

Trillingsoverdracht N389

Schade en hinder: nulmeting



Opdrachtgever: Antea Group Nederland

Rapportnummer: LA.20221003.R01

Colofon

Rapportnummer: LA.20221003.R01
Plaats en datum: Eindhoven, 15-2-2023
Versie: 2

Opdrachtgever: Antea Group Nederland

Uitgevoerd door: Level Acoustics & Vibration

Auteur(s): ir. Tim Schellekens
drs. Arnold Koopman
E-mail: arnold.koopman@levelav.nl
Telefoon: +31 40 247 2700

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag openbaar gemaakt worden of aan derden beschikbaar gesteld worden zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Level Acoustics & Vibration. Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden van Level Acoustics & Vibration, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage tonen van het Level Acoustics & Vibration rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

INHOUDOPSGAVE

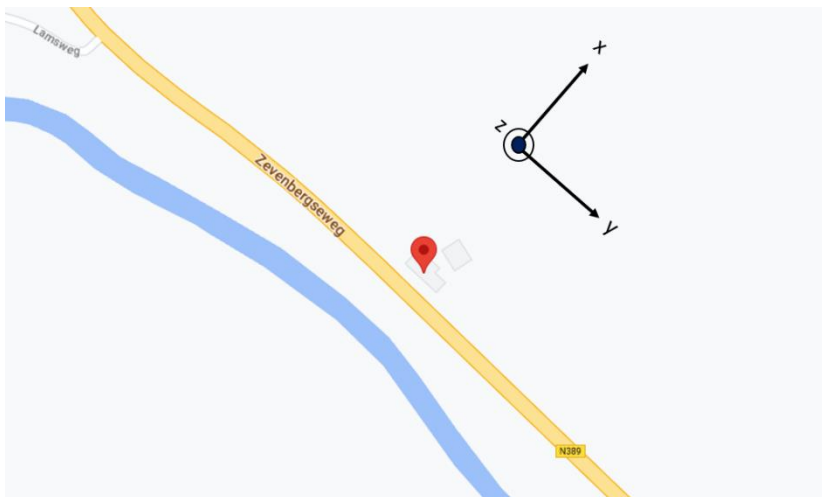
1	Inleiding.....	4
2	Apparatuur.....	5
3	Opstelling.....	6
4	Resultaten.....	8
5	Conclusie.....	13
6	Referenties.....	14
	Annex A: Positie en configuratie van meetsets.....	15
	Annex B: Instellingen DA-21 4 Channel data recorder.....	15

1 INLEIDING

Antea Group voert in opdracht van de provincie Noord-Brabant voorbereidingen uit voor groot onderhoud aan de N389. Aan deze weg ligt een dijkhuis op geringe afstand van de weg met adres Zevenbergseweg 42 (Figuur 1). Wegverkeer, voor en na het onderhoud, en de onderhoudswerkzaamheden zelf stellen het pand bloot aan trillingen. De vraag is in hoeverre deze trillingsbelasting tot schade aan het pand kan leiden en/of tot trillingshinder aanleiding kunnen geven. Met een nulmeting, om de huidige situatie wat betreft trillingsblootstelling vast te leggen, kunnen deze risico's worden ingeschat en kunnen vervolgens indien nodig voorzieningen worden overwogen en ingepland.

Gedurende een periode van 2 weken is een trillingsmeting uitgevoerd in het dijkhuis. Deze metingen zijn nadien geanalyseerd, gerapporteerd en opgeslagen voor eventuele latere referentie. De meting kent de volgende aspecten:

1. Meting conform SBR trillingsrichtlijn A (schade aan bouwwerken) [1], volgens de "beperkte" meetmethode (twee meetpunten in het pand: één aan de fundering en één op de hoogste verdieping).
2. Meting conform SBR trillingsrichtlijn B (hinder voor personen in gebouwen) [2].
3. De meetperiode was van 12 december 2022 tot en met 27 december 2022.
4. Plaatsing van een webcam, gericht op de weg, teneinde de maatgevende hoogste trillingsniveaus te kunnen duiden (ook ter falsificatie, in geval van stoortrillingen).
5. Ter referentie en om een worst case af te dwingen is gemeten aan de passage van een hiervoor speciaal geregelde 5-assige zandwagen belast met 50 ton zand van firma J. Baremans uit Etten-Leur.



Figuur 1: Plattegrond van het dijkhuis (rode marker) aan de N389.

2 APPARATUUR

Voor de metingen is gebruik gemaakt van de volgende apparatuur:

- 8x Wilcoxon 731A Seismic Accelerometer
- 4x Wilcoxon Mounting Cube
- 2x Rion DA-21 4 Channel Data Recorder
- 1x Brinno TLC 2000 Timelapse camera

3 OPSTELLING

Het dijkhuis begeeft zich op Zevenbergsweg 42 in Etten-Leur aan de N389 (Figuur 2).

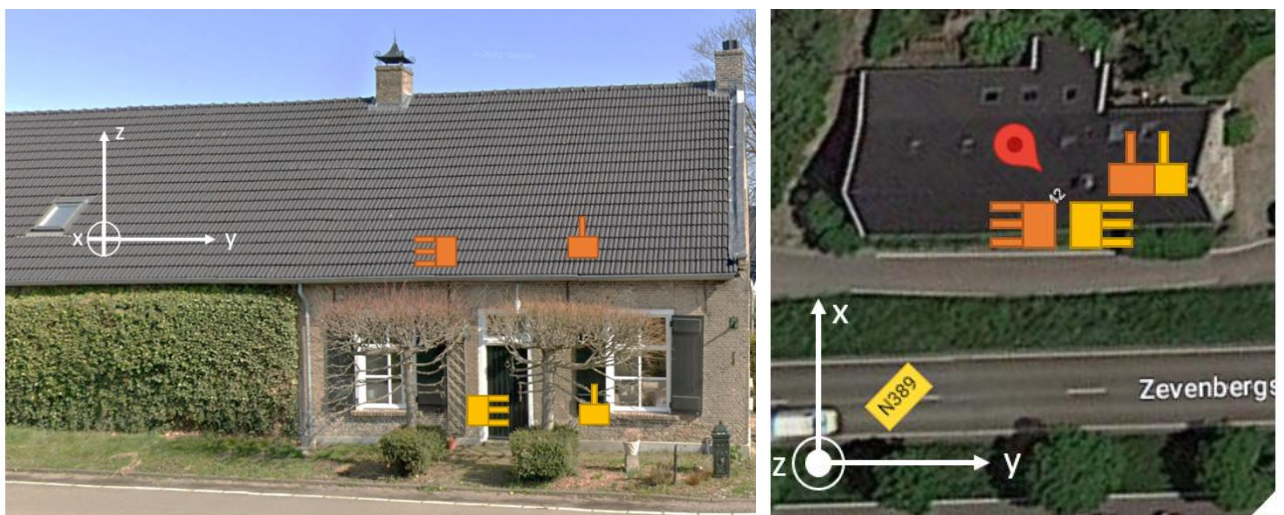
Op de begane grond (geel) en de 1^e verdieping (oranje) is een 1D sensor (pictogram met 1 spike) en een 3D sensor geplaatst (pictogram met 3 spikes).

Een 1D sensor bestaat uit 1 Wilcoxon Accelerometer geplaatst op een Wilcoxon Mounting Cube.

Een 3D sensor bestaat uit 3 Wilcoxon Accelerometers orthogonaal geplaatst op een Wilcoxon Mounting Cube.

Op elke verdieping is een Rion DA-21 Data Recorders aangesloten op de 2 sensoren. De eerste 3 kanalen van elke Rion DA-21 waren de 3 orthogonale richtingen van de 3D sensor geplaatst aan de muur van het huis. Het vierde kanaal was de 1D sensor in de verticale richting geplaatst op de vloer van de begane grond en de eerste verdieping. Zie Annex A voor de configuratie van de meetsets.

In Annex B staan de *Input Parameters* en de *Recording Parameters* van de DA-21 Data Recorders.



Figuur 2: Vooraanzicht (links) en bovenaanzicht (rechts). De pictogrammen met 3 spikes representeren 3D sensoren, de pictogrammen met 1 spike representeren 1D sensoren.

3.1 Begane grond

Op de begane grond is de 3D sensor gemonteerd aan de muur haaks op de weg. De 1D sensor is los geplaatst op de vloer onder de bank ongeveer in het midden van de kamer.



Figuur 3: Plaatsing sensoren begane grond

3.2 Eerste verdieping

Op de eerste verdieping is de 3D sensor gemonteerd aan de muur haaks op de weg in de stroomkast. De 1D sensor is los geplaatst op de vloer in de logeerkamer.

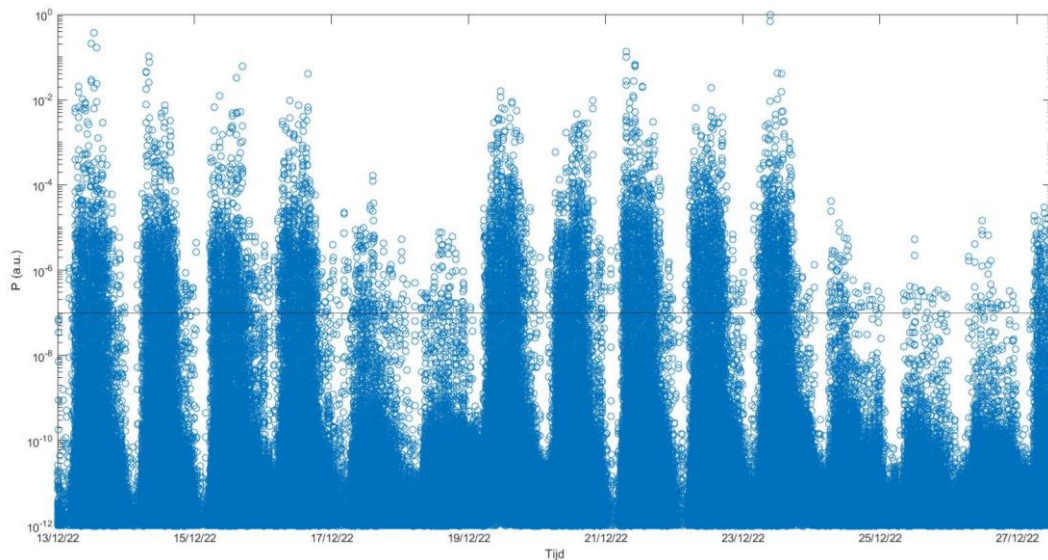


Figuur 4: Plaatsing sensoren eerste verdieping

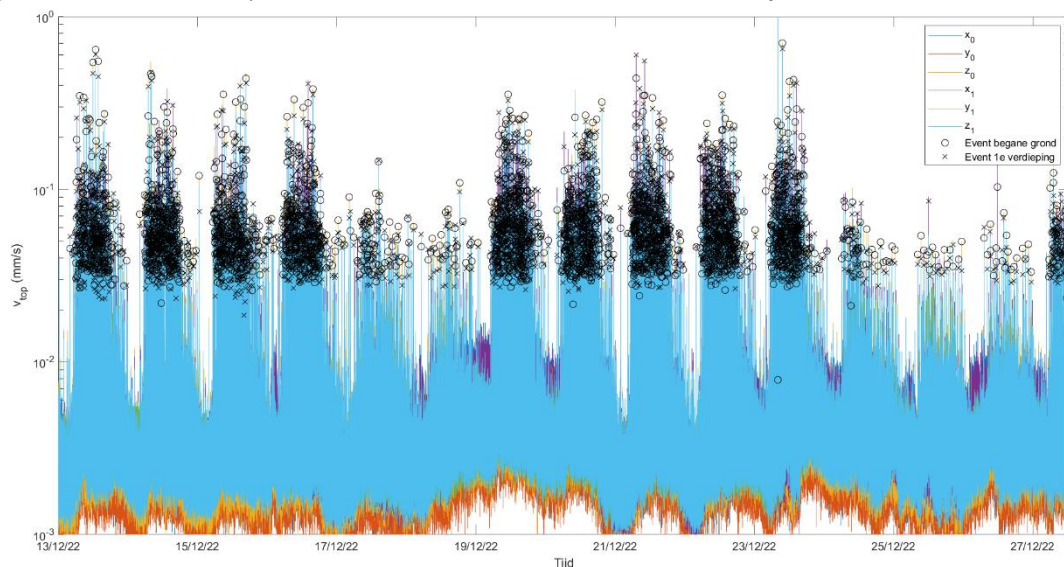
4 RESULTATEN

4.1 Stoortrillingen

Om te bepalen of een verhoging van de trillingssnelheid van de signalen afkomstig zijn van daadwerkelijke externe bronnen, is het product P van de signalen van alle 8 kanalen berekend (Figuur 5) om correlaties in de tijd te onderzoeken. Dit geeft pieken voor tijden waar meerdere kanalen een piek laten zien. Pieken boven een bepaalde grenswaarde (zwarte horizontale lijn) zijn gedefinieerd als externe gebeurtenissen. Als 1 enkele opnemer hoge trillingssnelheden onderging door bijvoorbeeld activiteiten in het dijkhuis, dan geeft dit een relatief lage waarde voor P . Met de Matlab functie *findpeaks* zijn pieken in het signaal P gevonden voor elke externe gebeurtenis, zie Figuur 6.



Figuur 5: Genormaliseerd product P van de snelheden van elk kanaal over tijd.



Figuur 6: Topwaarde van de trillingssnelheid van alle kanalen. Externe gebeurtenissen zijn aangegeven met een cirkel (begane grond) of kruis (1e verdieping)

4.2 Schade aan bouwwerken

De top snelheid v_{top} is berekend per seconde en conform SBR trillingsrichtlijn A [1] voor een periode van 2 weken, waarbij stroortrillingen zijn uitgefilterd. Dit is gedaan voor de 3D sensoren op beide etages.

De dominante frequentie F_{dom} is bepaald volgens Meetmethode 1.

De rekenwaarde van de trillingssnelheid V_d is berekend met

$$V_d = V_{top} * \gamma_v$$

En de grenswaarde V_r is berekend met

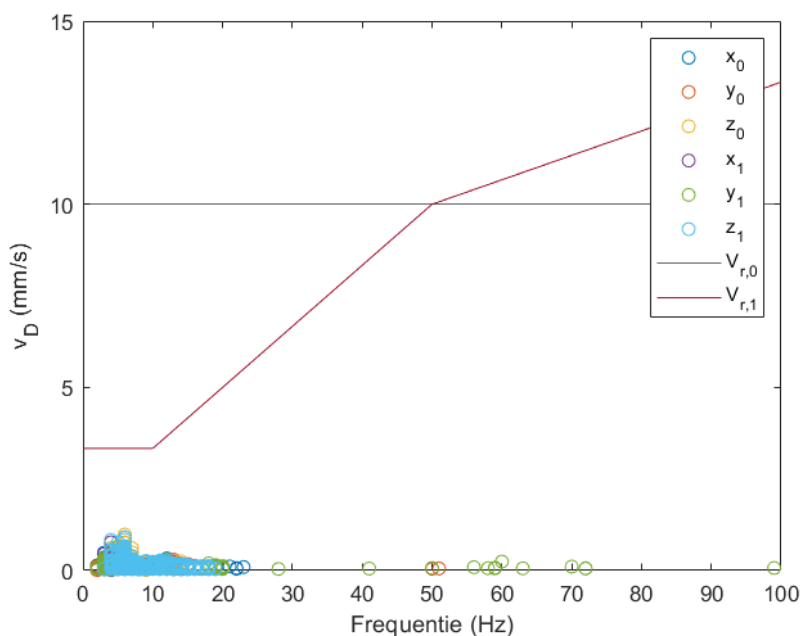
$$V_r = \frac{V_{kar}}{\gamma_s * \gamma_t}$$

Waarbij V_{kar} de karakteristieke grenswaarde is en $\gamma_v, \gamma_s, \gamma_t$ zijn partiële veiligheidsfactoren.

In de volgende tabel is aangegeven welke waardes zijn gehanteerd.

Symbol	Grootheid	Soort	Waarde (mm/s)
γ_v	Partiële veiligheidsfactor voor het type meting	Beperkt	$\gamma_v = 1,4$
γ_s	Partiële veiligheidsfactor voor de bouwkundige staat en/of monumentele status	Normaal	$\gamma_s = 1,0$
γ_t	Partiële veiligheidsfactor voor het type trilling	Herhalend kort	$\gamma_t = 1,5$
V_{kar}	De karakteristieke waarde van de grenswaarde	Categorie 1	Begane grond: Zie [1] 1 ^e verdieping: $V_{kar} = 10$

Om te bepalen of de situatie voldoet, wordt V_d getoetst aan V_r (Figuur 7) voor elke richting van de opnemers. De grenswaarde voor de begane grond en de eerste verdieping zijn respectievelijk aangegeven als $V_{r,0}$ en $V_{r,1}$. Hierin is te zien dat de grenswaarde niet wordt overschreden voor alle frequenties op zowel de begane grond als de 1^e verdieping. De maximale waarde in de meetperiode bedraagt $V_d = 0.70$ mm/s bij een dominante frequentie van 6 Hz.



Figuur 7: Toetsing van de topsnelheden aan de grenswaarde

4.3 Hinder voor personen in gebouwen

In Figuur 8 is de maximale voortschrijdende effectieve snelheidswaarde $v_{eff,max}$ per 1 seconde weergegeven voor een periode van 2 weken, berekend volgens SBR trillingsrichtlijn B [2].

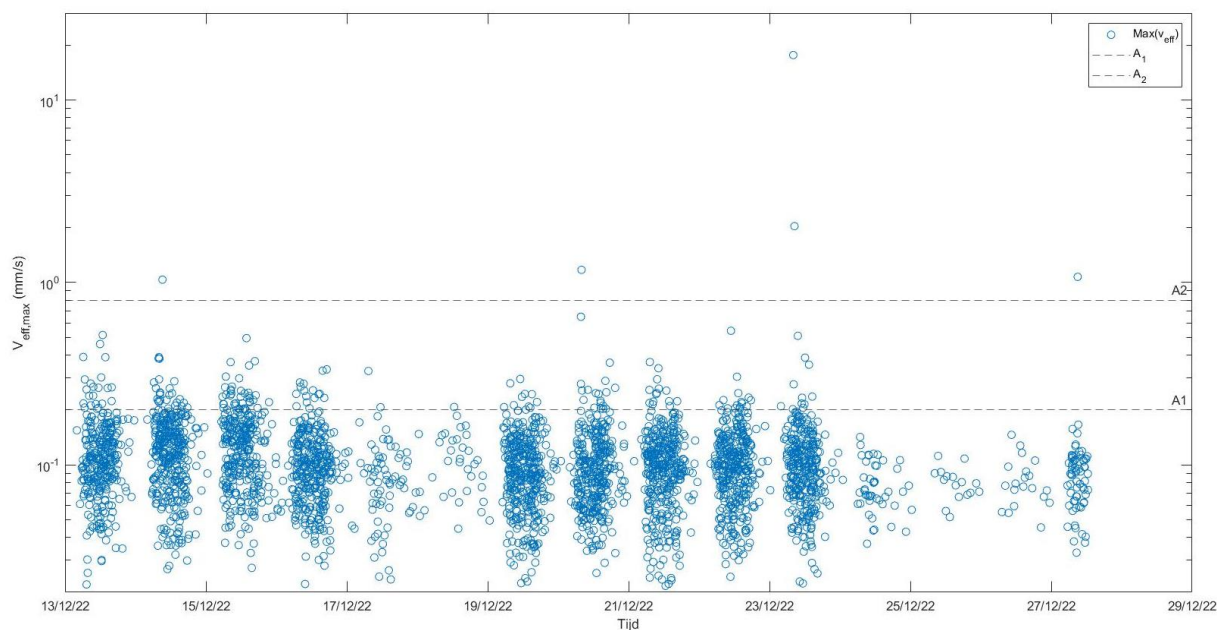
De streefwaardes voor *Herhaald voorkomende trillingen voor bestaande situaties* voor woningen zijn $A_1 = 0,2$, $A_2 = 0,8$ en $A_3 = 0,1$.

Het overgrote deel van de trillingen door externe gebeurtenissen zijn lager dan de streefwaarde A_2 .

Bij een klein deel van de externe gebeurtenissen overschrijdt $v_{eff,max}$ de streefwaarde A_2 .

De maximale gemeten waarde aan de fundering in de meetperiode is $v_{eff,max} = 0.52$ mm/s en is dus groter dan de streefwaarde A_1 maar lager dan streefwaarde A_2 .

De maximale gemeten waarde aan de vloer in de meetperiode is $v_{eff,max} = 2.0$ mm/s en is dus groter dan de streefwaardes A_1 en A_2 .



Figuur 8: Maximale voortschrijdende effectieve snelheidswaarde per 1 seconde over tijd

4.4 Zandwagenproef

Tijdens de meetperiode is er in de middag van 23 december 2022 een proef geweest met een zandwagen beladen met 50 ton zand van de firma J. Baremans (Figuur 9) wat passeerde langs het gebouw met verschillende snelheden.. Dit is gedaan als referentie voor het renovatieproces en een worst-case scenario af te dwingen wat betreft trillingssnelheden in het dijkhuis.

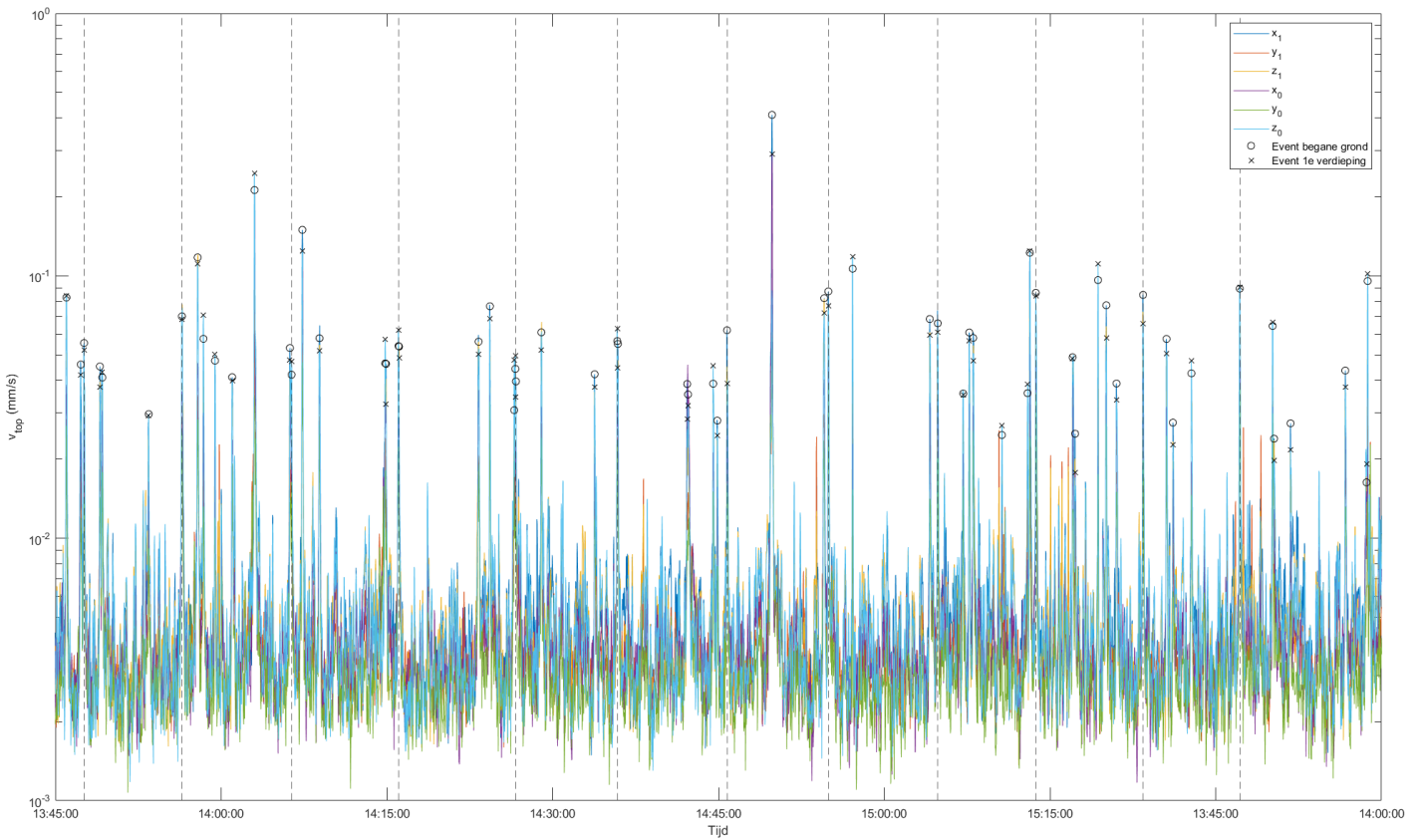
Tijdens de proef is genoteerd hoe laat de zandwagen passeerde en dat is terug te zien in de trillingssnelheden van de sensoren (verticale gestreepte lijnen in Figuur 10). Alhoewel de gebeurtenissen duidelijk zijn te identificeren, vallen ze niet op ten opzichte van andere externe gebeurtenissen.

De rekenwaarde van de trillingssnelheid v_D (Figuur 11) is ver onder de minimale grenswaarde (=3.33 mm/s).

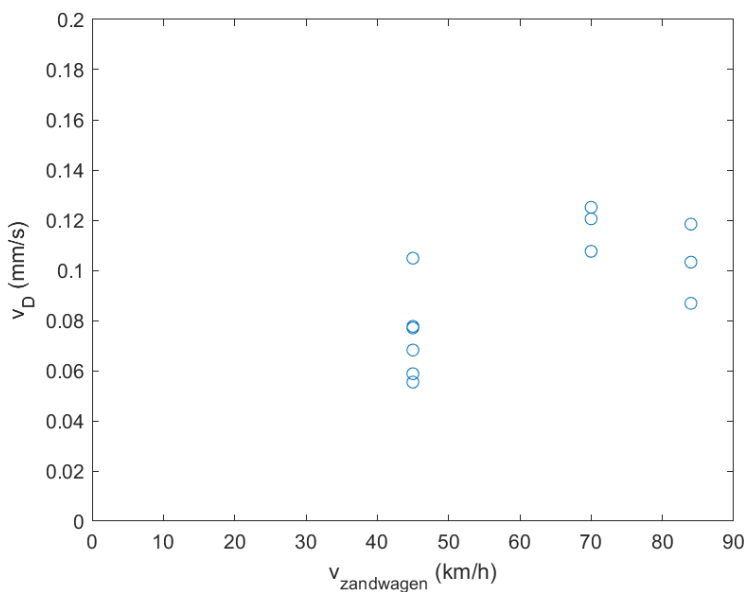
De maximale voortschrijdende effectieve snelheidswaarde $v_{eff,max}$ (Figuur 12) overschrijdt niet A_1 en A_2 voor alle snelheden.



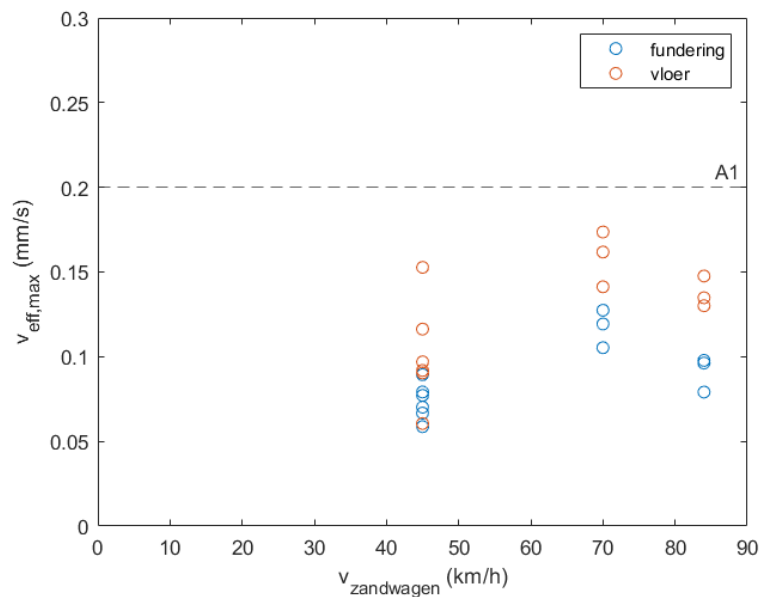
Figuur 9: 4-assige Zandwagen J. Baremans (Bron: <https://www.jbaremans.nl/>)



Figuur 10: Topwaarde van de snelheid tijdens de zandwagenproef



Figuur 11: Rekenwaarde van de trillingssnelheid tijdens de zandwagenproef



Figuur 12: maximale voortschrijdende effectieve snelheidswaarde tijdens de zandwagenproef op de fundering en vloer

5 CONCLUSIE

In de periode van 13 t/m 27 december 2022 is er een onderzoek gedaan naar trillingsbelasting van de N389 naar het dijkhuis op Zevenbergseweg 42 in Etten-Leur.

De kans op schade is gering omdat de rekenwaarde van de trillingssnelheid V_d voldoet aan de grenswaarde V_r in de huidige situatie.

In de huidige situatie kan de bewoner hinder ondervinden door trillingen van externe bronnen, omdat in sommige gevallen $v_{eff,max}$ hoger is dan de streefwaarde A_2 . In de meeste gevallen is $v_{eff,max}$ lager dan de streefwaarde A_2 . Daarnaast heeft de zandwagenproef uitgewezen dat een maximaal belaste zandwagen geen verhoogd risico geeft op overschrijding van de eisen ten opzichte van andere externe gebeurtenissen in de huidige situatie.

In onderstaande tabel zijn er maximale waarden voor V_d en $v_{eff,max}$ door externe gebeurtenissen opgenomen die tijdens de meetperiode zijn gemeten. Ook zijn gemiddelde waarden voor V_d en $v_{eff,max}$ opgenomen voor de maximaal belaste zandwagens bij verschillende rijsnelheden. Deze tabel is tevens beoogd te dienen als referentie bij een nameting. Door de trillingssnelheden in het dijkhuis als gevolg van de passerende belaste zandwagens te vergelijken met de trillingssnelheden in de gehele meetperiode is er geen aanleiding om de geplande werkzaamheden aan de N389 aan te passen om schade en hinder door trillingen te voorkomen.

Externe gebeurtenis	V_d (mm/s)	$v_{eff,max}$ (mm/s)		Opmerking
		Vloer	Fundering	
Zandwagen 45 km/h (gemiddeld)	0.07	0.1	0.07	n=6
Zandwagen 70 km/h (gemiddeld)	0.10	0.14	0.10	n=3
Zandwagen 84 km/h (gemiddeld)	0.12	0.16	0.11	n=3
Maximale waarde meetperiode (begane grond)	0.70	0.42	0.51	V_d bij $f_{dom} = 6$ Hz
Maximale waarde meetperiode (Eerste verdieping)	0.65	2.0	0.52	V_d bij $f_{dom} = 6$ Hz

6 REFERENTIES

- [1] SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken: 2017
<https://www.crow.nl/online-kennis-tools/kennismodule-funderingen-en-trillingen>
- [2] SBR Trillingsrichtlijn B : Hinder voor personen in gebouwen : 2002
<https://www.crow.nl/online-kennis-tools/kennismodule-funderingen-en-trillingen>

ANNEX A: POSITIE EN CONFIGURATIE VAN MEETSETS

Tabel A1: Positie en configuratie van meetsets

Data Recorder	DA-21 1 (SN. 01040122)				DA-21 2 (SN. 01040121)			
Positie	Begane grond				Eerste verdieping			
Kanaal	1	2	3	4	1	2	3	4
Opnemer	1	2	3	4	5	6	7	8
Gevoeligheid ($\frac{m/s^2}{V}$)	0.964	0.987	0.987	0.990	0.983	0.991	0.962	0.991
Configuratie	3D	3D	3D	1D	3D	3D	3D	1D
Richting	X	Y	Z	Z	-X	-Y	Z	Z

ANNEX B: INSTELLINGEN DA-21 4 CHANNEL DATA RECORDER

Tabel B1: *Input Parameters*

Ch	Inp	HPF	LPF	Sens	Sensitivity	Range
1	CCLD	OFF	OFF	V	-	10 V
2	CCLD	OFF	OFF	V	-	10 V
3	CCLD	OFF	OFF	V	-	10 V
4	CCLD	OFF	OFF	V	-	10 V
5	Off					

Tabel B2: *Recording Parameters*

Parameter	Value
Frequency range	500 Hz
Sampling Frequency	x2.56
Bit length	24 bit
Wave splitting interval	1 h
Recording time	Manual
Pre recording time	1 s