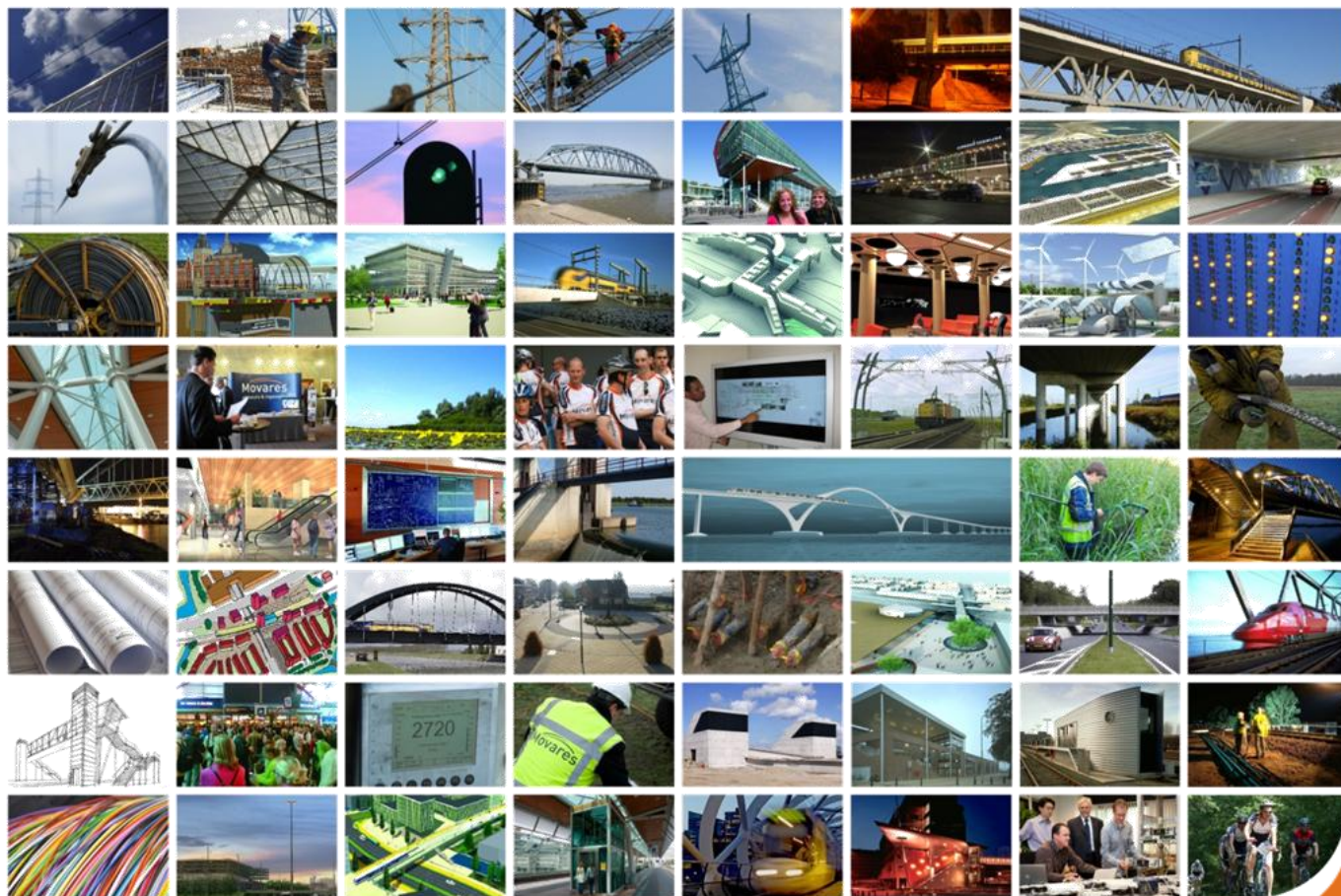




16 oktober 2017- Versie 1.0

Autorisatieblad

HOV Van Zijstweg

Aspect trillingen

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Christodoulou, K		29-06-2017
Gecontroleerd door	Gardien, W		13-10-2017
Vrijgegeven door	Arnold, WJ		16-10-2017

Op dit autorisatieblad ontbreken de handtekeningen wegens de digitale verwerking van ons vrijgaveproces. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Versie historie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting

Inhoudsopgave

Inleiding	3
1 Uitgangspunten trillingsonderzoek	4
1.1 Verkeersintensiteiten	4
1.2 Afstand tot woningen	4
2 Toetsingskader	6
2.1 SBR trillingsrichtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen)	6
2.1.1. Interpretatie toetsingswaarden	6
2.1.2. Uitgangspunten toetsingswaarden	7
2.1.3. Mate van hinderbeleving bij trillingsniveau	8
3 Empirisch prognosemodel	10
3.1 Bepaling maximale trillingssterkte $V_{\max}$	10
3.2 Bepaling maximale trillingssterkte over beoordelingsperiode V_{per}	10
3.3 Betrouwbaarheid trillingsprognose	11
4 Resultaat prognose en beoordeling	13
4.1 Trillingsprognose	13
4.2 Beoordeling trillingsprognose	14
5 Conclusie en advies	17
5.1 Advies	17
Colofon	18

Bijlage I - SBR trillingsrichtlijnen Deel B, hinder

1 Inleiding

Dit rapport behandelt de trillingseffecten van de nieuwe busbaan over de Busbaan Dichterswijk tussen de Croeselaan en de Overste den Oudenlaan tijdens de exploitatiefase.

De aanpak van het onderzoek sluit aan op de aanpak van trillingsonderzoeken zoals die ook voor ProRail worden uitgevoerd bij spooruitbreidingsprojecten. In deze aanpak bestaat een trillingsonderzoek uit verschillende stappen die achtereenvolgens worden doorlopen. De stappen hebben een steeds grotere nauwkeurigheid, waarbij de gewenste nauwkeurigheid het grootst is voor de locaties met de grootste kans op trillingshinder. Het gaat om de volgende stappen:

1. Inventarisatie van locaties waar mogelijk trillingshinder kan optreden, o.b.v. Expert Judgement (quick scan);
2. Knelpunteninventarisatie aan de hand van indicatieve meting en empirische prognose;
3. Nauwkeurige trillingsprognoses voor uitwerken maatregelen;
4. Ontwerpen van maatregelen en afweging van varianten.

Dit rapport bevat stap 1 van bovenstaande stappen, de quick scan. Uit de quick scan volgt op welke locaties eventueel vervolgonderzoek nodig is.

2 Uitgangspunten trillingsonderzoek

2.1 Uitgangspunten

De trillingsbeschouwing is gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- Ligging tracé: Tekening IPvE/FO Busbaan Dichterswijk (B+B), plankaart middenligging, vastgesteld op 06-07-2017.
- Boringen Busbaan Dichterswijk / Dr. M.A. van Tellegenlaan, HOV Zuidradiaal Voorontwerp, Verkennend Bodemonderzoek, 31 augustus 2009
- Dienstregeling Bussen, opgave BRU
- Verkeersintensiteiten overig verkeer, afkomstig uit verkeersmodel Vru3.3
- SBR trillingsrichtlijnen, deel B: hinder voor personen in gebouwen
- Trillingsmeting Movares in universiteitsterrein de Uithof op maaiveld, 3 december 2008
- Trillingsmeting Movares langs Adama van Scheltemabaan uitgevoerd in woning Vaartsestraat, 10-11 mei 2011
- Trillingsmeting Movares langs Adama van Scheltemabaan op maaiveld, 10 maart 2011
- Rapport *HOV Van Zijstweg-Aspect Trillingen*, Wybo Gardien, Movares, D83-WAR-KA-1200045, Versie 1.01.0, 6 februari 2012
- Rapport *Akoestisch onderzoek reconstructie Van Zijstweg en Dr. M.A. Tellegenlaan*, Reinier Balkema, Gemeente Utrecht-Afdeling Expertise Milieu, VL-17-006, 26 mei 2017

2.2 Verkeersintensiteiten

Bussen en vrachtwagens kunnen voor trillingshinder zorgen. Lichte motorvoertuigen geven naar verwachting geen trillingsoverlast. Op basis van eerdere onderzoeken kan gesteld worden dat vrachtwagens en bussen tot een vergelijkbaar trillingsniveau in de woningen leiden. In Tabel 2-1 en Tabel 2-2 staan de gehanteerde verkeersintensiteiten op de Busbaan Dichterswijk en de Adama van Scheltemabaan. De intensiteiten van de Adama van Scheltemabaan zijn opgenomen omdat de trillingsprognose wordt gebaseerd op een referentiemeting bij de Adama van Scheltemabaan (zie hoofdstuk 4).

Tabel 2-1 Verkeersintensiteiten Busbaan Dichterswijk twee richtingen samen

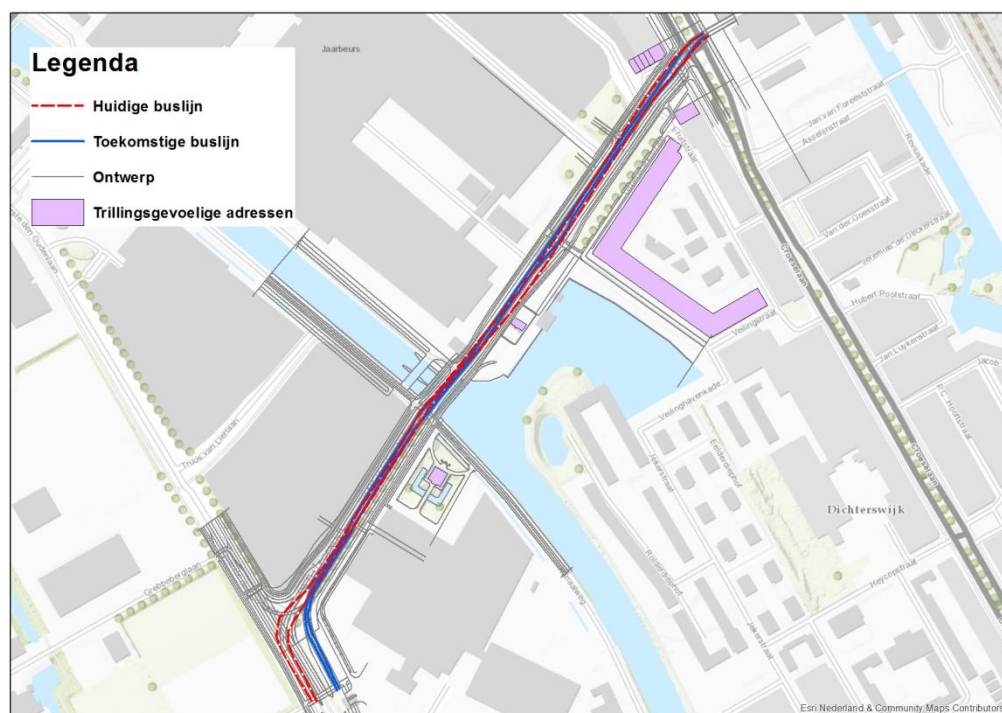
	huidige situatie (2015)			toekomstige situatie (2030)		
	dag (07:00- 19:00)	Avond (19:00- 23:00)	nacht (23:00- 07:00)	dag (07:00- 19:00)	Avond (19:00- 23:00)	nacht (23:00- 07:00)
Bussen	451	59	43	938	194	118
Vrachtwagens	333	20	22	509	44	46

Tabel 2-2 Verkeersintensiteiten huidige situatie Adama van Scheltemabaan

	dag	avond	nacht
Bussen	1530	248	118

2.3 Afstand tot woningen

Trillingen afkomstig van wegverkeer zijn voelbaar in de directe nabijheid van wegen. In de meeste gevallen zijn er op afstanden van meer dan 50 meter geen voelbare trillingen meer aanwezig. Dit betekent dat op de volgende locaties, zie Figuur 2-1, langs de busbaan voelbare trillingen mogelijk zijn. In Tabel 2-3 staan de afstanden van de panden ten opzichte van de huidige weg, de toekomstige busbaan en toekomstige weg.



Figuur 2-1 Huidige en toekomstige buslijn en locatie van trillingsgevoelige adressen

Tabel 2-3 Afstanden van trillingsgevoelige adressen

	afstand weg huidig	afstand busbaan toekomst	afstand weg toekomst
Croeselaan 163	6	9	6
Van Zijsweg 1-17	9	14	11
Croeselaan 181	16	23	17
Appartementengebouwen Groenmarkstraat	31	33	30
Van Zijsweg 51	7	11	8
Kanaalweg 64	36	37	31
Defensieterrein	22	21	14

3 Toetsingskader

3.1 Inleiding

Wegverkeer (zoals buspassages), treinverkeer en bouwwerkzaamheden kunnen aanleiding geven tot trillingen in gebouwen. Deze trillingen kunnen op hun beurt leiden tot schade of hinder. Stichting Bouwresearch (SBR) heeft richtlijnen opgesteld, die criteria geven voor het meten en beoordelen van de trillingssterkte.

Tot op heden zijn deze richtlijnen nog niet vastgelegd in wetgeving, maar de richtlijnen worden veelvuldig toegepast. In gevallen waarbij uiteindelijk de rechter werd ingeschakeld speelde de SBR-richtlijn vaak een belangrijke rol. Ook de Raad van State baseert zich bij zijn oordeelsvorming deels op de richtlijnen ten aanzien van trillingen.

De SBR Richtlijn bestaat uit 3 delen:

- Deel A: Schade aan gebouwen
- Deel B: Hinder voor personen in gebouwen
- Deel C: Verstoring van apparatuur

In dit hoofdstuk wordt het relevante toetsingskader van de SBR-richtlijnen voor dit project toegelicht. Verkeerstrillingen leiden normaal gesproken niet tot schade aan gebouwen, en voor zover bekend is er in de omgeving van de busbaan geen trillingsgevoelige apparatuur aanwezig. Het gaat hier om personen in woningen die mogelijk hinder hebben van trillingen. De toegepaste richtlijn is daarom SBR trillingsrichtlijn deel B.

3.2 SBR trillingsrichtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen)

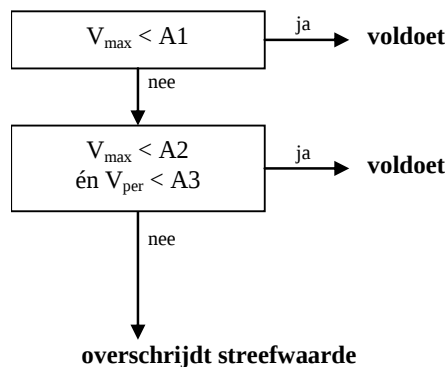
De SBR trillingsrichtlijn deel B wordt gebruikt om de toetsingswaarden ten aanzien van de trillingssterkte te bepalen. In bijlage I wordt de richtlijn toegelicht.

Bij de richtlijn zijn er 3 verschillende toetsingswaarden gedefinieerd. De drie toetsingswaarden hebben de volgende betekenis:

toetsingswaarde	betekenis
A1	Onderste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$
A2	Bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte $V_{\max}$
A3	Streefwaarde voor de trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} . De V_{per} wordt groter naarmate de trilling vaker per uur optreedt.

3.2.1. Interpretatie toetsingswaarden

Voor het beoordelen van de gemeten $V_{\max}$ moet het schema in Figuur 3-1 worden doorlopen. Wanneer de gemeten waarde lager uitvalt dan A1, voldoet de locatie. Wanneer dit niet het geval is, kan via een tweede mogelijkheid de locatie alsnog voldoen. De gemeten $V_{\max}$ moet dan lager zijn dan A2, waarbij tevens de gemeten V_{per} lager is dan de opgegeven A3 waarde. De interpretatie staat schematische weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1 Stroomschema interpretatie toetsingswaarden A1, A2 en A3

De situatie aan de Busbaan Dichterswijk voor de bestaande panden wordt als een gewijzigde situatie beoordeeld. Bij een gewijzigde situatie wordt in eerste instantie de huidige situatie getoetst aan de streefwaarden voor bestaande situaties. Indien hieraan niet wordt voldaan moet de gewijzigde situatie voldoen aan de streefwaarden voor de bestaande situatie. Als de gewijzigde situatie wel voldoet aan de streefwaarden van de bestaande situatie dan mogen $V_{\max}$ en V_{per} na de wijziging niet meer zijn dan de $V_{\max}$ en V_{per} in de huidige situatie. Hierbij hoeven $V_{\max}$ en V_{per} niet lager te zijn dan de streefwaarden van de nieuwe situatie.

De situatie voor nieuwe panden aan de Busbaan Dichterswijk wordt als een nieuwe situatie beoordeeld.

3.2.2. Uitgangspunten toetsingswaarden

In onderstaand tabel staan de uitgangspunten voor dit onderzoek, nodig voor het bepalen van de streefwaarden.

item	indeling	motivatie
gebouwfunctie	Wonen	Langs de busbaan staan woningen
trillingsvorm	Herhaald voorkomende trillingen, gedurende lange tijd	busverkeer valt onder herhaald voorkomende trillingen
oude, gewijzigde of nieuwe situatie	gewijzigde en nieuwe situatie	In de bestaande panden is er in de huidige situatie al sprake van trillingen van bussen en overig wegverkeer langs de Busbaan Dichterswijk. In de nieuwe te bouwen panden is er sprake van een nieuwe situatie.

Aangezien het een gewijzigde situatie betreft, mag de trillingssterkte niet toenemen ten opzichte van de huidige situatie en moet voldoen aan de streefwaarde voor bestaande situaties, zie Tabel 3-1.

De nieuwe panden aan de Busbaan Dichterswijk worden beoordeeld als nieuwe situaties en worden getoetst aan streefwaarden van Tabel 3-2.

Table 3-1 Streefwaarden voor bestaande situaties, gearceerde waarden zijn van toepassing bij de Busbaan Dichterswijk

toetsingswaarden bestaande situatie, herhaald voorkomende trillingen						
gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1. Gezondheidszorg	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
2. Wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
3. Kantoor	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
4. Bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
5. Kritische werkruimte	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-

Tabel 3-1 Streefwaarden voor nieuwe situaties, gearceerde waarden zijn van toepassing bij de Busbaan Dichterswijk

toetsingswaarden nieuwe situatie, herhaald voorkomende trillingen						
gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1. Gezondheidszorg	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
2. Wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
3. Kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
4. Bijeenkomsten	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
5. Kritische werkruimte	0.1	0.1	-	0.1	0.1	-

Omdat er zowel overdag als 's nachts (23:00-07:00) bussen rijden, is bij de gebouwfunctie "wonen" de A2-waarde in de nacht maatgevend.

3.2.3. Mate van hinderbeleving bij trillingsniveau

De mate van hinderbeleving verschilt echter van individu tot individu. In Bijlage 5 van de SBR-B richtlijn is voor de afweging van de toelaatbaarheid van trillingssterkten de volgende tabel gegeven:

Tabel 3-2 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

In Noorwegen is onderzoek¹ gedaan naar de mate waarin personen hinder ondervinden bij een bepaalde trillingssterkte. In Tabel 3-3 staan resultaten uit dit onderzoek.

¹ R. Klæboe, I.H. Turunen-Rise en C. Madhus *Vibration in dwellings from road and rail traffic – Part II: exposure-effect relationships based on ordinal logit and logistic regression models* Applied Acoustics Volume 64, Issue 1, pp 89-109 January 2003

Tabel 3-3 Hinderbeleving gerelateerd aan trillingssterkte

maximale rms trilsnelheid op basis van 95% verwachtingswaarde [mm/s]	percentage mensen dat enige mate van hinder ondervindt (incl. percentage ernstige hinder)	percentage mensen dat ernstige hinder ondervindt
0.06	5.8	2.0
0.1	8.2	3.5
0.2	11.8	5.0
0.5	20.0	10.0
1	29.0	15.0

De SBR-B richtlijn gaat uit van de streefwaarde $V_{\max}=0.2$, wat overeenkomt met circa 5 procent mensen die ernstige hinder ondervinden. Er wordt naar gestreefd dat minder dan 5 procent van de mensen hinder ondervindt.

Indien er in de huidige situatie al trillingen aanwezig zijn, dan wordt vooral een toename van het trillingsniveau als hinderlijk ervaren. In 2014 heeft de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu een richtlijn voor het beoordelen van trillingen in spoorprojecten vastgesteld, de Beleidsregel trillinghinder spoor (Bts). In deze beleidsrichtlijn wordt genoemd dat een trillingstoename voelbaar is vanaf 30% toename.

4 Empirisch prognosemodel

Om een inschatting te maken van het trillingsniveau afkomstig van bussen over de busbaan is gebruik gemaakt van een aantal trillingsmetingen langs busbanen in Utrecht. Het gaat om metingen op de volgende locaties:

- Meting langs de Adama van Scheltemabaan op grasveld tussen "IK-gebouw" en school Puntenburg;
- Meting op grasveld bij het AZU (de Uithof) langs de busbaan;
- Meting op grasveld langs de Weg tot de wetenschap tussen het Wentgebouw en het Kruidgebouw ten behoeve van een trillingsonderzoek HOV om de Zuid.
- Meting in woning Vaartsestraat langs de Adama van Scheltemabaan, op 16 meter afstand van de busbaan. Het betreft een normaal woonhuis.

4.1 Bepaling maximale trillingssterkte $V_{\max}$

De relatie tussen de afstand tot de busbaan en het trillingsniveau wordt bepaald met de Barkan vergelijking, die de afname van het trillingsniveau met de afstand beschrijft. De Barkan vergelijking heeft de volgende vorm:

$$V_{\max}(r) = V_{\max}(r_0) * \left(\frac{r_0}{r} \right)^n * e^{-\alpha(r-r_0)}$$

waarin:

$V_{\max}(r)$ de effectieve trilsnelheid op afstand r
 r de afstand tot de busbaan
 r_0 de referentieafstand
 n parameter die de geometrische spreiding beschrijft
 α parameter die de demping in de bodem beschrijft

Op basis van bovenvermelde metingen, worden langs de busbaan aan de Busbaan Dichterswijk de volgende Barkan representatieve parameters aangehouden:

	$V_{\max}(r_0)$	r_0	n	α
Busbaan Dichterswijk	0.36	10	0.2	0.03

In de Barkan vergelijking is de referentieafstand r_0 steeds gelijk. Per gebouw verschilt wel de rekenafstand r tot de busbaan en de weg. In de toekomstige situatie zijn de busbaan en de autoweg apart beschouwd, ieder met een eigen rekenafstand r tot de bebouwing.

In grote (appartementen)gebouwen is het trillingsniveau op de verdiepingsvloer meestal lager dan gewone woonhuizen. De volgende verhoudingsgetallen tussen de waarde uit de Barkan vergelijking en de vloer worden aangehouden:

- Normale woonhuizen: factor 1;
- Grote (appartementen)gebouwen: factor 0.6.

4.2 Bepaling maximale trillingssterkte over beoordelingsperiode V_{per}

De prognose van V_{per} is gebaseerd op trillingsmetingen in een woning aan de Vaartsestraat langs de Adama van Scheltemabaan. De waarde V_{per} is afhankelijk van de maximale trillingssterkte $V_{\max}$, en de verhouding van het aantal bussen en

vrachtwagens op de Van Zijstweg ten opzichte van het aantal bussen op de Adama van Scheltemabaan. In de woning aan de Vaartsestraat is de volgende waarde gemeten voor V_{per} :

periode	V_{per}
dag (7-19 uur)	0.054

Vrachtwagens en bussen zijn hier voor wat betreft trillingen gelijkgesteld. In de huidige situatie rijden er 1530 bussen per dag over de Adama van Scheltemabaan in de dagperiode.

De prognose van V_{per} voor de huidige en toekomstige situatie is als volgt uitgevoerd:

$$V_{per,dag} = C * V_{max} * \sqrt{\frac{\text{dagintensiteit bussen en vrachtwagens van Zijstweg}}{\text{dagintensiteit bussen Adama van Scheltemabaan}}}$$

De vermenigvuldigingsfactor C is afhankelijk van V_{max} :

- $C = 0.10$ voor $V_{max} < 0.14$
- $C = 0.15$ voor $V_{max} \geq 0.14$ en $V_{max} < 0.20$
- $C = 0.20$ voor $V_{max} \geq 0.20$ en $V_{max} < 0.25$
- $C = 0.25$ voor $V_{max} \geq 0.25$

De waarde V_{per} wordt op de volgende wijze bepaald voor de avond- en nachtperiode:

$$V_{per,avond} = C * V_{per,dag} * \sqrt{\frac{\text{avondintensiteit bussen en vrachtwagens van Zijstweg}}{\text{dagintensiteit bussen en vrachtwagens van Zijstweg}}}$$

$$V_{per,nacht} = C * V_{per,dag} * \sqrt{\frac{\text{nachtintensiteit bussen en vrachtwagens van Zijstweg}}{\text{dagintensiteit bussen en vrachtwagens van Zijstweg}}}$$

4.3 Betrouwbaarheid trillingsprognose

In elke trillingsprognose zit een bepaalde onzekerheid. De betrouwbaarheid hangt onder meer af van modelonzekerheden en onzekerheden wat betreft de invoer. Onzekerheden in de invoer bestaan onder meer uit de bodemeigenschappen, de eigenschappen van de busbaan, de eigenschappen van de gebouwen, de eigenschappen van de bussen en conditie van de busbaan.

In dit onderzoek worden de onzekerheden gekwantificeerd met spreidingsfactoren. Deze methode om onzekerheden in trillingsprognoses te kwantificeren wordt ook gebruikt in trillingsonderzoeken voor ProRail bij spooruitbreidingsprojecten.

Een spreidingsfactor geeft aan hoeveel hoger de bovengrens (95%-waarde) is dan de verwachtingswaarde. De 95%-waarde is de waarde die met een kans van 95% niet wordt overschreden. Een spreidingsfactor van 0.1 betekent bijvoorbeeld dat de bovengrens 10% hoger is dan de verwachtingswaarde. Hierbij wordt uitgegaan van een lognormale kansverdeling. Verschillende spreidingsfactoren kunnen als volgt (energetisch) gesommeerd worden om tot een totale spreidingsfactor te komen.

$$factor_{totaal} = \sqrt{facotr_1^2 + facotr_2^2 + facotr_3^2}$$

In Tabel 4-1 staan de gehanteerde spreidingsfactoren in dit onderzoek. De spreidingsfactoren zijn gebaseerd op expert judgement (o.a. ervaringen met variatie in meetresultaten en trillingsprognoses). De totale spreidingsfactor in dit onderzoek is 1.2, wat leidt een bovengrenswaarde die 120% hoger is dan de verwachtingswaarde.

Tabel 4-1 spreidingsfactoren gebaseerd op expert judgement

onderdeel	Factoren	spreiding
Bron	Bus en busbaan	0.5
Overdracht	Bodem	0.5
Ontvanger	Gebouw	1
Totaal		1.2

5 Resultaat prognose en beoordeling

5.1 Trillingsprognose

In Tabel 5-1 en Tabel 5-2 staan de resultaten van de verwachtingswaarden en de bovengrenswaarden voor de huidige en toekomstige situatie. In de tabel voor de toekomstige situatie zijn toenames ten opzichte van de huidige situatie oranje gearceerd. Voor een vergelijking tussen de huidige situatie en de toekomstige situatie kunnen de verwachtingswaarden van de huidige situatie het best worden vergeleken met de verwachtingswaarden van de toekomstige situatie, en de bovengrenswaarden van de huidige situatie met de bovengrenswaarden van de toekomstige situatie. In de prognose van de toekomstige situatie veranderen de onzekerheden uit Tabel 4-1 immers niet ten opzichte van de prognose voor de huidige situatie.

Bij de meeste locaties is er een afname van het maximale trillingsniveau $V_{\max}$ te verwachten doordat de busbaan of de weg verder van de gebouwen vandaan komt te liggen. Vrijwel overal neemt de trillingsintensiteit V_{per} toe doordat er meer bussen over de Busbaan Dichterswijk gaan rijden dan in de huidige situatie het geval is.

Tabel 5-1 Resultaat trillingsprognose huidige situatie, verwachtingswaarden (50%) en bovengrenswaarden (95%)

locatie	gebouwfunctie	$V_{\max}$ huidig, 50%, dag, avond en nacht	V_{per} huidig, 50%, dag	V_{per} huidig, 50%, avond	V_{per} huidig, 50%, nacht	$V_{\max}$ huidig, 95%, dag, avond, nacht	V_{per} huidig, 95%, dag	V_{per} huidig, 95%, avond	V_{per} huidig, 95%, nacht
Croeselaan 163, 163A en 163B	bedrijfspanen	0.45	0.08	0.03	0.01	0.99	0.18	0.06	0.02
Van Zijstweg 1-1A	woningen	0.38	0.07	0.02	0.01	0.83	0.15	0.05	0.01
Van Zijstweg 3-5, 11-13 en 15-17	bedrijf+woning erboven	0.34	0.06	0.02	0.01	0.75	0.14	0.04	0.01
Van Zijstweg 7-9	bedrijfspan	0.31	0.06	0.02	0.01	0.69	0.12	0.04	0.01
Croeselaan 181	woning	0.27	0.05	0.02	0.00	0.60	0.11	0.03	0.01
Appartementengebouwen Groenmarkstraat	woningen	0.09	0.01	0.00	0.00	0.20	0.03	0.01	0.00
Van Zijstweg 51	bedrijfspan	0.48	0.09	0.03	0.01	1.06	0.19	0.06	0.02
Kanaalweg 64	woning	0.13	0.01	0.00	0.00	0.28	0.05	0.02	0.01
Defensierterrein	woningen	0.21	0.031	0.010	0.003	0.47	0.085	0.027	0.008

Tabel 5-2 Resultaat trillingsprognose toekomstige situatie, verwachtingswaarden (50%) en bovengrenswaarden (95%). Toenames t.o.v. huidige situatie zijn oranje gearceerd

Locatie	gebouwfunctie	$V_{\max}$ toekomst, 50%, dag, avond, nacht	V_{per} toekomst, 50%, dag	V_{per} toekomst, 50%, avond	V_{per} toekomst, 50%, nacht	$V_{\max}$ toekomst, 95%, dag, avond, nacht	V_{per} toekomst, 95%, dag	V_{per} toekomst, 95%, avond	V_{per} toekomst, 95%, nacht
Croeselaan 163, 163A en 163B	bedrijfspanen	0.45	0.10	0.03	0.02	0.99	0.22	0.08	0.05
Van Zijstweg 1-1A	woningen	0.34	0.08	0.03	0.02	0.75	0.17	0.06	0.04

Locatie	gebouwfunctie	Vmax toekomst, 50%, dag, avond, nacht	Vper toekomst, 50%, dag	Vper toekomst, 50%, avond	Vper toekomst, 50%, nacht	Vmax toekomst, 95%, dag, avond, nacht	Vper toekomst, 95%, dag	Vper toekomst, 95%, avond	Vper toekomst, 95%, nacht
Van Zijstweg 3-5, 11-13 en 15-17	bedrijf+woning erboven	0.33	0.07	0.02	0.02	0.72	0.16	0.05	0.04
Van Zijstweg 7-9	bedrijfspand	0.30	0.06	0.02	0.01	0.66	0.14	0.05	0.03
Croeselaan 181	woning	0.26	0.05	0.02	0.01	0.58	0.12	0.04	0.03
Appartementengebouwen Groenmarkstraat	woningen	0.10	0.01	0.00	0.00	0.21	0.03	0.01	0.01
Van Zijstweg 51	bedrijfspand	0.40	0.09	0.03	0.02	0.88	0.20	0.07	0.05
Kanaalweg 64	woning	0.15	0.02	0.00	0.01	0.34	0.08	0.02	0.02
Defensierrein	woningen	0.30	0.058	0.016	0.016	0.66	0.141	0.044	0.037

5.2 Beoordeling trillingsprognose

De beoordeling van de trillingsprognose is opgenomen in Tabel 5-3. In woningen nabij de aansluiting met de Croeselaan overschrijden de verwachtingswaarde de streefwaarden. Op andere locaties langs de Busbaan Dichterswijk voldoen de verwachtingswaarden aan de streefwaarden.

Tabel 5-3 Beoordeling trillingsprognose volgens SBR-B gewijzigde situatie

Locatie	Gebouwfunctie	Verwachtingswaarde		Bovengrenswaarde		Toelichting
		Vmax	Vper	Vmax	Vper	
Croeselaan 163, 163A en 163B	bedrijfspannen	voldoet	voldoet niet	voldoet	voldoet niet	Vmax blijft gelijk, en blijft onder de streefwaarde. Vper neemt toe, en is in huidige en toekomstige situatie overdag mogelijk al hoger dan streefwaarde.
Van Zijstweg 1-1A	woningen	voldoet	voldoet niet	voldoet niet	voldoet niet	Vmax neemt af, maar is in huidige situatie mogelijk al hoger dan streefwaarde. Vper neemt toe, en is in huidige en toekomstige situatie overdag mogelijk al hoger dan streefwaarde.
Van Zijstweg 3-5, 11-13 en 15-17	bedrijf+woning erboven	voldoet	voldoet niet	voldoet	voldoet niet	Vmax neemt af, maar is in huidige situatie mogelijk al hoger dan streefwaarde. Vper neemt toe, maar blijft onder de streefwaarde.
Van Zijstweg 7-9	bedrijfspand	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet niet	Vmax neemt af, en blijft onder streefwaarde. Vper neemt toe, maar is in huidige situatie overdag mogelijk al hoger dan streefwaarde.
Croeselaan 181	woning	voldoet	voldoet niet	voldoet niet	voldoet niet	Vmax blijft het zelfde, maar is in huidige situatie mogelijk al hoger dan streefwaarde. Vper neemt toe, en is in huidige en toekomstige situatie overdag mogelijk al hoger dan streefwaarde.
Appartementengebouwen Groenmarkstraat	woningen	voldoet	voldoet	voldoet	voldoet niet	Vmax neemt niet voelbaar toe, en blijft onder streefwaarde. Vper neemt toe, maar blijft onder streefwaarde.
Van Zijstweg 51	bedrijfspand	voldoet	voldoet niet	voldoet	voldoet niet	Vmax blijft het zelfde, en blijft onder streefwaarde. Vper neemt toe, en is in huidige en toekomstige situatie overdag mogelijk al hoger dan streefwaarde.

Kanaalweg 64	woning	voldoet	voldoet niet	voldoet	voldoet niet	Vmax neemt toe, maar blijft onder streefwaarde. Vper neemt toe, maar blijft onder streefwaarde.
Defensieterrein	woningen	voldoet	voldoet niet	voldoet niet	voldoet niet	Vmax neemt toe, en is in huidige en toekomstige situatie mogelijk al hoger dan streefwaarde. Vper neemt toe, en is in toekomstige situatie overdag mogelijk hoger dan streefwaarde.

Samengevat geldt het volgende:

- In de meeste woningen wordt ook in de huidige situatie mogelijk al niet voldaan aan de streefwaarden voor de trillingssterkte Vmax, en in een aantal woningen overdag ook niet aan de streefwaarden voor de trillingsintensiteit Vper;
- In de meeste woningen neemt de trillingssterkte Vmax af in de toekomstige situatie, doordat de busbaan verder van de woningen vandaan komt te liggen. Door de toename van het busverkeer neemt de trillingsintensiteit Vper echter wel toe, waardoor deze soms ook 's avonds boven de streefwaarden uitkomt;
- Op basis van internationaal onderzoek kan gesteld worden dat een toename in trillingssterkte (Vmax) van minder dan 30 procent niet voelbaar is. Er is geen sprake van een voelbare toename van de trillingen (meer dan 30 procent toename).

Op basis van de trillingsprognose en de relatie tussen het trillingsniveau en het percentage gehinderden uit Tabel 3-3 kan een inschatting gemaakt worden van het aantal gehinderden langs de Busbaan Dichterswijk in de huidige en toekomstige situatie. Deze inschatting staat in Tabel 5-4. Uit deze tabel volgt dat het aantal gehinderden ongeveer gelijk blijft.

Tabel 5-4 Inschatting aantal gehinderden huidige en toekomstige situatie, verwachtingswaarden (50%) en bovengrenswaarden (95%)

Locatie	aantal woningen	bewoners/ woning	aantal gehinderden huidig 50%	aantal gehinderden toekomst 50%	aantal gehinderden huidig 95%	aantal gehinderden toekomst 95%
Croeselaan 163, 163A en 163B bedrijfspanden	3	2.3	0.63	0.63	1.03	1.03
Van Zijstweg 1-1A	2	2.3	0.37	0.34	0.61	0.58
Van Zijstweg 3-5, 11-13 en 15-17	6	2.3	1.02	0.98	1.73	1.68
Van Zijstweg 7-9	8	2.3	1.26	1.22	2.18	2.13
Croeselaan 181	1	2.3	0.14	0.14	0.25	0.25
Appartementengebouwen Groenmarkstraat	85	2.3	6.24	6.49	9.83	10.08
Van Zijstweg 51	1	2.3	0.20	0.19	0.33	0.32
Kanaalweg 64	1	2.3	0.09	0.10	0.15	0.17
Defensieterrein*	200	2.3	24.11	30.55	43.85	53.21
Totaal	307		34	41	60	69

* voor het Defensieterrein is een aanname gemaakt voor het aantal woningen op basis van het BP en informatie van de gemeente Utrecht

De bovengrenswaarden overschrijden in de meeste beschouwde locaties de streefwaarden. Dit betekent dat bij ongunstige omstandigheden mogelijk niet wordt voldaan aan de streefwaarden. Ongunstige omstandigheden kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Slecht wegdek ten opzichte van Adama van Scheltemabaan
- Ongunstige bodem
- Ongunstige gebouwconstructie

De busbaan wordt ontworpen als een nieuwe, betonnen weg, aangelegd op een nieuw of aangepast cunet. Bij een goede uitvoering zullen het wegdek en de bodem dan niet ongunstiger zijn dan bij de Adama van Scheltemabaan.

De woning in de Vaartsestraat waar een trillingsmeting is uitgevoerd, staat naar verwachting op palen. De nieuwe gebouwen aan de Groenmarktstraat staan op palen. Naar verwachting zijn ook de panden Croeselaan 181 en Croeselaan 163 op palen gefundeerd. De funderingswijze van deze panden langs de Busbaan Dichterswijk is daarmee wat betreft trillingen niet ongunstiger dan het bemeten pand aan de Vaartsestraat. Overigens is in de meeste gevallen de funderingswijze slechts in beperkte mate van invloed op het trillingsniveau in gebouwen.

Zeer bepalend voor het trillingsniveau in woningen zijn de eigenschappen van de vloeren. Meestal is het trillingsniveau op houten vloeren hoger dan op betonnen vloeren. De woning in de Vaartsestraat waar een trillingsmeting is uitgevoerd heeft betonnen vloeren. De appartementengebouwen aan de Groenmarktstraat hebben eveneens betonnen vloeren. Op basis van inspectie van buitenaf is de verwachting dat ook de panden aan de Croeselaan en Van Zijstweg 1-17 betonnen vloeren hebben. De kans is daarmee groot dat in deze panden de trillingen niet meer versterkt worden dan in het bemeten pand aan de Vaartsestraat.

6 Conclusie en advies

6.1 Conclusies

Het volgende kan worden geconcludeerd over de trillingseffecten van de Busbaan Dichterswijk:

- Naar verwachting leidt de nieuwe busbaan tot een verhoging van het maximale trillingsniveau $V_{\max}$ en de trillingssterkte over de beoordelingsperiode V_{per} (dag, avond en nacht)
- De verwachtingswaarden voldoen aan de streefwaarden uit de SBR-B richtlijn, behalve bij de woningen nabij de aansluiting van de van Zijstweg met de Croeselaan;
- De bovengrenswaarden overschrijden de streefwaarden uit de SBR-B richtlijn. Dit betekent dat bij ongunstige omstandigheden niet kan worden uitgesloten dat de SBR-B streefwaarden worden overschreden. Er is een kans van 5% dat het trillingsniveau de bovengrenswaarde bereikt;
- In geen enkele woning nemen de trillingen voelbaar (met meer dan 30 procent) toe.
- Het aantal gehinderden neemt af bij de meeste adressen en neemt significant toe bij het Defensieterrein.

6.2 Advies

Voor een aantal locaties langs de Busbaan Dichterswijk kan op basis van deze quickscan niet worden uitgesloten dat er in de toekomst overschrijdingen van de SBR-B streefwaarden optreden. Hoewel de toename beperkt is adviseren we om voor deze locaties vervolgonderzoek uit te voeren. Het vervolgonderzoek bestaat uit een knelpuntenanalyse met een prognose op basis van indicatieve metingen (in inleiding stap 2 genoemd).

Het vervolgonderzoek kan er enerzijds toe leiden dat de verwachtingswaarden worden bijgesteld. Anderzijds zullen de aanvullende metingen er toe leiden dat de onzekerheid in de prognose kleiner wordt. Ten opzichte van de verwachtingswaarde zal de bovengrenswaarde lager worden.

Colofon

Opdrachtgever GEMEENTE UTRECHT

Uitgave Movares Nederland B.V.

Divisie Ruimte, Mobiliteit en Infra
Afdeling Infrastructuur: Waterbouw, Geotechniek en Dynamica

Daalse Kwint
Daalseplein 100
3511SX Utrecht

Telefoon 0622792565

Ondertekenaar Carolien Christodoulou
Adviseur Dynamica

Projectnummer RM005237

Kenmerk D79-KCH-KA-1700024 - HOV Van Zijstweg

© 2017, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage I - SBR trillingsrichtlijnen Deel B, hinder

De grenswaarden voor trillingen t.a.v. hinder voor personen in gebouwen volgens SBR richtlijn deel B (Hinder voor personen in gebouwen, meet- en beoordelingsrichtlijn, augustus 2002, ISBN 90-5367-080-7) worden vastgesteld op basis van drie beoordelingscriteria namelijk:

1. De gebouwfunctie.
2. Type trillingsbron
3. De omstandigheden waaronder trillingen kunnen voorkomen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de volgende situaties:
 - nieuwe, bestaande of gewijzigde situaties;
 - de locatie van de ontvanger in relatie tot de omgeving.
 - tijdstip waarop de trillingen voorkomen

In de onderstaande paragrafen worden deze criteria toegelicht.

Gebouwfunctie

In de richtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen 5 verschillende gebouwfuncties:

1. gezondheidszorg;
2. wonen (daaronder begrepen woningen, woongebouwen, woonwagens, logiesverblijven en logiesgebouwen);
3. kantoor en onderwijs;
4. bijeenkomst (zoals bioscopen, aula's schouwburgen, kerken);
5. kritische werkruimten (bepaalde ruimten in laboratoria, operatiekamers of studiezalen).

Voor de verschillende gebouwfuncties zijn verschillende grenswaarden gedefinieerd.

Type trillingsbron

1. *Continu voorkomende trillingen, gedurende lange tijd*, door bijvoorbeeld machines, waaronder ook machines die niet permanent in werking zijn of machines die een korte werkcyclus kennen en een langere rustperiode zoals het kort trillen van een vorm of mal. Uitgesloten zijn trillingen door weg- en railverkeer;
2. *Herhaald voorkomende trillingen, gedurende lange tijd* door weg- en railverkeer waaronder ook heftrucks bulldozers, kranen op rails en dergelijke;
3. *Continue of herhaald voorkomende trillingen gedurende een aaneengesloten tijdsduur, korter dan 3 maanden*, door bouw- of sloopwerkzaamheden;
4. *Incidenteel voorkomende, kortdurende trillingen*, door bijvoorbeeld explosies.

Omstandigheden

In de richtlijn wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende omstandigheden waaronder trillingen kunnen voorkomen. Bij verschillende omstandigheden worden

ook verschillende trillingssterktes toegelaten. Er wordt in de richtlijn rekening gehouden met:

1. nieuwe, bestaande of gewijzigde situaties;
2. de locatie van de ontvanger in relatie tot de omgeving.
3. tijdstip en duur waarop de trillingen voorkomen

Bij weg- en railverkeer: nieuwe, bestaande of gewijzigde situatie

Voor weg- en railverkeer kan onderscheid worden gemaakt tussen de volgende situaties:

1. bestaande situatie (bestaande bron en een bestaande ontvanger, er is sprake van een zekere mate van gewenning);
2. nieuwe situatie (nieuwe bron of een nieuwe ontvanger);
3. gewijzigde situatie (wijziging van een bestaande bron).

Locatie van de ontvanger in relatie tot de omgeving

Voor gebouwen op een industrie terrein is het mogelijk op basis van een gemotiveerde afweging hogere trillingssterkten toe te laten. Dit kan bijvoorbeeld in de volgende situaties:

1. Als de sterkte van de achtergrondtrillingen al hoger is dan de streefwaarden, en de trillingssterkte van de te beoordelen trillingsbron lager is dan de achtergrondtrillingen;
2. Indien de gebouwen zich in een gebied bevinden waarvoor in het bestemmingsplan, een Nota Industrielawaai of Gemeentelijke Geluidnota is vastgelegd dat deze gebouwen een lagere bestemmingsgraad genieten.

Tijdstip en duur waarop trillingen voorkomen

Voor de aan te houden streefwaarden wordt onderscheid gemaakt in 3 beoordelingsperiodes:

1. Dag van 07.00 tot 19.00 uur;
2. Avond van 19.00 tot 23.00 uur;
3. Nacht van 23.00 tot 07.00 uur.

Wanneer de trillingen gedurende een korte periode plaatsvinden, bijvoorbeeld tijdens sloopwerkzaamheden, kan in overleg met de omwonende hogere waarden worden toegelaten.

Toetsing

Bij een trillingsmeting t.a.v. hinder worden de volgende waarden gemeten:

V_{max} maximale trillingssterkte
(voortschrijdende effectieve waarde van de trillingssnelheid,
dimensieloos)

V_{per} de trillingssterkte over de beoordelingsperiode

(kwadratisch gemiddelde van maximale effectieve waarde per interval van 30 seconden)

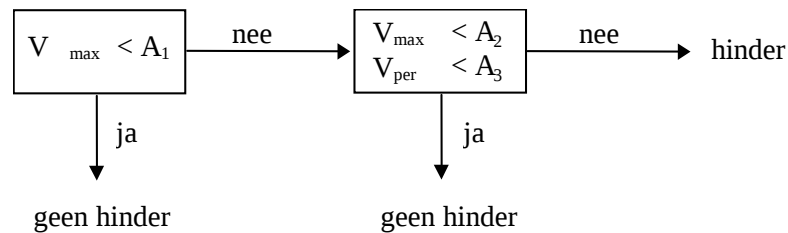
De waarden V_{max} en V_{per} worden getoetst aan de volgende streefwaarden:

A_1 de onderste streefwaarde voor toetsing van de waarde $V_{eff,max}$;

A_2 de bovenste streefwaarde voor toetsing van de waarde $V_{eff,max}$;

A_3 de streefwaarde voor toetsing van de waarde V_{per} .

De streefwaarden worden volgens onderstaand schema geïnterpreteerd.



Streefwaarden

Hier volgen voor verschillende gebouwfuncties, omstandigheden en perioden de toetsingswaarden A_1 , A_2 en A_3 waaraan de waarden $V_{eff,max}$ en V_{per} worden getoetst.

Beoordeling continue trillingen bij nieuwe en bestaande situaties: machines en Herhaald voorkomende trillingen bij nieuwe situaties: weg- en railverkeer

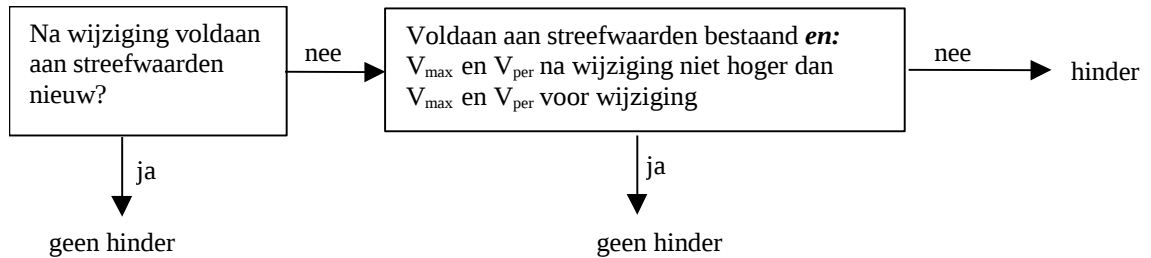
gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
1. Gezondheidszorg	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
2. Wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
3. Kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
4. Bijeenkomsten	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
5. Kritische werkruimte	0.1	0.1	- - -	0.1	0.1	- - -

Beoordeling herhaald voorkomende trillingen bij bestaande situaties: weg-en railverkeer

gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
1. Gezondheidszorg	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
2. Wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
3. Kantoor	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
4. Bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
5. Kritische werkruimte	0.1	0.1	- - -	0.1	0.1	- - -

Gewijzigde situaties, weg- en railverkeer

Bij een gewijzigde situatie wordt in eerste instantie getoetst aan de streefwaarden voor nieuwe situaties. Indien hieraan niet wordt voldaan mag er worden getoetst aan de streefwaarden voor bestaande situaties mits de trillingssterkte na de wijziging niet hoger is dan voor de wijziging. In onderstaand schema is geïllustreerd hoe de richtlijn werkt in het geval van een gewijzigde situatie.



Ondergronds railverkeer

Bij ondergronds railverkeer wordt er getoetst aan de streefwaarden voor weg- en railverkeer bij nieuwe situaties.

Trillingen bij bouw- of sloopwerkzaamheden over korte perioden gedurende de dagperiode

Bij trillingen over kortere perioden kunnen uitsluiten gedurende de dagperiode tijdelijk hogere waarden worden toegelaten. Hiervoor worden de volgende waarden aangehouden:

duur activiteiten	dag en avond		
	A ₁	A ₂	A ₃
1 dag	0.8	6.0	0.4
2 dagen	0.72	6.0	0.38
3 dagen	0.64	6.0	0.36
4 dagen	0.56	6.0	0.34
5 dagen	0.48	6.0	0.32
6-26 dagen	0.4	6.0	0.3
27-78 dagen	0.3	6.0	0.2

Gebouwen in industriële gebieden

Mits goed gemotiveerd kunnen voor gebouwen in industriële gebieden hogere waarden worden toegelaten. De waarden voor bestaande en nieuwe situaties kunnen dan worden vermenigvuldigd met een factor 1.8. De waarden van gebouwfunctie “kritische werkruimte” mag echter niet verhoogd worden.

Incidenteel voorkomende kortdurende trillingen in de dagperiode

Bij incidenteel voorkomende trillingen mag uitsluitend in de dagperiode de maximale trillingssterkte $V_{eff,max}$ niet meer dan 8 bedragen. Bewoners en gebruikers dienen te

worden geïnformeerd. Bovendien moet er rekening worden gehouden met mogelijke schade aan bouwwerken.

Voorbeeld

Voor bijvoorbeeld een woning aan een spoorlijn wordt bij een nieuwe situatie op de volgende wijze getoetst:

gemeten V_{max} in woning:	gemiddeld aantal keer per uur	V_{per}	$A1^* = 0.1$ $V_{max} < A_1$	$A2^* = 0.4$ $V_{max} < A_2$	$A3^* = 0.05$ $V_{per} < A_3$	overschrijding
0.08	10	0	ja	n.v.t.	n.v.t.	nee
0.15	10	0.043	nee	ja	ja	nee
0.2	10	0.058	nee	ja	nee	Ja
0.5	10	0.144	nee	nee	n.v.t.	ja