingseffecten

Afdeling Leefomgeving, Juridische zaken & Vastgoed

☎ 088 231 6019 / ☎ 06 316 434 58

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een woningbouwplan onder ogen krijgt in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp moeten worden?	Als woningbouwplan ligt binnen 200 meter van spoor dan mogelijk relevant en onderzoeken.	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap en vanuit welke rol zet je die stap?	Trillingen meegenomen in ontwerp? Voldoende? Zienswijze bij onvoldoende waarborg. Doel: Veiligstellen van eigen werkzaamheden door zo min mogelijk hinder te veroorzaken voor de bewoners. Valt onder zorgplicht van Prorail en ook de bouwer.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien “geen”: wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Verschillende voorbeelden van onvoldoende tot voldoende. Hinder kan zich ook in de loop van de tijd openbaren. Onduidelijkheid in wet en regelgeving wordt als probleem ervaren. Richtlijn is onvoldoende.	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR (woningbouw), voor spoor uitbreiding BTS	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	SBR geeft een goede richtlijn, maar afwijkingen zijn in beperkte mate mogelijk. Bv nieuwbouw onderscheiden tov bestaand, of juist: als je de mogelijkheid hebt, doe er dan ook wat mee.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Kosten afweging waarschijnlijk, niet in directe belang van Prorail	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp?	Stijfheid muren, vloeren, bodem, fundering: totaal plaatje beschouwen	

• Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem		
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Aan woningen niet. Oudere woningen met houten vloeren geven wel opslingeren van verdiepingvloeren. Een “standard huis” introduceren in vergelijking met standaard nagalmtijd.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Ja, maar geen idee hoeveel.	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Meer duidelijkheid wordt gewaardeerd: door bouwer en bewoner. Ook voor Prorail duidelijke scheiding van verantwoordelijkheden.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	Geen idee	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Uitgaan van een goede woning waarmee goede ervaring zijn gedaan. Niveau van de fundering is verantwoordelijkheid Prorail/I&M, in de woning voor de bouwer.	
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	Geen idee	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Ja.	
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe woningbouwprojecten?	Waarschijnlijk duurder. Geen directe problemen voor Prorail. Wel anticiperen op nieuwe regelgeving, spoor goed onderhouden. Hier geen eisen aan.	

• Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom		
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Geen toevoegingen.	

Vragenlijst ingevuld door Jeroen van Bunschoten, Instituut voor Bouwkwiteit, op 4 november 2016

Aanvullend telefonisch gesproken door Carel Ostendorf op 7 november 2016

Vragen voor een beleidsmaker, bouwplantoetser, gemeente ambtenaar

Vraag	Antwoord 4 november 2016	Aantekening interviewer 7 november 2016
Stel dat je een bouwplan zou (laten) beoordelen in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in de beoordeling moeten worden?	Te laat, als dit pas bij de bouwplantoetsing aan de orde komt. Dit moet al bij de eerste initiatieven van een bouwplan aan de orde komen!	Bestemmingsplan is de aangewezen plaats om risico trillingen te behandelen
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap?	Is geen verantwoordelijkheid van de overheid!	Verantwoordelijkheid hoort bij de initiatiefnemer.
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Geen.	Hoe groot is probleem trillingen? Trillingen spoor is vooral een lokaal probleem, moet door lokale overheid behandeld worden
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	?	
Welke tools gebruik je/ heb je nodig om aspect trillingen te kunnen beoordelen bij nieuwbouw?	-	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Die nodig zijn om trillinghinder te voorkomen.	

Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	-	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Wat is aanvaardbaar bij het gebruik van het bouwwerk?!	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Hinder.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	?	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Is het probleem van trillingen zo groot dat hierin de Rijksoverheid moet optreden door het actief opstellen van beleid? Ik denk dat eerst de maatschappelijke relevantie van het probleem aangetoond moet worden, voordat de vraag gesteld kan worden of hierop iets geregeld moet worden in de bouwregelgeving.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	Hoe ziet het voorschrift er dan uit? Pas dan kan bepaald worden waar dat zou moeten zijn.	Bestemmingsplan (Omgevingsplan) heeft voorkeur. Bouwbesluit (BBL) zou ook kunnen. Consultatie voor wijzigingen 2018 zijn voorbij. Alleen via BZK kan nu nog iets worden toegevoegd.
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	?	Zo min mogelijk directieve regels in Bouwbesluit. Worden mensen lui van. Ze denken dat Bouwbesluit precies moet worden gevolgd terwijl het ook beter of anders kan. BB moet richting gevend zijn.
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	Maatschappelijke relevantie bepalen.	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de	Maatschappelijke relevantie bepalen.	

bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?		
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe projecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Ligt er aan wat de doelstelling is en op welke wijze het voorschrift wordt vormgegeven.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	-	

Vragenlijst interviews Verkenning Bouwvoorschrift Trillingen

Interview met: Bas Wauben Werkzaam bij: Wauben Architects

Interviewer: Carel Ostendorf

Datum interview: 18 november 2016

Vragen voor een aannemer, architect, projectontwikkelaar

Vooraf: architect stelt gebruiker gebouw centraal. Dus de locatie moet zodanig zijn dat de gebruiker zijn gebouw zo optimaal mogelijk kan gebruiken. Trillingen is een belangrijk onderwerp want een locatie met een te hoog trillingsniveau maakt een mooi gebouw onbruikbaar.

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een woning zou (laten) bouwen/ontwerpen/ontwikkelen in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp worden?	Risico op trillingen hoort bij een quick scan van de locatie. Zou vast onderdeel moeten zijn. Hoort te worden opgenomen in ruimtelijke kaders van de omgeving, lees: bestemmingsplan.	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap?	Eerste ontwerp gebouw: geen aandacht voor trillingen. Niet alle externe factoren kunnen leidend zijn voor een architectonisch ontwerp. Na een voorlopig ontwerp kan een eerste analyse plaatsvinden om eventuele problemen in het verdere ontwerpproces met adviseurs en constructeur op te lossen.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Bouwen over en naast het spoor. Trillingsmaatregelen effect in het gebouwen beperkt. Bronmaatregelen zijn effectiever. Maatregelen in de fundering dan ook de voorkeur.	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR richtlijn B, vanuit de adviseur.	
Waarom zou je trillingsreducerende maatregelen willen treffen?	Om te zorgen dat de gebruiker zo goed mogelijk z'n gebouw kan gebruiken. Trillingen is een groot afbreukrisico omdat je na	

	realisatie eigenlijk geen bouwkundige maatregelen meer kunt treffen. Als het tegenvalt, is het moeilijk op te lossen. Een gebouw moet een gezonde en prettige omgeving bieden om te wonen en te werken.	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Afhankelijk gebruiker. Tussen wonen, werken en winkels zit verschil. Bijvoorbeeld 10% overschrijding bij wonen is erger dan 30% bij winkels. Afwijken (overschrijden) moet na afweging mogelijk zijn.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Er bestaat geen harde grens. Als je alles hebt gedaan wat binnen je macht ligt en desondanks niet aan de streefwaarde kunt voldoen, dan wil dat niet zeggen dat een gebouw niet ontwikkeld kan worden. Financiële impact van maatregelen mogen geen argument zijn. Deze kunnen (tot zekere hoogte) worden verrekend met een residueel lagere grondprijs..	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	1. Fundering 2. Vloeren 3. Bodem: is weliswaar dichterbij bron maar ligt wellicht buiten invloedssfeer omdat de grond bijvoorbeeld niet van de eigenaar is.	
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Fundering: bleek effectief genoeg Trillingsisolatoren onder het hele gebouw: wel effectief maar bouwkundig niet inpasbaar Vloeren: niet zo effectief In bodem: constructief niet/moeilijk mogelijk in verband met gronddruk. Had wellicht in een eerder stadium in het ontwerp kunnen worden meegenomen door richting stijfheid van het gebouw anders te kiezen. Ontwerpers moeten in fundament beter rekening gaan houden met risico trillingen.	

Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Ja. Maar, hoe eerder in proces risico inzichtelijk hoe beter je de extra kosten kunt verwerken. Kan wellicht zelfs nagenoeg kostenneutraal.	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Als regelgeving zorgt voor vaste principemaatregelen dan zit het vanaf het begin al in het ontwerp. Dat helpt!	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	Onderzoek op risico vanuit bestemmingsplan Concrete technische voorschriften in Bouwbesluit, hoofdstuk gezondheid.	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Onderzoeksverplichting in BP. Als BP grenst aan spoor of er ligt spoor in BP, dan regel opnemen in BP dat risico op trillingen onderzocht moet worden. In BB een doelvoorschrift opnemen.	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Gewetensvraag! Ja: Je kunt controleren of een maatregel is getroffen. Je kunt tijdens de bouw controleren of het goed wordt aangebracht. Nee: Als 100% controle op voldoen regelgeving wordt, gaan bouwkosten omhoog om risico op niet voldoen af te dekken. Waar ligt verantwoordelijkheid als het niet goed is? Hoe goed is de prognose van de maatregel?	
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe projecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Geldt alleen voor projecten waar trillingen een risico vormen. Voorkant meer advieskosten. Hoe eerder je de maatregel al in het (constructieve) ontwerp kunt meenemen, hoe minder duur het wordt. Op termijn goedkoper want gebouw is voor veel langere termijn goed bruikbaar, minder afbreukrisico. Als gebouw lange tijd niet bruikbaar/verhuurbaar is door te hoog trillingsniveau dan kost het ook veel geld, waarschijnlijk meer.	

	Projecten worden makkelijker te realiseren. Er is meer duidelijkheid dan nu. Effecten en risico's zijn op dit moment vaak onbekend. Als er regelgeving is en meer expertise in maatregelen kunnen in de toekomst meer gebieden in spoorse omgeving worden ontwikkeld die nu vaak blijven liggen.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Er moeten tools komen om doel te kunnen halen. Bijvoorbeeld een aantal standaard maatregelen, een stroomschema van stappen in maatregelen. Afwijken moet kunnen als het op reële wijze niet aan voorschrift kan voldoen. Doelmatigheid (niet alleen financieel) dient ook bij afwijken beoordeeld te worden volgens schema. Vergelijk de watertoets: hemelwater niet lozen op riool tenzij alle tussenstappen niet realiseerbaar zijn.	

Schematisch

1. Risicobepaling dmv bestemmingsplan
 - a. voor bestemmingsplan grenzend aan spoor of met spoor
 - b. en wonen binnen x meter afstand van het spoor → trillingsonderzoek
2. Indien risico → standaardmaatregelen meenemen in ontwerp gebouw
 - a. Zwaardere fundering
 - b. Extra verstijven fundering
 - c. Aanpassen vloerontwerp
3. Berekenen trillingsniveau en beoordelen aan Bouwbesluit
4. Indien niet voldoet aanvullende maatregelen mogelijk?
 - a. Aanvullende maatregelen aan het gebouw
 - b. Maatregelen in de bodem
5. Indien niet mogelijk → ontheffing van voorschrift Bouwbesluit tot wat wel haalbaar is
6. Controle tijdens de bouw op juiste uitvoering maatregelen

Vragenlijst interviews Verkenning Bouwvoorschrift Trillingen

Interview met: Gert Ploeg Werkzaam bij: Gemeente Utrecht (buiteninspecteur en constructeur)

Interviewer: Carel Ostendorf

Datum interview: 10 januari 2017

Vragen voor een beleidsmaker, bouwplantoetser, gemeente ambtenaar

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een bouwplan zou (laten) beoordelen in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in de beoordeling moeten worden?	Afstand tussen spoor en woning kan een maat zijn om te bepalen of trillingen kritisch zijn of niet. Ordegrootte afstand kleiner dan 50 meter is kritisch.	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap?	Bij het verlenen van de Omgevingsvergunning moet trillingen meegenomen worden. Meenemen in de aanvraagprocedure.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Klachten als ze aan het spoor werken. Bij het ontwerp van het RIVM gebouw is wel rekening gehouden met trillingen van de tram (ordegrootte binnen 50 meter afstand)	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR richtlijn A (schade aan gebouw) in verband met bouwen, slopen. Bouwbesluit (slopen, bouwen) vaak gebruikt. Binnen de gemeente 2 handhaafinstructies: 1 ^e over heien (schade) en 2 ^e over hinder (geluid, nachtelijk werk). Daarin zou SBR B (wel bekend, maar niet vaak gebruikt) of Bouwbesluit een plaats kunnen krijgen.	
Welke tools gebruik je/ heb je nodig om aspect trillingen te kunnen beoordelen bij nieuwbouw?	Wat zijn de toetsingswaarden (prestatie-eis)? In welk document kan ik die vinden? Welke maatregelen kunnen getroffen worden? Tot nu toe wijzen we alleen op risico en vragen onderzoek	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp?	Meest effectief is maatregel in de bodem / fundering, dan komen de trillingen niet tot in de woning. Fundering loskoppelen van de	

• Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	bovenbouw van de woning. Maatregel aan de bron (het spoor) moet ook bekeken worden. Maatregelen aan de vloer in de constructie. Niet zo eenvoudig en levert ook veel andere problemen op. Conflicten met constructieve samenhang	
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Geen ervaring mee. Bij Zuilen wordt nu een scherm in de grond gemaakt. Nog geen zicht op effect en kosten.	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Overschrijding onder bepaalde voorwaarden moet mogelijk zijn. Kijk bijvoorbeeld naar het achtergrondniveau van de trillingen.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	De mate van hinder in verhouding tot de moeite en kosten die benodigd zijn om de hinder te voorkomen. Een maatregel moet doelmatig zijn.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Geen inzicht in.	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Met richtafstanden en prestatie eisen. Bijvoorbeeld in de vorm van contouren (zoals bij geluid)	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	In Omgevingswet grenswaarden opnemen voor trillingen van treinen zodat bij ontwerp van de woning rekening kan worden gehouden. Wellicht in het Omgevingsplan (bestemmingplan).	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Contouren zodat ik kan zien binnen welke contour een woning ligt en of maatregelen nodig zijn. En zo ja, of die maatregel voldoende is. Bouwwijze: vaste maatregelen zijn wel praktisch voor de bouwer en de toetser. De vraag is of het technisch haalbaar is. Levert een maatregel altijd hetzelfde effect op?	

	Onderzoeksverplichting: ja, bij de aanvraag Omgevingsvergunning. Als woning binnen bepaalde afstand van het spoor, dan trillingsonderzoek om aan te tonen dat voldaan kan worden aan toetsingswaarden. Een verplichting leidt ook tot meer onderzoek en dus meer ervaring met maatregelen in de praktijk.	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Geen verplichting om handhavingsconsequenties aan te verbinden. Wel metingen uitvoeren om gegevens voor de praktijk te verzamelen. Misschien in later stadium als meer ervaring is opgedaan, dan wel naar handhaving gaan. Wellicht moet je een bandbreedte toestaan waarbinnen de trillingssterkte moet liggen in plaats van 1 harde waarde.	
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe projecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Prijs: duurder want maatregelen zijn duur. Realisatie: in begin moeilijker maar na verloop van tijd makkelijker door opbouw ervaring.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?		

Vragenlijst interviews Verkenning Bouwvoorschrift Trillingen

Interview met: Jasper Jansen Werkzaam bij: Giesbers Ontwikkelen en Bouwen

Interviewer: Carel Ostendorf

Datum interview: 9 januari 2017

Vragen voor een aannemer, architect, projectontwikkelaar

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een woning zou (laten) bouwen/ontwerpen/ontwikkelen in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp worden?	Bij initiatief, trillingen staan al op de risicolijst. Bij het bouwen nabij een spoorlijn gaan de alarmbellen rinkelen. De risico afstand is afhankelijk van de locatie en specifieke uitgangspunten. We maken een inschatting.	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap?	Op zoek naar adviseur in de markt voor bijstand. Constructeur in samenwerking met een trillingsadviseur.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Bouwproject in gemeente Breda. Afstand woningen tot spoor 30 – 40 meter. In bestemmingsplanfase. In BP wijziging spelen trillingen geen rol. Gemeente heeft ons erop gewezen dat bij een vergelijkbare situatie, een andere partij een trillingsonderzoek heeft laten uitvoeren. In het ontwerp van de woningen worden allerlei maatregelen afgewogen.	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR B	
Waarom zou je trillingsreducerende maatregelen willen treffen?	Om het wooncomfort te bevorderen/verbeteren. Risico beperking klachten achteraf.	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Maatregelen moeten leiden tot een lager trillingsniveau. De doelmatigheid (functioneel en financieel) moet voldoende zijn.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet	- Financiën: kosten maatregel versus effect	

treffen van maatregelen in het ontwerp?	- Technische mogelijkheden: hoeveel ruimte is er voor maatregelen bijvoorbeeld? Welke ruimte biedt het ontwerp van de woning? Wat past binnen ontwerpeisen?	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Voorkeur: in de bodem (sloot, grond onderbreken). Kan in het landschap worden opgenomen. Behoud vrijheid ontwerp woning. 1^e: keuze vloer: afmetingen, dikte, materiaalkeuze 2^e: EPs blokken, of rubber 3^e: stalen veren	
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Nog geen ervaringen. Wel verwachtingen op basis van prognose. Effect doorgerekende maatregelen blijkt beperkt en niet voor alle soorten treinen even effectief.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Afhankelijk maatregelen: (per woning) EPS: 2 -3 k€ Stalen veren: 10 – 22 k€ Met rubber: 4 – 11 k€ Bij een grotere woonwijk heb je het hier over een investering met een bandbreedte tussen de € 300.000,- en € 2.000.000,-	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Checkpunt bij de aanvraag Omgevingsvergunning. Ligt het bijvoorbeeld binnen 100 meter van het spoor? Wat doe je dan wel/niet aan trillingen en waarom.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	- Bij mijn adviseur. - Ik zoek op internet op “trillingen” en kom dan wellicht op SBR richtlijn. - In het Bouwbesluit is mogelijk omdat daarin staat waaraan je woning moet voldoen, is de kapstok voor het ontwerp. Wellicht is een verwijzing naar SBR richtlijn voldoende.	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan?	Een maximaal trillingsniveau dat ProRail mag veroorzaken. Zone	

• Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	langs het spoor. Eerst de bron moet voldoen aan een toetsingswaarde op maaiveld. Om verantwoordelijkheid te scheiden. Daarna de woning. Bouwwijze: niet alle maatregelen werken in alle situaties, dus nee geen voorschrift. Onderzoeksverplichting: ja. Check bij aanvraag Omgevingsvergunning. Certificaat voor bedrijven die het onderzoek uitvoeren zodat onderzoek voldoende kwaliteit heeft.	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Ja. Risico ligt bij bouwbranche, Wet kwaliteitsborging. Bewijslast vanuit de bouwer. Steekproefsgewijs. Als het niet blijkt te voldoen dan moet onderzocht worden of de uitgangspunten wel gelijk zijn gebleven en moet er onderzocht worden of in alle redelijkheid de trillingen nog gereduceerd kunnen worden.	
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe projecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Mogelijk duurder. Op den duur kunnen de te treffen maatregelen die volgen uit het nieuwe voorschrift, goedkoper worden door ervaringen. Vooralsnog zorgen trillingen voor moeilijkheden maar als er voldoende ervaring is, dan zal het toepassen van de maatregelen op termijn eenvoudiger worden.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Gevolgen van voorschrift trillingen zorgen voor een verhoogd leef comfort van gebruikers van een gebouw. Maatregelen koppelen aan effect van waarneembaarheid. Bijvoorbeeld: o.b.v. de schaal	

	- Niet geïrriteerd - Licht geïrriteerd - Matig geïrriteerd - Geïrriteerd - Sterk geïrriteerd Uitdrukken in percentages hoeveel % van de bevolking bepaalde trillingen nog mag waarnemen bij een treinpassage. Hiermee kom je op een gemiddelde en zal de waarneembaarheid van hoog sensitieve mensen niet als uitgangspunt genomen worden.	
--	---	--

Vragenlijst interviews Verkenning Bouwvoorschrift Trillingen

Interview met: Mark Verkuijlen Werkzaam bij: Van Grunsven Projectontwikkeling

Interviewer: Carel Ostendorf

Datum interview: 9 november 2016

Vragen voor een aannemer, architect, projectontwikkelaar

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een woning zou (laten) bouwen/ontwerpen/ontwikkelen in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp worden?	Op basis van ervaring uit verleden wordt bij risico analyse van project bekeken of trillingen een risico vormen. Dient meteen rekening mee gehouden te worden in ontwerp en opzet van de stichtingskosten. Als geen oplosbaar risico dan geen project. Aanleiding was ander project waar trillingen een probleem vormden.	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap?	Onderzoek uit laten voeren. Rol is verschillend: - Aannemer: praktisch goed kunnen maken tegen redelijke prijs - Verkoper: moet straks garantie kunnen verstrekken dat de woning goed is, juiste woongenot.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Project Lavas. Nu geen echt probleem. Tijdig gesignaleerd. Rekening mee gehouden.	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR B. Was geheel nieuw. Binnen bedrijf ook niet bekend. Eerste eigen ontwikkelproject waar met trillingen op deze manier rekening is gehouden.	
Waarom zou je trillingsreducerende maatregelen willen treffen?	Om te voorkomen dat achteraf bewoners klagen over onvoldoende woongenot en de procedures die daaruit kunnen	

	volgen te voorkomen. Hoewel SBR geen harde wetgeving is, vormt het toch een risico als na de bouw blijkt dat het toch niet goed is.	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Moeilijke vraag. Wat is voldoende laag? Als er wettelijke regelgeving is, dan biedt dat houvast. Kijk naar geluid in BP. Daarin is hogere geluidbelasting onder voorwaarden mogelijk. Af en toe een overschrijding van trillingen is niet te voorkomen. Als je tegen het spoor aan gaat wonen, mag je ook verwachten dat je soms wat voelt. Niks mogen voelen, is ook niet reeel.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Kosten bepalen of een project überhaupt wordt gestart of niet. Trillingen met eventuele maatregelen maken deel uit van deze afweging. Als het project doorgaat en maatregelen zijn voorzien en meegenomen in het financiële plaatje, dan worden ze uitgevoerd.	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Maatregel bij de bron! Net als bij wegverkeer. Als niet: welke maatregel is het meest kosteneffectief? Fundering lijkt dan de beste keus te zijn. Verder nog geen ervaring met maatregelen.	
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien "geen": wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Alleen rekenkundig vanuit het 3D model, nog geen werkelijke omdat de woningen nog gerealiseerd moeten worden.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Ja. Maatregel was niet voorzien. Circa € 13.000 excl. btw per woning. 16 woningen op veren plus extra funderingsvloer/balk. Indien vooraf bekend, dan was grondprijs mogelijk lager geworden. Ontwerpkosten waren echter niet anders geweest.	

Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Als binnen BP een zone zou zijn aangegeven waarbinnen trillingen een risico vormen.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	1. Bestemmingsplan heeft voorkeur 2. Bouwbesluit zou kunnen alleen wanneer van toepassing? Voor alle woningen? Zone opnemen voor onderzoeksverplichting. Bouwbesluit is leidend in het ontwerp van de woning. Vraag is of voorschrift dan niet te laat is. Ontwikkelaar moet er eigenlijk al rekening mee houden.	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Bouwwijze want dan weet ik als aannemer wat ik moet doen, geen risico meer. Maar is nobel streven maar praktijk is weerbarstig want effect bouwwijze is niet overal hetzelfde. Trillingsniveau is bruikbaar. Maar hoe toetsen/handhaven? Onderzoeksverplichting: legt de bal bij de ontwikkelaar/bouwer. Zou eigenlijk overheidszaak moeten zijn want het gaat om gezondheid bewoners. Idee: Kaart van NL met risicogebieden trillingen zodat iedereen weet waar trillingen een risico vormen. Per gebied aangeven welke maatregelen effectief zijn. Koppelen aan Ruimtelijke Plannen. Kan ontwikkelaar dan direct rekening meehouden.	Idee past bij sessie RIVM 18 oktober jl.
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Lastig. Zijn prognoses voldoende zeker? Dan controle wellicht zinvol. Wat te doen als het uiteindelijk niet voldoet? Wie draagt het risico/kosten voor verbetering of compensatie?	Er treedt grote spreiding op in trillingsniveaus van trainen waardoor een oplevertoets moeilijker is uit te voeren dan een simpele voor-na vergelijking.

	Controle op uitvoering akkoord. Heb je het gemaakt zoals ontworpen? Net zoals EPC in 2018 in Bouwbesluit. Maar als effect tegenvalt, dan is het jammer. Model blijkt dan niet goed genoeg?	Bij de BTS lopen we ook tegen dat probleem op.
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe projecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Wij houden nu al rekening met trillingen in onze projecten. Als het collectief wordt toegepast dan kunnen door schaalvergroting en opbouw expertise maatregelen, de projecten uiteindelijk wel goedkoper worden. Alleen komen tot schaalvergroting en expertise kost wel extra geld. Ten opzichte van niks doen (geen voorschrift, geen maatregel), is het natuurlijk duurder.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Bij wie ligt de verantwoording van de trillingen? Bij ProRail? Bij de overheid? Landelijk/regionale overheid? Bij de bouwer?	

Vragen voor overige deelnemers

Arnoud Scheltema (industrieel ontwerper)

Stichting SPOORHINDER

vertegenwoordigt 1000 gezinnen langs IJssellijn Elst – Deventer, geluid en trillingen

Postadres: Arnhemsestraatweg 237

6991AL, Rheden

Tel: 026 3702626

vervuiler moet betalen,

Her-routing, fundatie spoor, zorgvuldige langdurige planning en die vasthouden. Probleem bij vervuiler houden.

Oplossingen in de bouw: veel partijen betrokken, consument op kosten

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een woningbouwplan onder ogen krijgt in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp moeten worden?	In zo vroeg mogelijk stadium in planologie. Gegevens van de slechte treinen gebruiken. Via database grondsoorten/treinen. Tot circa 80 m bij Betuwe route uit de rails	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap en vanuit welke rol zet je die stap?	Planning beginnen, Prorail moet goede fundatie aanleggen, er zijn goede mogelijkheden. Meten op locatie, bewoners informeren. Gebruik van sensoren in elke telefoon, veel data, openbaar maken (democratisering) , meer druk kunnen uitoefenen op Prorail.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien “geen”: wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Leden van Spoorhinder klagen veel, bv bij spoorovergang en brandweerkazerne. Ook na nemen van maatregelen (dikkere vloeren) blijven klachten.	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR/burgerlijk wetboek/DIN/ Bij een betonfabriek moesten maatregelen genomen worden, bij een veel ergere trein kan niks worden afgedwongen. Bewoners worden minder tolerant, mensen pikken niet alles meer, normen moeten overeenkomstig strenger.	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een	Kan helaas niet anders. Maar meer kennis inbrengen. Bv niet bouwen binnen 60 tot 80	

voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	meter. Tussen wetgeving en uitvoering is wel een groot verschil. Ja, overschrijding kan wel maar niet te ruim. Voorwaarden en beoordeling moeten streng zijn. 95% moet het bv goed vinden.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Wanneer meetbare hinder ontstaat.	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	In volgorde van belangrijkheid 1- Hinder trainen 2- Her-routing 3- Fundering spoor 4- Grondmaatregelen (overdracht) 5- Woning maatregelen (o.a. hoogte beperking)	
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien "geen": wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Eigen woning: buig slappe tegels op 1,5 meter diep, werkt wel maar beperkt. Garage met veel massa naast woning, dempte trillingen beter.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Woningen worden duurder, alleen al door het feit dat het anders is. Leidt door variëteit aan vele partijen die betrokken zijn bij woningbouw tot hogere kosten. Prorail als vervuiler zou moeten betalen.	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Kan goed. Database met metingen kan voor nieuwe bewoners ook nuttig zijn. Eerst via bestemmingsplan, hoogte, meten trillingen, resultaat verplichting. Bouwmaatregelen in handreiking opnemen. In ieder geval wetgeving. Betonplaten als ondergrond verdeelt krachten, vermindert trillingen. Niet problemen bij bouw maar bij spoor leggen.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	(aangescherpte) SBR norm, nieuwe omstandigheden hierbij betrekken.	
Wat zou er in het voorschrift moeten	SBR (aangepast) met hulpmiddel van bouwmogelijkheden. En onderzoeksverplichting	

staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	(voor en na).	
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	Wetswijziging.	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Ja.	
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe woningbouwprojecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Spooraanleg wordt duurder (bij vernieuwen en onderhoud). Dit altijd in bewoonde gebieden doen. Extra dilataties, dikkere vloeren, etc. Maar meerprijs wordt waarschijnlijk bij de koper gelegd.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Maatregelen bij spoor of woning: beginnen bij het spoor.	

Vragen voor overige deelnemers

Tryfon Roelofs 5 jaar bij prorail, 2 jaar trillingen, intern programma trillingen en aanspraakpunt I&M, stuurgroep trillingen.

Vakspecialist omgevingseffecten

Afdeling Leefomgeving, Juridische zaken & Vastgoed

☎ 088 231 6019 / ☎ 06 316 434 58

Vraag	Antwoord	Aantekening interviewer
Stel dat je een woningbouwplan onder ogen krijgt in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp moeten worden?	Als woningbouwplan ligt binnen 200 meter van spoor dan mogelijk relevant en onderzoeken.	
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap en vanuit welke rol zet je die stap?	Trillingen meegenomen in ontwerp? Voldoende? Zienswijze bij onvoldoende waarborg. Doel: Veiligstellen van eigen werkzaamheden door zo min mogelijk hinder te veroorzaken voor de bewoners. Valt onder zorgplicht van Prorail en ook de bouwer.	
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien “geen”: wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Verschillende voorbeelden van onvoldoende tot voldoende. Hinder kan zich ook in de loop van de tijd openbaren. Onduidelijkheid in wet en regelgeving wordt als probleem ervaren. Richtlijn is onvoldoende.	
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR (woningbouw), voor spoor uitbreiding BTS	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	SBR geeft een goede richtlijn, maar afwijkingen zijn in beperkte mate mogelijk. Bv nieuwbouw onderscheiden tov bestaand, of juist: als je de mogelijkheid hebt, doe er dan ook wat mee.	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Kosten afweging waarschijnlijk, niet in directe belang van Prorail	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp?	Stijfheid muren, vloeren, bodem, fundering: totaal plaatje beschouwen	

• Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem		
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Aan woningen niet. Oudere woningen met houten vloeren geven wel opslingeren van verdiepingvloeren. Een “standard huis” introduceren in vergelijking met standaard nagalmtijd.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Ja, maar geen idee hoeveel.	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Meer duidelijkheid wordt gewaardeerd: door bouwer en bewoner. Ook voor Prorail duidelijke scheiding van verantwoordelijkheden.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	Geen idee	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Uitgaan van een goede woning waarmee goede ervaring zijn gedaan. Niveau van de fundering is verantwoordelijkheid Prorail/I&M, in de woning voor de bouwer.	
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	Geen idee	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Ja.	
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe woningbouwprojecten?	Waarschijnlijk duurder. Geen directe problemen voor Prorail. Wel anticiperen op nieuwe regelgeving, spoor goed onderhouden. Hier geen eisen aan.	

• Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom		
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Geen toevoegingen.	

Vragenlijst ingevuld door Jeroen van Bunschoten, Instituut voor Bouwkwiteit, op 4 november 2016

Aanvullend telefonisch gesproken door Carel Ostendorf op 7 november 2016

Vragen voor een beleidsmaker, bouwplantoetser, gemeente ambtenaar

Vraag	Antwoord 4 november 2016	Aantekening interviewer 7 november 2016
Stel dat je een bouwplan zou (laten) beoordelen in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in de beoordeling moeten worden?	Te laat, als dit pas bij de bouwplantoetsing aan de orde komt. Dit moet al bij de eerste initiatieven van een bouwplan aan de orde komen!	Bestemmingsplan is de aangewezen plaats om risico trillingen te behandelen
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap?	Is geen verantwoordelijkheid van de overheid!	Verantwoordelijkheid hoort bij de initiatiefnemer.
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Geen.	Hoe groot is probleem trillingen? Trillingen spoor is vooral een lokaal probleem, moet door lokale overheid behandeld worden
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	?	
Welke tools gebruik je/ heb je nodig om aspect trillingen te kunnen beoordelen bij nieuwbouw?	-	
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Die nodig zijn om trillinghinder te voorkomen.	

Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	-	
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Wat is aanvaardbaar bij het gebruik van het bouwwerk?!	
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Hinder.	
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	?	
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Is het probleem van trillingen zo groot dat hierin de Rijksoverheid moet optreden door het actief opstellen van beleid? Ik denk dat eerst de maatschappelijke relevantie van het probleem aangetoond moet worden, voordat de vraag gesteld kan worden of hierop iets geregeld moet worden in de bouwregelgeving.	
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	Hoe ziet het voorschrift er dan uit? Pas dan kan bepaald worden waar dat zou moeten zijn.	Bestemmingsplan (Omgevingsplan) heeft voorkeur. Bouwbesluit (BBL) zou ook kunnen. Consultatie voor wijzigingen 2018 zijn voorbij. Alleen via BZK kan nu nog iets worden toegevoegd.
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	?	Zo min mogelijk directieve regels in Bouwbesluit. Worden mensen lui van. Ze denken dat Bouwbesluit precies moet worden gevolgd terwijl het ook beter of anders kan. BB moet richting gevend zijn.
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	Maatschappelijke relevantie bepalen.	
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de	Maatschappelijke relevantie bepalen.	

bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?		
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe projecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Ligt er aan wat de doelstelling is en op welke wijze het voorschrift wordt vormgegeven.	
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	-	

Vragen voor overige deelnemers

Mark de Pooter, gemeente Breda, aldaar werkzaam voor 9 jaar, adviseur geluid. Daarvoor heeft Mark bij een klein adviesbureau gewerkt. Momenteel bezig met uitbreiding van zijn werkzaamheden naar de beleidskant. Werkgebieden: HSL, geluidkaarten, zonering, evenementen. Op het gebied van trillingen speelt er niet veel, enkele drempels en bussen. In Breda zijn 5 klachten trillingen/geluid waarbij een trein betrokken is. Hiervan is waarschijnlijk slechts een klacht echt over trillingen, maar wel op een afstand van 300 m.

Vraag	Antwoord
Stel dat je een woningbouwplan onder ogen krijgt in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp moeten worden?	Sinds kort een thema, binnen 50 meter onderzoek uitvoeren.
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap en vanuit welke rol zet je die stap?	Vanuit leef kwaliteit en verkoopbaarheid: keuzes maken voor de ontwikkelaar. Dat begint bij goede voorlichting geven. Geen directe eisen aan hoe, moet de ontwikkelaar zelf een keuze in maken.
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien “geen”: wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Recent met nieuwbouw project. hoge bouwkundige kosten voor maatregelen voor slechts een zeer beperkt aantal treinpassages per dag.
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR-B
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Ideaal onder voelbaarheidsgrens. Maar de plus prijs bepaalt de maatregelen, en hinder blijft voor een gedeelte altijd bestaan. De minst gevoelige mensen zou je idealiter zo dicht mogelijk bij spoor kunnen laten wonen. Mensen moeten zich wel bewust worden hun omgeving en de effecten hiervan op de leef kwaliteit. Daar zijn de toekomstige bewoners ook zelf verantwoordelijk voor. Verantwoordelijkheid ligt ook bij aanbieder van woning, gebeurt nu te weinig. Verplichting aan voorlichting geven?
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	streefwaarde en maximale grenswaarde zouden moeten staan in de wet. Duidelijk houvast voor gebied.
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Bronmaatregelen: waardoor ontstaat de hinder? Welke treinen, welke snelheid? Daar zou mee moeten worden begonnen. Overdrachtsmaatregelen geven nog weinig zekerheid over effectiviteit. Daarna constructieve maatregelen in woning (trillingsvrij opstellen, etc). Gebruiksruimte van spoor vaststellen, dat geeft een bouwvrije zone langs spoor, kan ook op basis van ander

	thema's zoals bijvoorbeeld rekening houden met een bleve.
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien "geen": wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Nog geen praktijk ervaring. Eis in wetgeving voor nameting is wel een must.
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Ja, leidt tot extra kosten 20 tot 30.000 per woning.
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Regels die richting geven die duidelijker zijn dan de algemene term van "leefbaarheid". Als die er zijn, heb je meer handvatten om ontwikkelingen te sturen.
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	Omgevingswet. Maar bouwbesluit sluit beter aan bij bouwen zelf. Maar komt pas in beeld bij bouwaanvraag zelf. Is wat laat, mogelijk in de wet op de ruimtelijke ordening. Liefst zo vroeg mogelijk in het ontwikkel proces als bijzondere bepaling.
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Onderzoeksverplichting op x meter afstand, normen in bouwbesluit opnemen als zijnde trillingsniveaus (SBR geeft voldoende aanknoping). Goede berekeningsmethode is gewenst. Inzicht in mogelijke effecten van constructies als voorbeelden zijn welkom.
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	Combinatie van Wet op de ruimtelijke ordening en bouwbesluit. Of via een/de nieuwe wet
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Ja. Liefst ook voor geluid nameten. Goed voor maatregelen kennis. Kan bewoners zekerheid geven.
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe woningbouwprojecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Wordt duurder. Maar daardoor mogelijk wel beter verkoopbaar. Bij klachten van de eerste bewoners bij te weinig maatregelen wordt de verkoopbaarheid minder.
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Bestaande situaties: kunnen we daar nog wat doen? Wat zou mogelijk zijn?

Vragen voor overige deelnemers

Mark de Pooter, gemeente Breda, aldaar werkzaam voor 9 jaar, adviseur geluid. Daarvoor heeft Mark bij een klein adviesbureau gewerkt. Momenteel bezig met uitbreiding van zijn werkzaamheden naar de beleidskant. Werkgebieden: HSL, geluidkaarten, zonering, evenementen. Op het gebied van trillingen speelt er niet veel, enkele drempels en bussen. In Breda zijn 5 klachten trillingen/geluid waarbij een trein betrokken is. Hiervan is waarschijnlijk slechts een klacht echt over trillingen, maar wel op een afstand van 300 m.

Vraag	Antwoord
Stel dat je een woningbouwplan onder ogen krijgt in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp moeten worden?	Sinds kort een thema, binnen 50 meter onderzoek uitvoeren.
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap en vanuit welke rol zet je die stap?	Vanuit leef kwaliteit en verkoopbaarheid: keuzes maken voor de ontwikkelaar. Dat begint bij goede voorlichting geven. Geen directe eisen aan hoe, moet de ontwikkelaar zelf een keuze in maken.
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien “geen”: wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Recent met nieuwbouw project. hoge bouwkundige kosten voor maatregelen voor slechts een zeer beperkt aantal treinpassages per dag.
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR-B
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Ideaal onder voelbaarheidsgrens. Maar de plus prijs bepaalt de maatregelen, en hinder blijft voor een gedeelte altijd bestaan. De minst gevoelige mensen zou je idealiter zo dicht mogelijk bij spoor kunnen laten wonen. Mensen moeten zich wel bewust worden hun omgeving en de effecten hiervan op de leef kwaliteit. Daar zijn de toekomstige bewoners ook zelf verantwoordelijk voor. Verantwoordelijkheid ligt ook bij aanbieder van woning, gebeurt nu te weinig. Verplichting aan voorlichting geven?
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	streefwaarde en maximale grenswaarde zouden moeten staan in de wet. Duidelijk houvast voor gebied.
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Bronmaatregelen: waardoor ontstaat de hinder? Welke treinen, welke snelheid? Daar zou mee moeten worden begonnen. Overdrachtsmaatregelen geven nog weinig zekerheid over effectiviteit. Daarna constructieve maatregelen in woning (trillingsvrij opstellen, etc). Gebruiksruimte van spoor vaststellen, dat geeft een bouwvrije zone langs spoor, kan ook op basis van ander

	thema's zoals bijvoorbeeld rekening houden met een bleve.
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien "geen": wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Nog geen praktijk ervaring. Eis in wetgeving voor nameting is wel een must.
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Ja, leidt tot extra kosten 20 tot 30.000 per woning.
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Regels die richting geven die duidelijker zijn dan de algemene term van "leefbaarheid". Als die er zijn, heb je meer handvatten om ontwikkelingen te sturen.
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	Omgevingswet. Maar bouwbesluit sluit beter aan bij bouwen zelf. Maar komt pas in beeld bij bouwaanvraag zelf. Is wat laat, mogelijk in de wet op de ruimtelijke ordening. Liefst zo vroeg mogelijk in het ontwikkel proces als bijzondere bepaling.
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Onderzoeksverplichting op x meter afstand, normen in bouwbesluit opnemen als zijnde trillingsniveaus (SBR geeft voldoende aanknoping). Goede berekeningsmethode is gewenst. Inzicht in mogelijke effecten van constructies als voorbeelden zijn welkom.
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	Combinatie van Wet op de ruimtelijke ordening en bouwbesluit. Of via een/de nieuwe wet
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Ja. Liefst ook voor geluid nameten. Goed voor maatregelen kennis. Kan bewoners zekerheid geven.
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe woningbouwprojecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Wordt duurder. Maar daardoor mogelijk wel beter verkoopbaar. Bij klachten van de eerste bewoners bij te weinig maatregelen wordt de verkoopbaarheid minder.
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Bestaande situaties: kunnen we daar nog wat doen? Wat zou mogelijk zijn?

Vragen voor overige deelnemers

Geert Degrande, KU Leuven

Departement Burgerlijke Bouwkunde

- gewoon hoogleraar Faculteit Ingenieurswetenschappen
 - afdelingshoofd van de Afdeling Bouwmechanica
 - subdivisiehoofd van de Subdivisie Bouwmechanica
- Onderzoeksonderwerpen:
- Dynamica van structuren
 - Dynamische grond-structuurinteractie
 - Elastodynamica, golfvoortplanting in poro-elastische media
 - Trillingen in de bebouwde omgeving ten gevolge van verkeer
 - Eindige elementen, randelementen, directe stijfheidsmethode
 - Inverse problemen

Vraag	Antwoord
Stel dat je een woningbouwplan onder ogen krijgt in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp moeten worden?	Tot 700 meter afstand zijn trillingen meetbaar van spoor. Door gebouwconstructie kunnen trillingen op grote afstand gevolgen hebben. Voor een nieuw gebouw is van invloed: toestand spoor, aantal sporen, welk type trein, snelheden, onderhoud van het spoor, afstand, grondkarakteristieken, gebouwkarakteristieken. Bestemming gebouw: personen of ook gevoelige apparatuur? Hoge snelheidslijn door groene hart: horizontale trillingen worden versterkt door slappe grondlagen.
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap en vanuit welke rol zet je die stap?	Rol als universiteit: adviezen voor de bouw metingen uitvoeren, adviseren vooraf, bij problemen weer metingen na bouw uitvoeren. De Universiteit werkt niet echt als adviesbureau. Wat te doen: trilling metingen uitvoeren om bron gegevens vast te leggen (lang genoeg meten).

	Op het spoor kunnen ook maatregelen worden genomen. De bouwheren praten met spoor eigenaar om te bepalen waar het best maatregelen kunnen worden ingevoerd.
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien “geen”: wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Als voorbeelden: ziekenhuizen in ontwerp, kantoren, woning na in gebruik name
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	DIN 40150 of SBR (SBR richtlijnen zijn afgeleid van de DIN)
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	Dit zit al in de richtlijnen, niveau tussen boven en ondergrens geeft hinder maar wordt aanvaardbaar geacht vanwege duur van overschrijding.
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Wat is het effect van de aanwezigheid van spoor op de grondprijs? Mogelijk lagere grondprijs in maatregelen verwerken.
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Bron maatregelen ook meenemen Tuned mass om eigenfrequentie van vloer te dempen Palen isoleren In overdrachtsfeer: slappe of juist stijve wand in de bodem kan werken, kosten zijn hoog. Wand moet wel voldoende diep zijn en op korte afstand van woning. Veel misvattingen in literatuur hierover, wees voorzichtig. Maatregel catalogus: wat is de theorie hierachter, welk frequentie afhankelijk effect?
Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Maatregel aan spoor kan veel effectiever zijn dan maatregel aan een gebouw. Verstijven van vloeren geeft een verhoging van de eigen frequentie, lost dit wat op?
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Hangt ervan af, maatregelen zullen gebouw duurder maken, grondprijs is laag vanwege nabijheid van spoor? Voor een appartementen complex geeft dit weer minder effect (veel woningen op zelfde bodem)
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Is mijn beroep geworden
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden	Geen kennis over

opgenomen?	
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Vastleggen van trillingsniveau op de vloer alleen is onvoldoende want input ligt bij de spoorweg. Trillingsniveau vastleggen op een aantal punten buiten het gebouw. Gebouw heeft geen invloed op inkomend golfveld. Invallend veld zal door gebouw worden omgezet in trillingen van wanden en vloeren. Geen bouwwijze voorschrijven, maar wel voorbeelden van wat beter niet gedaan kan worden.
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	Geen kennis over.
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Ja, liefst ook dus met monitoring van spoor zelf. Ook asset management hierin meenemen.
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe woningbouwprojecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Bewust wording bij ontwerpL: daardoor wordt de leef kwaliteit verhoogd. Ook een verwachtingspatroon uitspreken (bouwer naar gebruiker) zal de hinder kunnen verminderen.
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Geen. Graag het volledige rapport toesturen.

Vragen voor overige deelnemers

Irene van Kamp, senior researcher RIVM; leefomgeving kwaliteit, effecten van geluid - ook LFG, perceptie, ook van trillingen. Binnen KCG: richtlijnen voor windmolens.

Trillingen bij spoor en gezondheid: hinder vaak gerelateerd aan verwachting aan waarde van huis, nog geen direct bewijs voor gezondheidseffecten door trillingen. 's Nachts is de impact van goederentreinen groot. Geen metingen aan trillingen maar wel schattingen via Duitse NLR (Bonn-Keulen) geluid en trillingen gemeten in huis, mensen bemeten o.a. tijdens slaap. Alleen hoogste trillingsniveaus geven ontwaak reacties (mogelijk afhankelijk van type bed).

Vraag	Antwoord
Stel dat je een woningbouwplan onder ogen krijgt in de buurt van het spoor, wanneer zou trillingen dan een onderwerp in het ontwerp moeten worden?	Afstands criterium, bv 300 m. Samen met TNO naar gekeken. 150 m is normaal, maar daarbuiten komt het ook voor. Hoeveelheid goederenverkeer is bepalend.
Als trillingen een relevant item blijkt te zijn, wat is dan je volgende stap en vanuit welke rol zet je die stap?	Naast fysieke maatregelen ook praten met bewoners, verwachtingen, voor en nadelen, ontwikkelingen aangeven (schade, waarde woning)
Welke ervaringen heb je met trillingen als probleem bij nieuwbouw? Indien "geen": wie ken je die wel deze ervaring heeft?	Onderzoek is vaak aan bestaande bouw, dus niet bij nieuwbouw. Toename van hinder bij bestaande woningen is wel een probleem. Arnold Koopman en consorten hebben hier ervaring mee.
Welk toetsingskader is gebruikt (of ken je) voor de beoordeling van de trillingen?	SBR en BTS1/2, welke trillingsmaat is nu het beste: moeilijk te beantwoorden. Vmax of Vper geven ongeveer gelijke correlatie. CargoVibes geeft RMS waarde als beste aan.
Moeten maatregelen altijd leiden tot een voldoende laag trillingsniveau of is een bepaalde mate van overschrijding onder voorwaarden toelaatbaar?	(Gezondheid) hinder: richten op niveaus die meeste mensen hinderen. 100% hindervrij is niet reëel, vergelijkbaar met geluid van ...% ernstig gehinderde voor lief nemen. Grote groepen eerst verzorgen. Daarnaast combineren met voorlichting. Mensen zekerheid bieden over ontwikkelingen. Over onzekerheid vinden mensen zich op en verliezen vertrouwen.
Wat vormt voor jou een grens tussen wel/niet treffen van maatregelen in het ontwerp?	Maatregelen moeten wel werken. Samenspel van maatregelen (samen met goede communicatie) werkt het best. Totale kwaliteit verhogen. Compenseren door onafhankelijk te adviseren wordt veel gevraagd.
Wat voor soort maatregelen zou je mee nemen in de beoordeling van het ontwerp? • Maatregelen aan de vloeren • Maatregelen aan de fundering • Maatregelen in de bodem	Makkelijker aan gebouw dan aan bodem.

Welke ervaringen heb je met de effectiviteit van deze maatregelen? Indien “geen”: wie ken je die wel ervaringen heeft met dit onderwerp?	Irene kent enkele gevallen dat mensen zelf maatregelen hebben genomen. Die zal ze opsturen. Geen kennis over voor en nametingen. Maatregelen aan spoor voor geluid bij overgangen zou wat aan gedaan moeten worden
Leiden de maatregelen tot extra kosten in het ontwerp van de woning en zo ja hoeveel. Zo nee, waarom niet?	Tot gevel voor Prorail wordt veel gebruikt. Maar goede afspraken maken kan goedkoper zijn. Nieuwe projecten zijn kosten voor ontwikkelaar. Maar wat er over het spoor rijdt moet wel duidelijk zijn qua toekomstige ontwikkelingen.
Op welke wijze kan bouwregelgeving jou helpen om het probleem trillingen naar waarde te schatten?	Gebruiksruimte van Prorail, maar ook perceptie vooraf goed communiceren aan gebruikers van gebouwen.
Als er een voorschrift trillingen in de bouwregelgeving zou komen, waar zou dat voorschrift moeten worden opgenomen?	Geen idee
Wat zou er in het voorschrift moeten staan? • Een trillingsniveau? • Een bouwwijze? • Een onderzoeksverplichting?	Techniek alleen is niet voldoende, communicatie is ook belangrijk.
Welke procedure is nodig om dit voorschrift in de bouwregelgeving op te nemen?	In elke fase toekomstige bewoners/belanghebbenden betrokken laten zijn. Dit mogelijk verplicht stellen.
Moet na de realisatie van de woning een controleverplichting worden opgenomen in de bouwregelgeving of aan het voorschrift wordt voldaan?	Bij veel gelijke woningen niet overal meten, maar (beperkte) onderzoekverplichting is heel nuttig.
Welke gevolgen kan een voorschrift trillingen hebben voor nieuwe woningbouwprojecten? • Projecten worden duurder/goedkoper en waarom • Projecten worden makkelijker/moeilijker te realiseren en waarom	Door goede opzet met communicatie ben je beter af dan zonder communicatie. Voorwerk kost meer tijd (geld). Kwaliteit mogelijk wel beter. Daardoor klachten minder en duurzaam. Geen echte kennis van kosten bij bouwproces. Algemeen: vervoer over spoor minder vervuilend dan over de weg.
Wat zou je zelf nog toe willen voegen aan dit interview?	Mensen meenemen in proces, daar voldoende aandacht aan besteden. Hoe geluid en trillingen samenwerken is nog onvoldoende van bekend. Trillingen kunnen wel als bedreigend overkomen.

Eind Rapport van dit onderzoek ontvangt Irene graag.