

Trillingsonderzoek theaterkwartier Lelystad

Status	definitief
Versie	001
Rapport	M.2019.0701.00.R001
Datum	15 augustus 2019



Colofon

Opdrachtgever	Gemeente Lelystad Postbus 91 8200 AB LELYSTAD
Contactpersoon opdrachtgever	de heer E. Munnike
Project Betreft Uw kenmerk	Theaterkwartier Lelystad trillingsonderzoek -
Rapport Datum Versie Status	M.2019.0701.00.R001 15 augustus 2019 001 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	ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen 088 346 75 69 ln@dgmr.nl
2e lezer/secr.	LN BRA

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Situatie	5
3. Toetsingskader	6
3.1 Trillingen	6
4. Metingen	7
4.1 Kavel	7
4.2 Overdrachtsmeting	8
5. Meetresultaten	9
5.1 Kavelmeting	9
5.2 Overdrachtsmeting bodem-gebouw	10
6. Prognose	11
7. Conclusies	13

Bijlagen

Bijlage 1	Trillingsregistraties
Bijlage 2	Trillingsprognose Theaterkwartier Lelystad

1. Inleiding

In opdracht van gemeente Lelystad heeft DGMR onderzoek gedaan naar de te verwachten trillingen voor de te bouwen woningen op de kavel 'Theaterkwartier' in Lelystad. De trillingen in kwestie zijn afkomstig van de spoorlijn Zwolle - Lelystad. Deze lijn is overwegend in gebruik door reizigerstreinen van Zwolle naar Amsterdam/Schiphol, die alle stoppen in Lelystad. Er rijden slechts in beperkte mate goederentreinen. Onderzocht moet worden of de trillingen in de te bouwen woningen, afkomstig van het spoor, voldoen aan de daarvoor geldende richtlijnen.

Om inzicht te krijgen in de trillingsrisico's zijn in juli 2019 trillingsmetingen gedaan in de bodem op de kavel. Tegelijkertijd zijn er metingen gedaan om meer inzicht te krijgen in de te verwachten trillingsoverdracht van de bodem naar de gebouwfundatie. Deze overdrachtsmetingen zijn verricht aan twee representatieve woongebouwen in de nieuwbouwwijk Schouw, aan de westzijde van het spoor en op gelijke hoogte als de kavel Theaterkwartier.

De trillingsmetingen op de kavel en de overdrachtsmetingen aan de twee woongebouwen zijn verwerkt tot een prognose van de te verwachten trillingssterkten door treinpassages in de voorziene nieuwbouw in Lelystad. De geprognosticeerde trillingssterkten zijn vervolgens getoetst aan de SBR-richtlijn Trillingen deel B - 'Trillingshinder voor personen in gebouwen'.

2. Situatie

De kavel 'Theaterkwartier' in Lelystad ligt tussen de Agorabaan en parkeergarage de Waag, ten oosten van de spoorlijn Zwolle - Lelystad en de Stationsweg. De kavel is nu deels bebouwd met opstallen die gesloopt gaan worden. In figuur 1 is het momenteel onbebouwde deel van de kavel aangegeven. De voorgenomen invulling van deze kavel wordt getoond in figuur 2.



figuur 1: onbebouwde deel kavel 'Theaterkwartier' in het rood

bron: Google Maps

De bebouwing komt op minimaal 50 m afstand tot het spoor. Binnen 100 m van het spoor, wat vaak als onderzoekafstand wordt aangehouden, bevinden zich alleen woongebouwen. Ter hoogte van de kavel bevinden zich in het spoor drie wissels. De spoorlijn bestaat hier uit vier sporen en twee verbindingssporen. Het spoor ligt op een talud van 3 à 3,5 m hoogte. De lijn wordt overwegend gebruikt door reizigerstreinen die alle stoppen op het 200 m zuidelijker gelegen station Lelystad. De rijnsnelheid ter hoogte van de kavel is daardoor beperkt. Goederentreinen komen slechts sporadisch voor op deze lijn.



figuur 2: invulling 'Theaterkwartier', geel = woonbestemming, zalmkleurig = gemengde bestemming

3. Toetsingskader

3.1 Trillingen

Voor de nieuwbouw zijn geen afwijkende 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.

tabel 1: SBR-B - Streefwaarden herhaald voorkomende trillingen (railverkeer), nieuwe situaties

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05

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 nieuwe woningen nabij een spoorlijn wordt voldaan aan de SBR-B als de maximale effectieve trillingssterkte V_{max} kleiner is dan 0,2 (A2/nacht) en de tijdgemiddelde trillingssterkte V_{per} niet hoger is dan 0,05 (A3). Als V_{max} lager is dan 0,1, dan komt de toetsing van de V_{per} te vervallen.

De SBR-B is gebaseerd op de DIN4150 Teil 2 en de V_{eff} uit de SBR-B is overeenkomstig de in de DIN4150 gedefinieerde KB-waarde. De DIN4150 geeft de volgende kwalificatie qua voelbaarheid van trillingen:

- $KB \geq 0.1$: juist voelbaar
- $KB \geq 0.4$: goed voelbaar
- $KB \geq 1.6$: sterk voelbaar

4. Metingen

4.1 Kavel

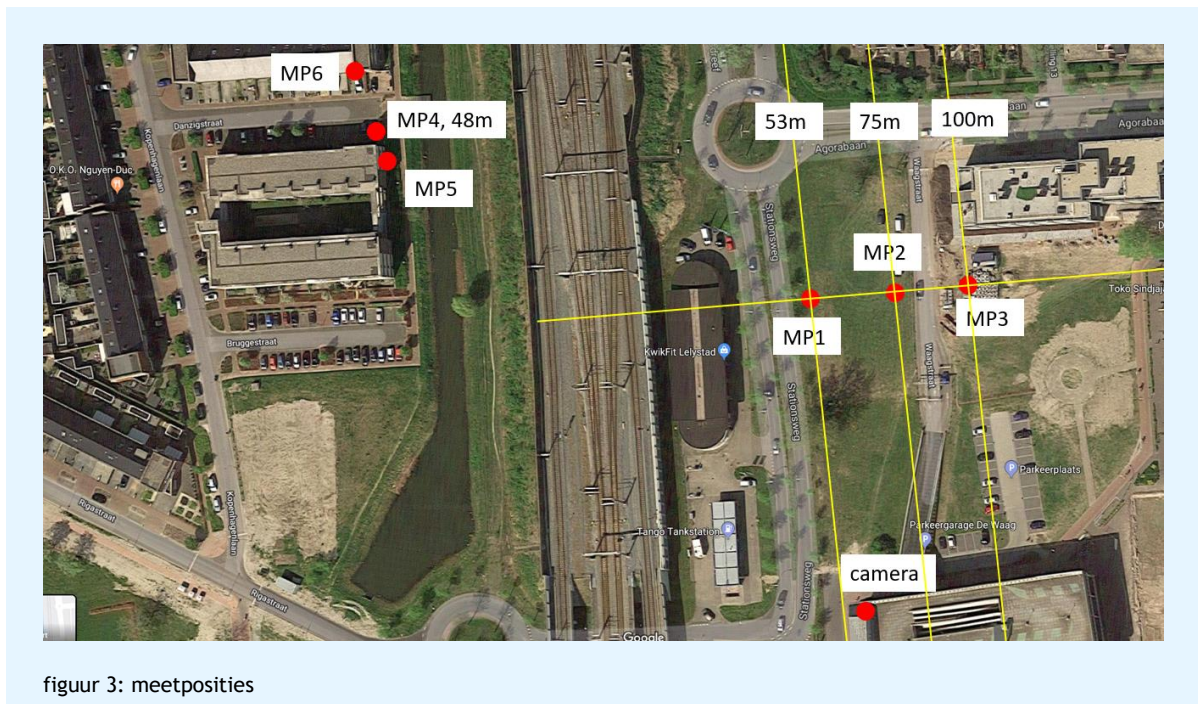
4.1.1 Meetpunten

Voor de trillingsprognose is de trillingsverzwakking in de bodem met toenemende afstand tot het spoor van belang. Daarom zijn trillingsmetingen uitgevoerd in de bodem op drie posities met toenemende afstand tot het spoor, zie figuur 2. Tabel 2 geeft een overzicht van de gebruikte meetsystemen.

tabel 2: meetsystemen kavelmeting

Meetpunt	Afstand tot spoor	Meetsysteem	Serienummer
Mp1	53 m	Vibra-sbr, AH0071	VIB 00485
Mp2	75 m	Vibra-sbr, AH0073	VIB 00488
Mp3	100 m	Vibra-sbr, AH0084	VIB 00588

De meetsystemen zijn gemonteerd op een 70 cm lange meetpen in de bodem, die over nagenoeg de volle lengte is ingeslagen om een goede koppeling met de bodem te verkrijgen.



figuur 3: meetposities

4.1.2 Meetomstandigheden

De metingen op de kavel en de overdrachtsmetingen zijn uitgevoerd tussen 23 en 30 juli 2019. In deze week is er geen afwijking geconstateerd in de bedrijfsvoering op het spoor. Treinen reden met gebruikelijke snelheden op de gebruikelijke sporen. In de meetperiode zijn tenminste vier goederentreinen gepasseerd.

Op 24 juli om 11.25 u is door surveillerende agenten de sensorkop van meetpunt 1 losgetrokken. Na deze gebeurtenissen vertoont de registratie van dit meetpunt frequent zeer hoge trillingspieken. Nadere beschouwing van de registraties wekt de indruk dat de registraties op momenten van treinpassages en zwaar verkeer evenwel bruikbaar zijn.

4.1.3 Verwerking metingen

De meetsystemen meten de maximale trillingssterkte V_{top} en de voor trillingshinder maatgevende effectieve trillingssterkte V_{eff} . De V_{eff} wordt gemeten in 30 seconden intervallen volgens de SBR-B. Voor identificatie van treinpassages en check op verstoringen is dit te grof. Dit gebeurt daarom op basis van de V_{top} die per 3 seconden is vastgelegd en met behulp van de beelden van de spoorgerichte camera die is gemonteerd op het dak van de parkeergarage. Van geïdentificeerde treinpassages, vrij van verstoring, is de bijbehorende effectieve trillingssterkte $V_{eff,max}$ geselecteerd voor verdere analyse en prognose.

4.2 Overdrachtsmeting

4.2.1 Meetpunten

De overdrachtsverzwakking van bodem naar bouwwerk hangt sterk af van de gebouwmassa, maar ook van het type funderingssysteem en de bodemgesteldheid. Hierin kunnen per locatie grote verschillen optreden. Om qua bodemgesteldheid zo min mogelijk af te wijken zijn panden gezocht in de directe nabijheid van het Theaterkwartier. Aan de westzijde van het spoor staan woningen en appartementen van recente datum. Deze moderne op palen gefundeerde panden zijn als representatief te beschouwen voor nieuwe bouwwerken op korte afstand van het spoor. De geselecteerde panden zijn:

- Een 3-laags appartementencomplex aan de Kopenhagenlaan.
- Een 3-laags rijwoning aan de Danzigstraat.

Beide panden zijn in figuur 3 aangegeven.

4.2.2 Meetapparatuur

In tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de gebruikte meetsystemen.

tabel 3: meetsystemen kavelmeting

Meetpunt	Locatie	Meetsysteem	Serienummer
Mp4	Bodem	Vibra-sbr, AH0083	VIB 00587
Mp5	Gevel appartementencomplex	Vibra-sbr, AH0087	VIB 01044
Mp6	Gevel Danzigstraat 19 (rijwoning)	Vibra-sbr, AH0088	VIB 01055

Het meetpunt in de bodem (Mp 4) is geplaatst tussen het appartementencomplex en de rijwoning om beïnvloeding door de panden zoveel mogelijk te voorkomen. Voor het bepalen van de trillingsniveaus op het stijve punt van de draagconstructie zijn meetsystemen aan de gevels van beide panden gemonteerd.

4.2.3 Verwerking metingen

Per meetsysteem zijn de qua trillingssterkte hoogste passages gebruikt voor het bepalen van de overdracht van bodem naar gebouw. Alleen als de trillingssterkte tijdens een treinpassage duidelijk boven het achtergrondniveau uitkomt is een goede overdrachtsbepaling mogelijk. De bepaalde overdrachten zijn gebruikt voor de prognoses, zie hoofdstuk 6.

5. Meetresultaten

5.1 Kavelmeting

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 4.1.3 is omschreven, wordt gebruikt voor identificatie van de treinpassages. De meetresultaten laten zien dat trillingssterkten op de kavel afkomstig van het treinverkeer laag zijn en ook lager dan hetgeen door het frequente wegverkeer op de Stationsweg (lijnbusen) wordt opgewekt. Om toch een beeld te kunnen vormen van de trillingsopwekking van treinen, is een aantal stukken uit de registratie uitvergroet zodat weg- en treinverkeer onderscheiden kunnen worden. Ook deze momenten zijn te vinden in (de vervolgbleden van) bijlage 1.

Uit bijlage 1 blijkt dat passagierstreinen verwaarloosbare trillingssterkten opwekken op de kavel. Alleen goederentreinen zijn in de registraties te onderscheiden. In tabel 4 zijn de trillingssterkten van vier geïdentificeerde goederentreinen weergegeven. Eén van deze goederentreinen is daarbij verstoord door een gelijktijdig passerende lijnbus, wat dan vooral tot uitdrukking komt op meetpunt Mp1 dat het dichtst bij het spoor ligt en vlak langs de stationsweg. De dominante frequenties bij goederentreinpassages liggen tussen 4 Hz en 10 Hz, afhankelijk van het treintype.

tabel 4: gemeten trillingssterkten V_{max} door goederentreinpassages in de bodem

Trein	Mp1 (53 m)			Mp2 (75 m)			Mp3 (100 m)		
	X (\perp spoor)	Y (\parallel spoor)	Z (vert)	X	Y	Z	X	Y	Z
24/7 01:29	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,07	0,09	0,09
25/7 20:30	0,26 ^a	0,10	0,30 ^a	0,10	0,10	0,10	0,08	0,06	0,09
26/7 20:17	0,10	0,10	0,09	0,06	0,09	0,08	0,06	0,07	0,08
29/7 20:17	0,10	0,10	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07

a) verstoord door gelijktijdig passerende lijnbus

Uit tabel 4 valt af te lezen dat de trillingsopwekking dus zeer gering is. De trillingssterkten liggen onder de algemeen aangehouden voelbaarheidsgrens van 0,1.

Het veelvuldige bus- en vrachtverkeer op de Stationsweg geeft aanmerkelijk meer trillingen op de kavel dan de reizigerstreinen. In tabel 5 is een vergelijk gegeven van de trillingsopwekking (V_{eff}) in de kavel door zowel treinen als wegverkeer. Te zien valt dat zwaar wegverkeer een factor 3 tot 5 keer meer trillingen opwekt op het eerste meetpunt dan respectievelijk goederentreinen en reizigerstreinen. Verderaf van weg en spoor neemt de invloed van wegverkeer af en op 100 m afstand of meer is de invloed van wegverkeer geringer dan die van de goederentreinen.

tabel 5: trillingssterkten V_{max} in de bodem - vergelijk rail- en wegverkeer

Trein	Mp1 (53 m)			Mp2 (75 m)			Mp3 (100 m)		
	X (\perp spoor)	Y (\parallel spoor)	Z (vert)	X	Y	Z	X	Y	Z
Goederentreinen	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,08	0,09	0,09
Reizigerstreinen	0,05	0,08	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Wegverkeer (bus) ^{a)}	0,27	0,18	0,45	0,08	0,05	0,13	0,05	0,03	0,1

a) wegverkeer Stationsweg

Vanwege het grote aantal verstoringen door (zwaar) wegverkeer en het zeer beperkte aantal (goederen) treinen is er geen statistische verwerking van treinpassages mogelijk om de statistisch maximale waarde ($V_{max,stat}$) vast te stellen. De V_{max} -waarden in tabel 5 betreffen de maximale

waarden uit de ongestoorde passages. Duidelijk is dat het wegverkeer hier een grotere trillingsbron vormt dan het treinverkeer.

5.2 Overdrachtsmeting bodem-gebouw

Van de vier gepasseerde goederentreinen is de trillingsoverdracht van bodem naar gebouwfundatie bepaald. Vanwege de zeer geringe trillingsniveaus tijdens deze passages zijn er geen spectrale gegevens beschikbaar en is voor de overdracht gekeken naar de verhouding tussen de totale trillingssterkten per meetpunt en de bijbehorende dominante frequentie. In tabel 6 zijn de uit deze passages bepaalde verzwakkingen te zien.

tabel 6: overdrachtsverzwakking bodem-gebouw [dB]

	X (⊥ spoor)	Y (// spoor)	Z (verticaal)
Rijwoningen	-2,6 dB (4 Hz)	Nihil (4 Hz)	-1,5 dB (6-8 Hz)
Appartementencomplex	-2,9 dB (4 Hz)	-7,0 dB (4 Hz)	-3,4 dB (6-8 Hz)

In tabel 6 is in de horizontale Y-richting, evenwijdig aan het spoor, een opmerkelijk verschil te zien in overdrachtsverzwakking van bodem naar gebouwfundatie. Aan de rijwoning is in deze richting geen verzwakking gemeten, maar bij het appartementencomplex zelfs 7 dB. Het blok rijwoningen staat haaks op het spoor op basis waarvan verwacht wordt de geringe diepte van dit blok in de Y-richting hier de oorzaak van is. Het appartementencomplex strekt zich in deze richting juist uit waardoor het in deze richting moeilijker in trillingen te brengen is met een grotere overdrachtsverzwakking tot gevolg.

In de X-richting haaks op het spoor strekken beide bouwwerken zich uit over grotere afstand en is de weerstand tegen trillingen aanmerkelijk, maar de overdrachtsverzwakking is evenwel beperkt tot ongeveer 3 dB.

In de verticale meetrichting is de gemeten verzwakking aan het appartementencomplex iets groter dan aan de rijwoning maar in beide gevallen gaat het om een geringe verzwakking van 2 tot 3 dB.

6. Prognose

De kortste afstand van toekomstige bebouwing met een woonfunctie tot het spoor is 53 m. De trillingsmetingen laten zien dat er op deze afstand al geen voelbare trillingen meer zijn in de bodem als gevolg van zowel goederen- alsook reizigerstreinen. De hoogst gemeten trillingssterkten raken net de algemeen aangehouden voelbaarheidsdrempel van 0,1. Evenwel kan in bouwwerken enige trillingsversterking optreden en kunnen trillingen dus weer voelbaar zijn.

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 wordt voor de verzwakking naar de gebouwfundatie uitgegaan van de in tabel 6 aangegeven verzwakkingswaardes. De prognoses zijn opgesteld voor zowel de verticale alsook de maatgevende horizontale richting.

Voor de mogelijke trillingsversterking van vloeren wordt gerekend met een overdracht waarbij de maximale trillingsversterking optreedt rond de laagste buig-eigenfrequentie van de vloer. De maximale versterking ligt in de orde van een factor 2,5 tot 3 (8 tot 10 dB), afhankelijk van het vloertype. In de praktijk komt dit neer op een maximale versterking op het vloermidden van een factor 1 tot 3 (0 tot 10 dB), afhankelijk van de mate waarin eigenfrequenties overeenstemmen met dominante frequenties in het treinspectrum.

Aangenomen is dat relatief stijve vloeren worden toegepast met een laagste eigenfrequentie ruim boven de dominante frequenties uit het treinspectrum, zijnde 6 tot 8 Hz. Geadviseerd wordt om een vloersysteem te kiezen waarbij de laagste eigenfrequentie minstens 12 Hz bedraagt.

Bijlage 2 toont een prognoseberekening voor een op palen gefundeerde woning van twee bouwlagen plus kap. Opgenomen is de voor trillingen maatgevende horizontale richting en de verticale (Z) richting. De prognose geldt voor de minimale bouwafstand van 53 meter tot het spoor.

De prognose is alleen opgesteld voor goederentreinpassages. Van reizigerstreinen zijn geen voelbare trillingen te verwachten.

Voor de V_{per} berekening is alleen het aantal treinen dat voelbare trillingen opwekt relevant. In dit meetprogramma zijn dat slechts vier goederentreinen geweest gedurende een week meten. Voor de V_{per} -berekening is het aantal goederentreinen gesteld op één per uur.

Tabel 4 geeft een overzicht van de geprognosticeerde trillingssterkten voor grondgebonden eengezinswoningen en hogere/zwaardere appartementenbouw op deze locatie. In bijlage 2 zijn de prognoseberekeningen voor een appartementencomplex op 53 m afstand van het spoor opgenomen.

tabel 7: trillingsprognose (V_{max}/V_{per}) nieuwbouw

Gebouwtype	Bouwlagen	Richting	Trillingssterkte V_{max} (V_{per})		
			53 m	75 m	100 m
Laagbouw op palen	2-3	Horizontaal	0,16 (0,01)	0,13 (0,01)	< 0,1 (--)
		Verticaal	0,16 (0,01)	0,13 (0,01)	< 0,1 (--)
Appartementencomplex (op palen)	3-5	Horizontaal	0,12 (0,01)	0,10 (--)	< 0,1 (--)
		Verticaal	0,14 (0,01)	0,12 (0,01)	< 0,1 (--)

Uit tabel 7 blijkt dat er op de minimale bouwafstand van 53 meter tot het spoor wordt voldaan aan de streefwaarden uit de SBR-B, zowel voor grondgebonden eengezinswoningen alsook appartementenbouw. Voor beide onder de aanname dat er een paalfundering wordt toegepast.


7. Conclusies

Uit de trillingsmetingen op de bouwkaavel, de overdrachtsmetingen aan representatieve bebouwing en daarop gebaseerde prognoses volgt dat:

- Het zwaar verkeer op de Stationsweg een grotere trillingsbron vormt dan het spoorverkeer, althans voor de eerstelijns bebouwing.
- Van het railverkeer alleen de weinig voorkomende goederentreinen relevant zijn.
- De verwachte trillingen door railverkeer in de geplande woningen op minimaal 53 m afstand tot het spoor voldoen aan de streefwaarden uit de SBR-B. Voorwaarde daarbij is dat er een paalfundering wordt toegepast en een vloersysteem met een laagste buig-eigenfrequentie van tenminste 12 Hz.

Geconcludeerd wordt dat railverkeer naar verwachting niet tot trillingshinder leidt in de te bouwen woningen, zolang er maar gezorgd wordt voor voldoende bouwmassa en vloerstijfheid.

Voor lichte bouwwijzen op basis van een houtskelet of lichte staalconstructie met eveneens lichtgewicht vloersysteem is geen prognose gegeven. Dergelijke bouwwijzen worden op deze locatie niet aanbevolen, maar vergen nader onderzoek.



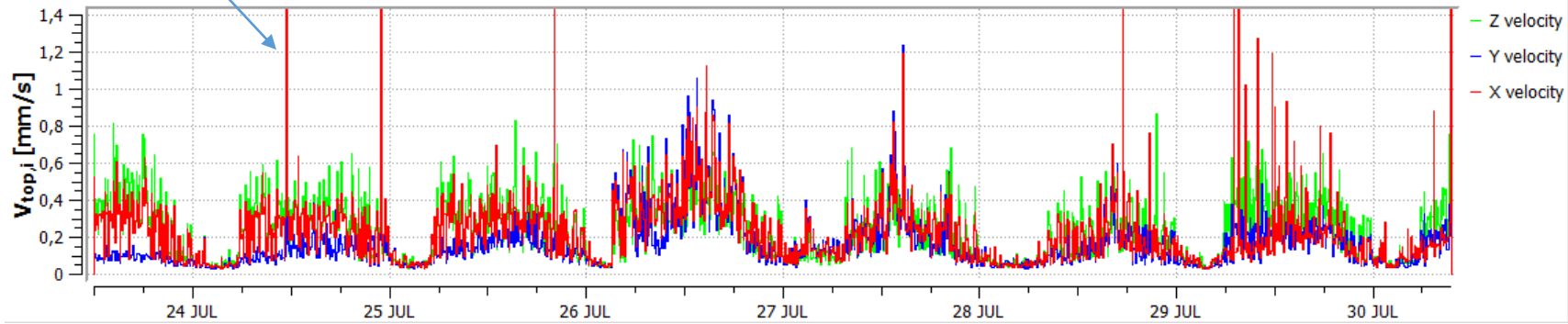
ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Bijlage 1

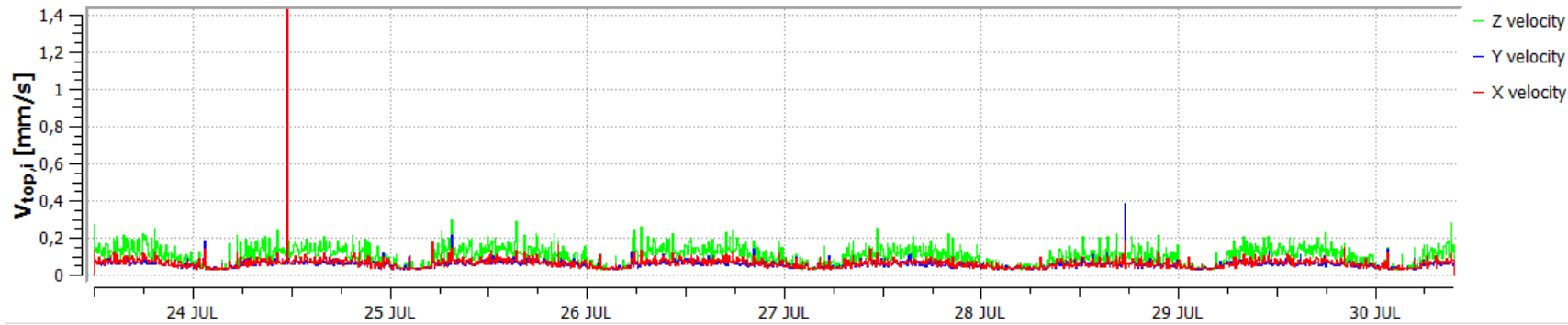
Titel	Trillingsregistraties
Toelichting	Trillingssterkte V_{top}

Sensor losgetrokken door agenten

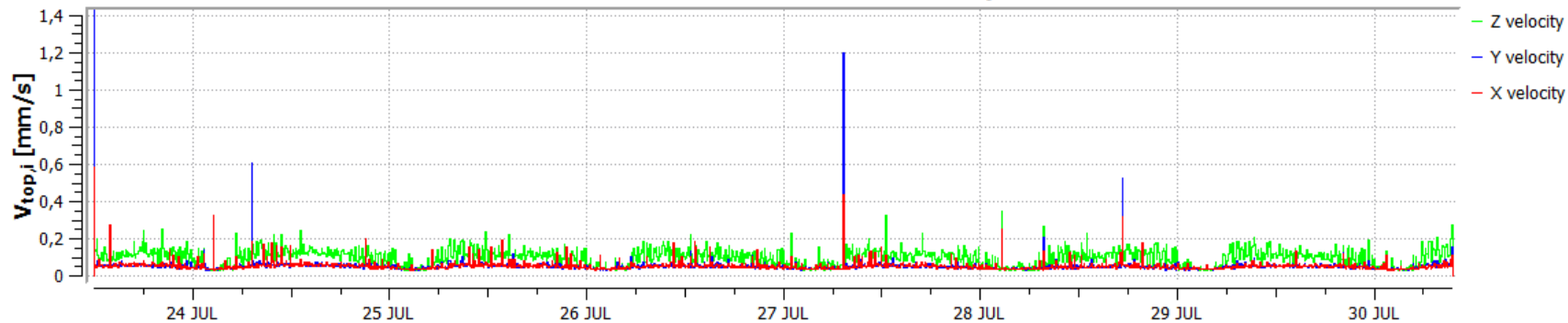
VIB00485 AH0071 2019-07-23 - Mp1



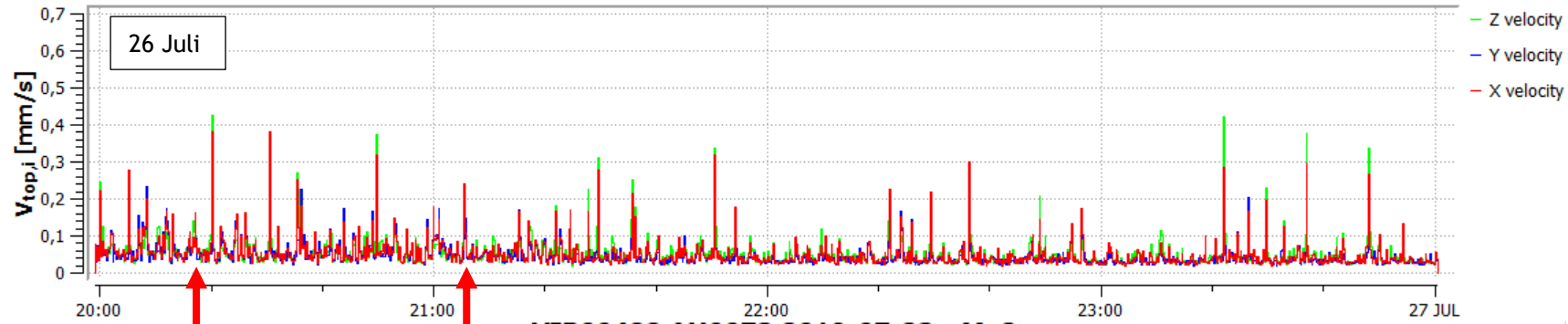
VIB00488 AH0073 2019-07-23 - Mp2



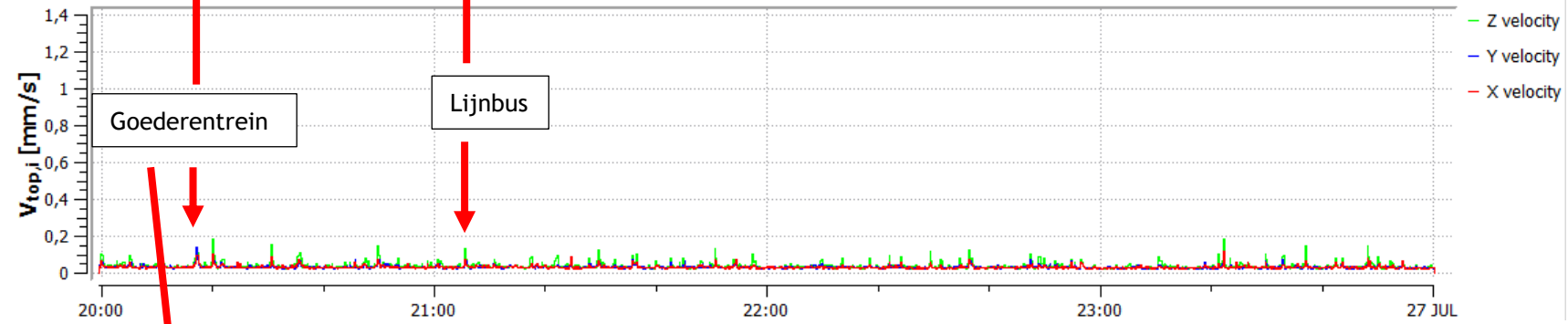
VIB00588 AH0084 2019-07-23 - Mp3



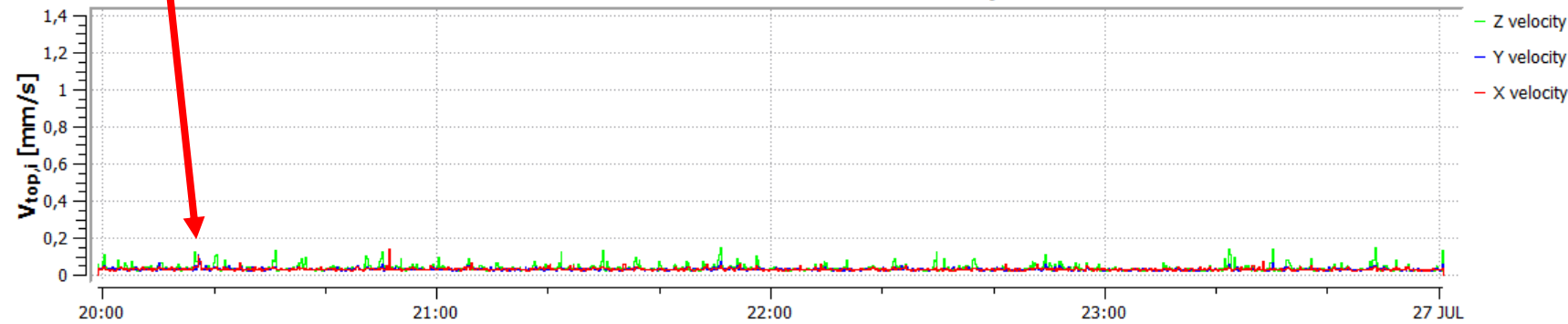
VIB00485 AH0071 2019-07-23 - Mp1



VIB00488 AH0073 2019-07-23 - Mp2



VIB00588 AH0084 2019-07-23 - Mp3



Bijlage 2

Titel	Trillingsprognose Theaterkwartier Lelystad
-------	--

Trillingsprognose railverkeer

project	Theaterkwartier, Lelystad	bronspectrum	Meetpunt ref, MP4 - goederentrein 25/7 - 20:30:00	passages per uur	1 (alleen $V_{eff} > 0,1$)
gebouwtype	Appartementen complex	vormfactor C_F	0,7 (verhouding V_{rms}/V_{top})	peiljaar	2019
gebouwafstand (tot spoor)	53 m	referentieafstand	53 m	rijnsnelheid	80 km/u
				referentie snelheid	80 km/u

Bodemtrillingen

1/3-octAAF	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)					80	91	93	95	92	92	88	85	74	74	74	73	68	59	56	57	51				100
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	3,0	3,0	3,0	
bronspectrum (rms, max)					83	94	96	98	95	95	91	88	77	77	77	76	71	62	59	60	54				103
snelheidscorrectie																									
geen																									
afstandscorrectie																									
L_v [dB]					83	94	96	98	95	95	91	88	77	77	77	76	71	62	59	60	54				103
V_{rms} [mm/s]					0,01	0,05	0,07	0,08	0,06	0,06	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
																									V_{top}
																									0,21

SBR-A / Gebouwschade

Stijf punt fundatie	gebouwtype:	User defined 1																bouwlagen:	4						
$H_{v,1}$ [dB]		-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9
L_v [dB]		80	91	94	95	92	92	88	85	74	74	75	73	68	59	56	57	52							101
V_{rms} [mm/s]		0,01	0,03	0,05	0,06	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
																									V_{top}
																									0,15

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

Begane grond	vloertype:	vloertype 3 ($f_0 = 10-20$ Hz)																							
$H_{v,vloer}$		0,8	1,2	1,6	2,3	3,5	5,1	6,6	7,6	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,5	3,8	3,2							
L_v [dB]		81	92	95	98	96	97	95	93	82	82	82	80	73	64	60	61	55							104
V_{rms} [mm/s]		0,01	0,04	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
																									V_{top}
																									0,23

1e verdieping	vloertype:	vloertype 3 ($f_0 = 10-20$ Hz)																							
$H_{v,3}$ [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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
$H_{v,vloer}$ [dB]		0,8	1,2	1,6	2,3	3,5	5,1	6,6	7,6	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,5	3,8	3,2							
L_v [dB]		81	92	95	98	96	97	95	93	82	82	82	80	73	64	60	61	55							104
V_{rms} [mm/s]		0,01	0,04	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
																									V_{top}
																									0,23

2e verdieping	vloertype:	vloertype 3 ($f_0 = 10-20$ Hz)																							
$H_{v,3}$ [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	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
$H_{v,vloer}$ [dB]		0,8	1,2	1,6	2,3	3,5	5,1	6,6	7,6	8,0	7,6	7,0	6,4	5,8	5,1	4,5	3,8	3,2							
L_v [dB]		81	92	95	98	96	97	95	93	82	82	82	80	73	64	60	61	55							104
V_{rms} [mm/s]		0,01	0,04	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
																									V_{top}
																									0,23

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

Begane grond																									
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	0,0	0,0	
L_v [dB]					73	86	90	94	93	96	94	92	82	82	81	79	73	64	60	61	55				102
$V_{eff,max}$ [mm/s]					0,00	0,02	0,03	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,008
																									V_{per}^*
																									0,008

1e verdieping																									
L_v [dB]					73	86	90	94	93	96	94	92	82	82	81	79	73	64	60	61	55				102
$V_{eff,max}$ [mm/s]					0,00	0,02	0,03	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,008
																									V_{per}^*
																									0,008

2e verdieping																									
L_v [dB]					73	86	90	94	93	96	94	92	82	82	81	79	73	64	60	61	55				102
$V_{eff,max}$ [mm/s]					0,00	0,02	0,03	0,05	0,04	0,06	0,05	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,008
																									V_{per}^*
																									0,008

* o.b.v. aangegeven aantal passages per uur met $V_{eff} > 0,1$

