

Lichthoven veld A - spoortrillingen

Onderzoek spoortrillingen

Status	definitief
Versie	002
Rapport	M.2020.0060.00.R001
Datum	8 april 2020



Colofon

Opdrachtgever

Stationslocatie ZO Eindhoven cv
Postbus 4052
3502 HB UTRECHT

Contactpersoon opdrachtgever

Project

Betreft

Uw kenmerk

Lichthoven Eindhoven, veld A
Trillingsonderzoek

-

Rapport

Datum

Versie

Status

M.2020.0060.00.R001

8 april 2020

002

definitief

Uitgevoerd door

DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.
Van Pallandtstraat 9-11
6814 GM Arnhem
Postbus 153
6800 AD Arnhem

Contactpersoon

ing. R.G. (Reinoud) Fennema
088 346 76 33
rfe@dgmr.nl

Auteur

ing. J.J. (Jesse) Bijl
088 346 76 39
jby@dgmr.nl

Projectadviseur

ir. M.H.J. (Mark) Bakermans
088 346 78 50
bk@dgmr.nl

2e lezer/secr.

RFE|BDI|OZU

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Situatie	5
2.1 Project	5
2.2 Spoor	5
3. Toetsingskader	6
4. Metingen	7
4.1 Meetpunten	7
4.2 Verwerking meetresultaten	8
5. Resultaten	9
5.1 Trillingsmetingen	9
5.2 Overdrachtsmetingen	9
6. Prognose	11
7. Conclusie	12

Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties bodem (V_{top})
Bijlage 2	Prognose Lichthoven veld A

1. Inleiding

In opdracht van Stationslocatie ZO Eindhoven C.V. heeft DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. onderzoek gedaan naar spoortrillingen in het project 'Lichthoven' (veld A) in Eindhoven. Het dichtstbijzijnde spoor van station Eindhoven Centraal ligt op ongeveer 27 meter van de bouwlocatie. Onderzocht is of de van het spoor afkomstige trillingen in het te bouwen kantoor voldoen aan de daarvoor geldende richtlijnen.

Om inzicht te krijgen in het trillingsrisico zijn op twee posities in de bodem op de kavel de trillingen gemeten. Aanvullend hierop zijn er gelijktijdig ook metingen gedaan aan de nabijgelegen hoogbouw van het The Student Hotel. Dit om inzicht te krijgen in de trillingsoverdracht van bodem naar gebouw en het typische trilgedrag van deze hoogbouw. Op basis van de resultaten van deze metingen is een prognose gemaakt van de te verwachten trillingen in de nieuwbouw (veld A) en worden randvoorwaarden gegeven voor het ontwerp om te kunnen voldoen aan de SBR-richtlijn Trillingen.

2. Situatie

2.1 Project

Het project Lichthoven omvat de herontwikkeling van een kavel aan de zuidkant van station Eindhoven. Het project 'Lichthoven' is opgedeeld in meerdere velden, zie figuur 1, waarop bouwvolumes komen te staan met een variërende indeling en hoogte. Op veld B is 'The Student Hotel' (TSH) al gebouwd, een toren met een hoogte van 74 meter. Het voorliggende plan betreft de invulling van veld A, tussen TSH en het spoor, met een kantoorcomplex met een maximum hoogte van 50 meter. Figuur 2 toont een 'artist impression' van de mogelijke invulling.



figuur 1: project 'Lichthoven'



figuur 2: mogelijke invulling Lichthoven veld A (links)

2.2 Spoor

Lichthoven veld A ligt vlak naast station Eindhoven Centraal. Dit station is door het spoor verbonden met 's-Hertogenbosch, Breda, Roermond en Venlo. Door het station komen intercity's, sprinters en goederentreinen. De goederentreinen rijden hier over de zogeheten Brabante route. De treinen naar het westen rijden over het verst afgelegen noordelijke spoor. De treinen richting het oosten rijden over het meest nabije zuidelijke spoor. Goederentreinen rijden met een snelheid van maximaal 40 km/u.

3. Toetsingskader

Voor het project Lichthoven (veld A) zijn geen specifieke trillingseisen opgegeven. Optredende trillingen worden beoordeeld aan de hand van de in Nederland gebruikelijke SBR-richtlijn Trillingen - deel B: 'Trillingshinder voor personen in gebouwen', uitgave 2002 (revisie 2006). In deze richtlijn zijn de in tabel 1 weergegeven streefwaarden opgenomen voor trillingen.

tabel 1: SBR-B - Streefwaarden continue en herhaald voorkomende trillingen, nieuwe situaties

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Onderwijs en kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07

A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ;
A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode V_{per} , indien $A1 < V_{max} < A2$.

Voor een nieuw te bouwen kantoor nabij een weg of spoorlijn wordt dus voldaan aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte V_{max} kleiner is dan 0,6 (nachtperiode) en de gemiddelde trillingssterkte V_{per} niet hoger is dan 0,07. Als V_{max} kleiner is dan 0,15 komt de toetsing van de V_{per} te vervallen.

4.1 Meetpunten

tabel 2: meetlocaties en systemen

figuur 3: meetposities

7

4.2 Verwerking meetresultaten

TSH is in gebruik en daarmee is er rekening te houden met verstoring van de metingen door passanten. Om de invloed van treinpassages op de gebouwen vrij van verstoring in beeld te brengen, zijn treinpassages in de trillingsregistraties geverifieerd op basis van camerabeelden (spoorgerichte camera) en is het verloop van de trillingsregistraties voor en na het passagemoment gecontroleerd op verstoringen. Wanneer daarin verstoringen zichtbaar zijn van vergelijkbare amplitude als de treinpassage of hoger, dan is de treinpassage mogelijk verstoord en wordt deze niet verder beschouwd.

De meetsystemen meten de maximale trillingssterkte V_{top} en de voor trillinghinder maatgevende effectieve trillingssterkte V_{eff} . De V_{eff} wordt slechts gemeten in 30 seconden intervallen volgens de SBR-B. Voor identificatie van treinpassages is dit te grof. De identificatie van treinen en de check op verstoringen geschiedt aan de hand van het trillingssignaal V_{top} dat een 10x hogere resolutie heeft. Van de geïdentificeerde treinpassages die vrij zijn van verstoring is de bijbehorende effectieve trillingssterkte $V_{eff,max}$ geselecteerd voor verdere analyse en prognose. De hoogste waarde daarvan is de maatgevende V_{max} volgens de SBR-B richtlijn.

5. Resultaten

5.1 Trillingsmetingen

Bijlage 1 geeft een overzicht van treinpassages en eventuele verstoringen gedurende een week meten op de kavel. Afgebeeld is de trillingssterkte V_{top} , die zoals in paragraaf 4.2 is omschreven en wordt gebruikt voor identificatie van de treinpassages. Uit de onderliggende registraties van de V_{eff} is vervolgens de top-15 treinpassages geselecteerd en statistisch verwerkt volgens de in de SBR-B aangegeven methodiek. tabel 3 toont de top-15 (effectieve) trillingssterkten $V_{eff,max}$. De passages zijn qua trillingssterkte aflopend gerangschikt per meetrichting en per meetpunt.

tabel 3: trillingssterkten $V_{eff,max}$ (top-15) in de bodem

Top-15	Mp1 (30 m)			Mp2 (50 m)			Mp3 (fundatie TSH)			Mp4 (dak TSH)		
	X*	Y*	Z*	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0,15	0,15	0,22	0,15	0,10	0,16	0,05	0,10	0,04	0,10	0,03	0,07
2	0,14	0,13	0,11	0,12	0,11	0,12	0,04	0,08	0,04	0,06	0,04	0,02
3	0,12	0,13	0,11	0,11	0,10	0,12	0,04	0,06	0,04	0,06	0,04	0,05
4	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,12	0,04	0,06	0,03	0,06	0,05	0,03
5	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,12	0,04	0,06	0,03	0,06	0,02	0,06
6	0,10	0,11	0,11	0,10	0,13	0,12	0,03	0,06	0,03	0,05	0,04	0,02
7	0,10	0,10	0,11	0,10	0,12	0,12	0,03	0,06	0,03	0,05	0,03	0,04
8	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,12	0,03	0,06	0,03	0,04	0,02	0,03
9	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,11	0,03	0,05	0,03	0,04	0,02	0,04
10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,03	0,05	0,03	0,04	0,02	0,03
11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,03	0,05	0,03	0,04	0,02	0,04
12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03
13	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03	0,04
14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03
15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02
Aantal passages (n)	15											
Gemiddelde (μ)	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,12	0,03	0,06	0,03	0,05	0,03	0,04
Standaarddeviatie (σ)	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	0,01
$V_{eff,max,stat}$	0,14	0,14	0,18	0,13	0,13	0,14	0,05	0,09	0,04	0,09	0,06	0,07

* X-richting is $\perp$ spoor - Y-richting is // spoor en Z-richting is verticaal

Beschouwing

De camerabeelden laten zien dat de treinen in de top-15 voornamelijk goederentreinen zijn die naar het oosten rijden. Er zitten enkele dubbeldekkertreinen tussen die met hoge snelheid op het meest zuidelijke spoor rijden. De registraties tonen dat andere treinen aanmerkelijk minder trillingen veroorzaken. De goederentreinen uit de top-15 zijn meestal tank- of containertreinen. Deze rijden ten zuiden van de overkapping, op circa 50 meter afstand van de kavel.

In de bodem (Mp1 & Mp2) is de verticale richting dominant. Bovenop het gebouw van TSH is de X-richting (haaks op het spoor) dominant. In TSH (Mp3 & Mp4) zijn verder geen voelbare trillingen als gevolg van railverkeer gemeten.

5.2 Overdrachtsmetingen

Overdracht bodem naar gebouw

In tabel 4 zijn de gemeten overdrachten van bodem naar gebouw (TSH) weergegeven. Alleen de overdrachten tussen globaal 4 Hz en 10 Hz zijn betrouwbaar, omdat alleen in dit frequentiegebied voldoende energie afkomstig van treinen is gemeten om een overdracht te kunnen bepalen. Deze gegevens worden gebruikt voor de prognose.

tabel 4: overdracht van bodem naar hoogbouw (o.b.v. data The Student hotel)

Frequentie [Hz]	3,2	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5
Horizontaal	-1	2	2	-4	-5	-14					
Verticaal	3	2	-3	-10	-10	-19					

Overdracht van fundatie naar dak

Naast de overdracht van bodem naar gebouw is ook de overdracht van gebouwfundatie naar het dak gemeten. Ook hier geldt dat er alleen tussen 4 Hz en 10 Hz voldoende energie afkomstig van treinen is gemeten voor het bepalen van een goede overdracht, buiten dit frequentiegebied neemt de betrouwbaarheid af. TSH is 20 meter hoger dan de voorziene bebouwing op veld A. Hierdoor is de gemeten overdracht hoger dan in het geval van veld A. Hiervoor zal in de prognose worden gecorrigeerd.

tabel 5: overdracht van gebouwfundatie naar dak (o.b.v. data Student hotel)

Frequentie [Hz]	3,2	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5
Horizontaal	14	11	6	8	0	4					
Verticaal	5	4	5	6	-3	0					

Tabel 5 laat zien dat er rond 3,2 tot 6,3 Hz trillingsversterking optreedt in de gebouwconstructie, zowel door verticale alsook horizontale eigenfrequenties. Deze trillingsversterking treedt op tijdens passages van lange en zware goederentreinen. Ook onder 1 Hz is trillingsversterking waargenomen in de horizontale X-richting van het vrij smalle TSH gebouw, maar vanwege de verminderde gevoeligheid van de mens voor zeer lage frequenties is dit voor de prognose niet van belang. Bij een iets lager en breder bouwvolume zal het effect hiervan ook afnemen.

6. Prognose

Om inzicht te krijgen in de te verwachten trillingssterkten in toekomstige bebouwing is, op basis van de gemeten trillingssterkten op de kavel, een empirisch rekenmodel opgezet. Hierin worden de met behulp van meting bepaalde overdrachten van bodem naar gebouw en van fundatie naar dak uit paragraaf 5.2 meegenomen. De prognoses zijn opgesteld voor zowel de verticale alsook de maatgevende horizontale richting.

Bijlage 2 toont een prognoseberekening voor een op palen gefundeerde kantoorcomplex met zestien bouwlagen, in zowel de maatgevende horizontale richting alsook de verticale richting. De prognose geldt voor de minimale bouwafstand van 27 meter tot het spoor. Voor de V_{per} berekening is uitgegaan van twee goederentreinen per uur. Tabel 6 geeft een overzicht van de geprognosticeerde trillingssterkten.

tabel 6: trillingsprognose (V_{max}/V_{per}) nieuwbouw

Gebouwtype	Richting	Trillingssterkte V_{max} (V_{per}) op 27 m van het spoor		
		BG	8 ^e verdieping	16 ^e verdieping (ca. 50 m hoog)
Hoogbouw	Horizontaal	0,09 (--)	0,12 (0,01)	0,17 (0,02)
	Verticaal	0,11 (0,01)	0,12 (0,01)	0,15 (0,01)

Beschouwing

Uit tabel 6 blijkt dat er op de minimale bouwafstand van 27 meter tot het spoor wordt voldaan aan de streefwaarden A2(0,6) en A3 (0,07) uit de SBR-B. Voor kantoren liggen de geprognosticeerde maximale trillingssterkten V_{max} ruim onder de streefwaarde van 0,6 uit de SBR-B. Omdat er maar weinig goederentreinen passeren is de gemiddelde trillingssterkte V_{per} hier nauwelijks relevant.

In de prognose is uitgegaan van een betonnen draagconstructie, relatief stijve vloeren en een paalfundering. Met een staalconstructie worden hogere trillingssterkten verwacht vanwege de doorgaans lagere demping van staal en veelal ook lagere horizontale stijfheid van de constructie. Ook met vloeren met grote overspanningen zijn hogere trillingssterkten te verwachten, omdat de eigenfrequenties van dergelijke vloeren veelal in het frequentiegebied van 3 tot 10 Hz vallen, uitgerekend het frequentiegebied waar veel trillingsenergie wordt opgewekt door de passerende goederentreinen.

Voor een gebouw met een staalconstructie en grote vloeroverspanningen worden minstens een factor twee hogere trillingssterkten verwacht dan aangegeven in tabel 6, maar niet uitgesloten is dat trillingssterkten dan mogelijk niet meer voldoen aan de streefwaarden uit de SBR-B. Dit zal dan door nader onderzoek moeten worden verkend. Geadviseerd wordt om vloeren te dimensioneren op een laagste eigenfrequentie van tenminste 12 Hz.

7. Conclusie

Uit de trillingsmetingen op de bouwkafeel, de overdrachtsmetingen aan TSH en daarop gebaseerde prognoses wordt geconcludeerd dat het huidige spoorgebruik niet tot trillingshinder hoeft te leiden in het nieuw te bouwen kantoorgebouw op Lichthoven veld A.

Als er een gebouw wordt gezet met een betonnen draagconstructie en vloeren met een stijfheid zodanig dat de laagste buig-eigenfrequentie tenminste 12 Hz bedraagt, dan zullen hooguit licht voelbare trillingen optreden tijdens goederentreinpassages. Er wordt dan ruim voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B voor kantoren.

Voor een gebouw met een stalen draagstructuur en betonvloeren met grote overspanningen zijn wel goed voelbare trillingen te verwachten en niet geheel zeker is of daarmee voldaan wordt aan de streefwaarden uit de SBR-B voor kantoren. Dit zal dan door nader onderzoek duidelijk moeten worden.

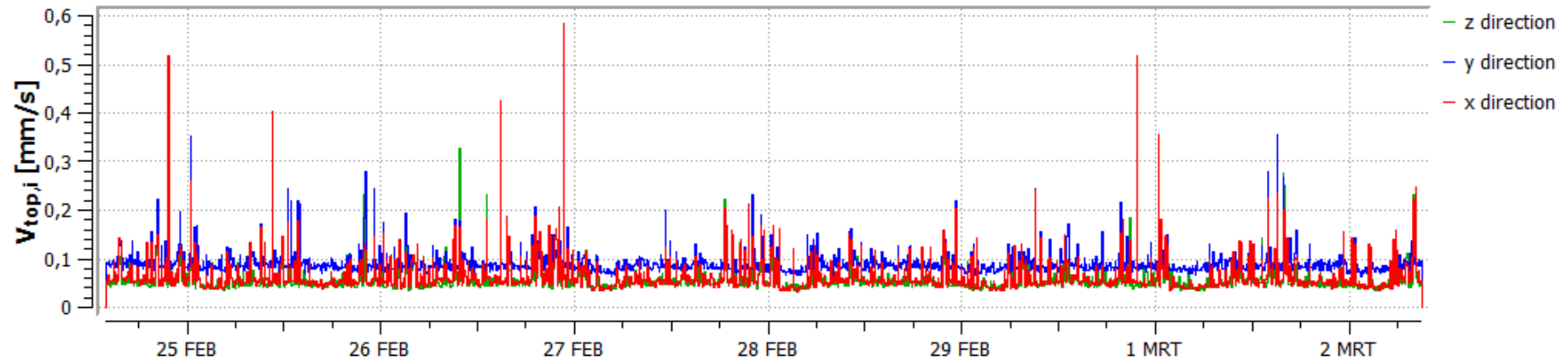


ir. M.H.J. (Mark) Bakermans
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

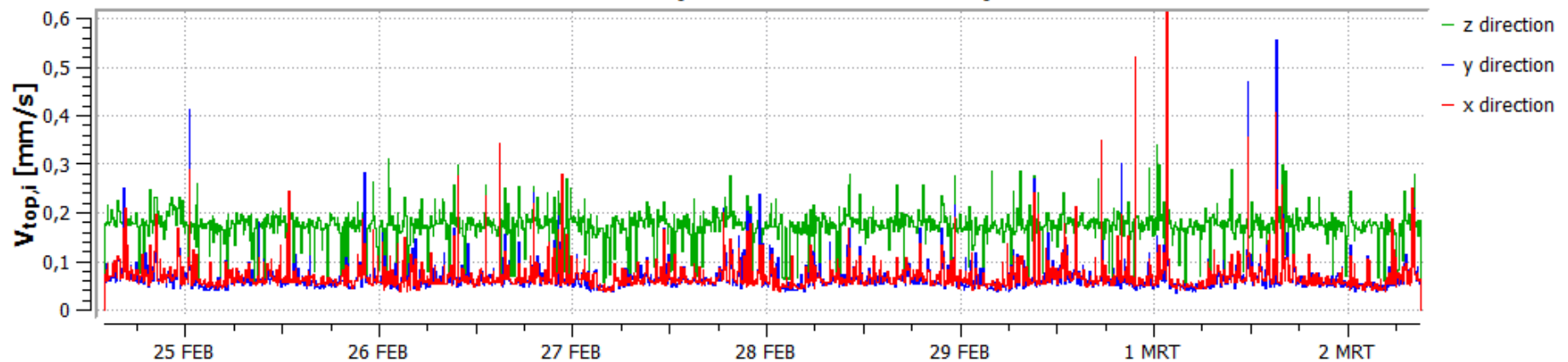
Bijlage 1

Titel	Trillingsregistraties bodem (V_{top})
-------	---

VIBe0426 - Mp1 - kavel 30m van spoor



VIBe0427 - Mp2 - kavel 50m van spoor



In de Z-richting van Mp2 zijn bijdragen gemeten van vermoedelijk een rioleringsleiding. Dit heeft verder geen invloed op de prognoses.

Bijlage 2

Titel

Prognose Lichthoven veld A

Trillingsprognose railverkeer

project	Lichthoven, Eindhoven	bronspectrum	Tankertrein 26-2-2020 09:53	passages per uur	2	(alleen $V_{\text{eff}} > 0,1$)
gebouwtype	Kantoortoren	vormfactor C_F	0,7	peiljaar	2020	
gebouwafstand (tot spoor)	27 m	referentieafstand	30 m	rijnsnelheid	40	km/u
				referentie snelheid	40	km/u

Bodemtrillingen

1/3-octaf	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	som
bronspectrum (rms, gem)					66	67	69	84	103	104	101	70	64	65	62	63	62	63	64	65	62				108
spreiding					3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0				
bronspectrum (rms, max)					69	70	72	87	106	107	104	73	67	68	65	66	65	66	67	68	65				111
snelheidscorrectie																									
geen																									
geen																									
afstandscorrectie					1,0	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	2,0				
L_v [dB]					70	71	72	88	106	107	105	74	68	68	66	66	66	67	68	69	67				111
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,00	0,00	0,02	0,21	0,24	0,18	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,36
																									0,52

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 1	Vert, Lichthoven TSH																						
$H_{v,1}$ [dB]				0,2	2,8	1,7	-3,0	-10,3	-10,0	-19,0	-14,6	-14,5	-12,2	-14,0	-15,0	-16,0	-20,0	-20,0	-20,0	-19,9					
L_v [dB]				70	74	74	85	96	97	86	59	53	56	52	51	50	47	48	50	48					100
V_{rms} [mm/s]				0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,10
																									0,15

SBR-C / Verstoring van apparatuur (v_{rms})

Begane grond	vloertype:	vloertype 3 (f ₀ = 10-20 Hz)																						
H _{v,vloer}		0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3						
L _v [dB]		71	74	75	86	98	101	91	66	61	64	59	58	56	53	52	53	50	103					
V _{rms} [mm/s]		0,00	0,01	0,01	0,02	0,08	0,11	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14					
																			V _{top}	0,20				
8e verdieping	vloertype:	vloertype 3 (f ₀ = 10-20 Hz)																						
H _{v,3} [dB]		1,5	2,5	2,0	2,5	3,0	0,0	-1,3	-2,6	-4,0	-5,3	-6,6	-8,0	-9,4	-10,7	-12,1	-13,5	-13,5						
H _{v,vloer} [dB]		0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3						
L _v [dB]		72	77	77	89	101	101	90	64	57	58	52	50	46	42	40	39	36	104					
V _{rms} [mm/s]		0,00	0,01	0,01	0,03	0,12	0,11	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16					
																			V _{top}	0,24				
16e verdieping	vloertype:	vloertype 3 (f ₀ = 10-20 Hz)																						
H _{v,3} [dB]		3,0	5,0	4,0	5,0	6,0	0,0	-2,5	-5,1	-8,0	-10,7	-13,3	-16,0	-18,8	-21,4	-24,1	-26,9	-27,0						
H _{v,vloer} [dB]		0,7	0,8	1,1	1,5	2,1	3,2	5,1	6,8	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,1	3,2	2,3						
L _v [dB]		74	79	79	91	104	101	89	61	53	53	46	42	37	31	28	26	23	106					
V _{rms} [mm/s]		0,00	0,01	0,01	0,04	0,16	0,11	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20					
																			V _{top}	0,29				

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})

Begane grond	gebouwtype:		User defined 1					Vert, Lichthoven TSH																			
SBR-weging	-15,1	-13,2	-11,2	-9,5	-7,8	-6,1	-4,7	-3,5	-2,5	-1,7	-1,2	-0,8	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0					101
L _v [dB]					63	68	70	83	96	99	90	65	60	63	59	58	56	53	52	53	50					0,11	
V _{eff,max} [mm/s]					0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,010	
8e verdieping																											
L _v [dB]					65	71	72	85	99	99	89	63	56	58	52	50	46	42	40	39	36					102	
V _{eff,max} [mm/s]					0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,13	
16e verdieping																											
L _v [dB]					66	73	74	88	102	99	87	60	52	53	45	42	37	31	28	26	23					104	
V _{eff,max} [mm/s]					0,00	0,00	0,01	0,02	0,12	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,16	
V _{per} [*]																											
0,014																											

Trillingsprognose railverkeer

project	Lichthoven, Eindhoven	bronspectrum	Tankertrein 2-3-2020 08:21	passages per uur	3	(alleen $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtype	Kantoortoren	vormfactor C_F	0,7	peiljaar	2020	
gebouwafstand (tot spoor)	27 m	referentieafstand	30 m	rijnsnelheid	40	km/u
				referentie snelheid	40	km/u

Bodemtrillingen

1/3-octaf	1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5	6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	som
bronspectrum (rms, gem)					66	74	76	94	97	97	89	85	73	79	70	67	66	65	64	63	62				101
spreiding					3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0				
bronspectrum (rms, max)					69	77	79	97	100	100	92	88	76	82	73	70	69	68	67	66	65				104
snelheidscorrectie																									
geen																									
geen																									
afstandscorrectie					1,0	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	2,0				
L_v [dB]					70	78	79	97	100	101	93	88	76	83	74	71	70	69	68	68	67				105
V_{rms} [mm/s]					0,00	0,01	0,01	0,07	0,10	0,11	0,04	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				0,18
																						V_{top}			0,25

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 2	Hor, Lichthoven TSH																						
$H_{v,1}$ [dB]				0,0	-0,8	1,7	1,7	-4,2	-5,0	-13,6	-14,6	-11,7	-12,6	-14,7	-15,0	-16,0	-20,0	-20,0	-19,9	-19,9					
L_v [dB]				70	77	81	99	96	96	79	74	65	70	59	56	54	49	48	48	47					102
V_{rms} [mm/s]				0,00	0,01	0,01	0,09	0,06	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,13
																					V_{top}				0,18

Begane grond	vloertype:	user defined																			
H _{v,vloer}		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
L _v [dB]		70	77	81	99	96	96	79	74	65	70	59	56	54	49	48	48	47		102	
v _{rms} [mm/s]		0,00	0,01	0,01	0,09	0,06	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,13	
																			v _{top}	0,18	

8e verdieping	vloertype:	user defined																				
H _{v,3} [dB]		4,0	7,0	5,5	3,0	4,0	0,5	-1,3	-2,6	-4,0	-5,3	-6,6	-8,0	-9,4	-10,7	-12,1	-13,5					
H _{v,vloer} [dB]		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
L _v [dB]		74	84	87	102	100	97	78	71	61	65	52	48	45	38	36	35	34	105			
v _{rms} [mm/s]		0,01	0,02	0,02	0,13	0,10	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18			
																	v _{top}	0,25				

16e verdieping										vloertype:		user defined													
H _{v,3} [dB]	8,0	14,0	11,0	6,0	8,0	1,0	-2,5	-5,1	-8,0	-10,7	-13,3	-16,0	-18,8	-21,4	-24,1	-26,9	-27,0								
H _{v,vloer} [dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								
L _v [dB]	78	91	92	105	104	97	76	69	57	60	46	40	35	28	24	21	20		108						
v _{rms} [mm/s]	0,01	0,04	0,04	0,18	0,16	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,26						
																	v _{top}		0,37						

SBR-B / Hinder voor personen (v_{eff})

Begane grond	gebouwtype:	User defined 2	Hor, Lichthoven TSH																						
SBR-weging				-15,1	-13,2	-11,2	-9,5	-7,8	-6,1	-4,7	-3,5	-2,5	-1,7	-1,2	-0,8	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
L_v [dB]				62	71	76	96	93	94	78	73	64	70	59	56	54	49	48	48	47					99
$V_{eff,max}$ [mm/s]				0,00	0,00	0,01	0,06	0,05	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,09
																					V_{per}^*				0,000

8e verdieping																									
L_v [dB]				66	78	82	99	97	95	76	70	60	65	52	48	45	38	36	35	34					102
$V_{eff,max}$ [mm/s]				0,00	0,01	0,01	0,09	0,07	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,13
																					V_{per}^*				0,014

16e verdieping																									
L_v [dB]				70	85	87	102	101	95	75	68	56	59	46	40	35	27	24	21	20					105
$V_{eff,max}$ [mm/s]				0,00	0,02	0,02	0,12	0,12	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					0,18
																					V_{per}^*				0,020