

GEMEENTE MAASTRICHT

EVALUATIE TONGERSEWEG MAASTRICHT

TONGERSEWEG 386: TRILLINGSONDERZOEK O-SITUATIE 2021

15 MAART 2022



WSP NEDERLAND B.V.
GAETANO MARTINOLAAN 50
6229 GS MAASTRICHT

+31 (0)88 910 20 00

wsp.com

PROJECTNUMMER
SLM016540

DOCUMENTNUMMER
SLM016540.RAP003.ES.IH, versie 2

COLOFON

RAPPORTHISTORIE

1	09-08-2021	Concept rapport
2	15-03-2022	Definitief rapport

CONTACTGEGEVENS

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

AUTORISATIE

PROJECTNUMMER	DOCUMENTNUMMER	VERSIE	STATUS
SLM016540	SLM016540.RAP003.ES.IH	2	Definitief

OPGESTELD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
[REDACTED]	Senior Adviseur	15-03-2022	[REDACTED]

GEVERIFIEERD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
[REDACTED]	Consultant	15-03-2022	[REDACTED]

GOEDGEKEURD DOOR	FUNCTIE	DATUM	PARAAF
[REDACTED]	Senior Adviseur	15-03-2022	[REDACTED]

INHOUDS- OPGAVE

1	INLEIDING	4
2	UITGANGSPUNTEN	5
2.1	Situatiebeschrijving	5
2.2	Opzet van het onderzoek	6
3	BEOORDELINGSKADER	7
3.1	Algemeen	7
3.2	SBR trillingsrichtlijn deel A schade aan gebouwen	7
3.2.1	Bepaling van de trillingsbelasting	7
3.2.2	Aspecten voor bepaling van de grenswaarde	8
3.2.3	Samenvatting grenswaarden	9
3.2.4	Kans op schade bij overschrijding van de grenswaarden	10
3.3	SBR trillingsrichtlijn deel B hinder voor personen in gebouwen	11
4	TRILLINGSMETINGEN	12
4.1	Algemeen	12
4.2	Meetparameters	12
4.3	Meetpunt onderzoek schade	12
4.4	Meetpunt onderzoek hinder	13
5	MEETRESULTATEN EN BEOORDELING KANS OP SCHADE	14
5.1	Algemeen	14
5.2	Meetresultaten	14
5.3	Beoordeling	15
6	MEETRESULTATEN EN BEOORDELING KANS OP HINDER	17
6.1	Algemeen	17
6.2	Meetresultaten	17
6.3	Beoordeling	18
6.3.1	Beoordeling $V_{\max}$ (dag-, avond- en nachtperiode)	18
6.3.2	Hinderkwalificatie	18
7	CONCLUSIE	20

BIJLAGEN

Bijlage 1

- Grafische weergave meetresultaten schade

Bijlage 2

- Grafische weergave meetresultaten hinder

1 INLEIDING

De gemeenteraad van Maastricht heeft 9 februari 2021 ingestemd met het voorstel om de Tongerseweg tussen de Javastraat en de grens met België te reconstrueren. Het project heeft tot doel de overlast van het vrachtverkeer voor de omwonenden te verminderen en de veiligheid en het comfort voor fietsers en voetgangers te verbeteren.

Onderdeel van het besluit is dat één jaar na het afronden van de reconstructie een evaluatie wordt uitgevoerd. Omdat één jaar een relatief korte periode is voor gewinning aan een gewijzigde situatie heeft gemeente Maastricht besloten om naast een 0-meting (mei 2021) en een 1^{ste}-meting (mei 2022), een 2^e-meting (2023) uit te voeren.

Binnen de evaluatie worden diverse onderwerpen beschouwd. Trillingsonderzoek als gevolg van wegverkeer is een van deze onderwerpen. In voorliggend rapport zijn de onderzoeksresultaten beschreven van de 0-meting uitgevoerd voor de woning gelegen aan de Tongerseweg 386 te Maastricht. Het onderzoek heeft plaatsgevonden in het kader van de SBR trillingsrichtlijnen deel A en B.

Deze rapportage geeft antwoord op de volgende vragen:

- A. Is er in de huidige situatie kans op overschrijding van de grenswaarden volgens SBR richtlijn A voor schade aan woningen?
- B. Is er in de huidige situatie kans op overschrijding van de streefwaarden volgens SBR richtlijn B voor hinder?

Gemeente Maastricht heeft voor de evaluatie de onderstaande onderzoeksvragen gedefinieerd voor het aspect trillingen. Deze onderzoeksvragen worden beantwoord in de samenvattende rapportage die opgesteld wordt na uitvoering van alle (deel)onderzoeken.

- 1. Zijn de trillingen als gevolg van de reconstructie afgenomen?
- 2. Hoe verhouden de trillingen, veroorzaakt door (zwaar) vrachtverkeer, zich in de nieuwe situatie tot de actuele streef- en grenswaarden voor schade aan woningen en hinder voor personen in gebouwen?

Voorliggende rapportage beschrijft de uitgangspunten van het onderzoek, de meetresultaten voor één woning (Tongerseweg 386), de beoordeling van de trillingen en de beantwoording van vraag A en B. De overige drie woningen alsmede de beantwoording van vragen 1 en 2 worden separaat gerapporteerd.

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 SITUATIEBESCHRIJVING

De onderzochte woning betreft Tongerseweg 386 en is een eengezinswoning. Volgens het BAG, Basisregistratie Adressen en Gebouwen, is het bouwjaar van de woning 1905. Het pand heeft geen beschermde status of status als monument, maar ligt wel in het cultuurhistorisch attentiegebied, dit is overigens niet van invloed op de beoordeling van de trillingen. Ook betreft het object een saneringswoning op basis van de Wet geluidhinder, maar dit heeft geen invloed op de beoordeling van trillingen.



Figuur 1 - situatie Tongerseweg 386 Maastricht

De afstand van de woning tot aan de rand van de rijbaan bedraagt ongeveer 3 tot 4 meter. De weg wordt gebruikt door licht, middelzwaar en zwaar wegverkeer. Het wegdek is voorzien van dicht asfaltbeton (DAB) en vertoont op diverse plekken herstelde stroken en oneffenheden.



Figuur 2 - oneffenheden in het wegdek

Tussen de rijbanen en de berm bevindt zich een fietspad. De grens tussen dit fietspad en de rijbaan is over een groot deel van de weg gemarkeerd met een verhoogde betonrand. Vanwege de waterafvoer is deze betonrand op vaste afstanden onderbroken. De hoogte van de betonrand is zeer wisselend maar gemiddeld zo'n 30 tot 40 mm hoog. In onderstaand figuur 3 is een foto van een dergelijke markering weergegeven.



Figuur 3 - verhoogde wegmarkering van beton

Draagstructuur van de woning

De funderingswijze van de woning is onbekend maar naar verwachting betreft het een fundering op staal van beton of zelfs een gemetselde fundering (baksteen of mergel). In het linker gedeelte van de woning, van buiten gezien, bevindt zich een gemetselde kelder van mergelblokken. De draagstructuur bestaat verder uit een massief bakstenen gevelmetselwerk. De binnenwanden die niet behoren tot de draagstructuur zijn ook opgetrokken uit een baksteen metselwerk. De begane grondvloer bestaat voor zover zichtbaar uit een “gewelfjes” vloer van baksteen. De verdiepingsvloeren zijn van hout.

Uit een korte visuele inspectie blijkt dat er geen sprake is van in slechte staat verkerende bouwdelen ten gevolge van scheurvorming, vervormingen en ongelijke zettingen waardoor de constructieve veiligheid in het gedrang zou kunnen komen. Wel is er op plekken sprake van esthetische scheurvorming.

2.2 OPZET VAN HET ONDERZOEK

Voor de opzet van het onderzoek is gekozen voor onbemande metingen. Volgens de aanbevelingen uit de SBR trillingsrichtlijnen zijn de metingen gedurende de periode van één week uitgevoerd ten einde inzicht te krijgen in de optredende trillingsniveaus over een langere periode. Voorafgaand aan deze onbemande meting heeft kortdurend in een tijdsbestek van 2 uur een bemande meting plaatsgevonden. De onbemande meting heeft plaatsgevonden van 25 mei tot en met 1 juni 2021.

Ten behoeve van de uitwerking van de meetgegevens en de herkenbaarheid van het verkeer is gebruik gemaakt van een webcam gericht op het wegdek. Zodoende kan worden vastgesteld of een geregistreerde trilling afkomstig is van het verkeer en niet veroorzaakt wordt door andere trillingsbronnen, bijvoorbeeld het dagelijks gebruik van de woning. Omdat voor vier woningen in exact dezelfde week een trillingsonderzoek is uitgevoerd is er gebruik gemaakt van twee webcams in plaats van vier. Het is immers zeer aannemelijk dat het zwaar vrachtverkeer alle woningen passeert en niet op dit tracé de woonwijk inrijdt. Een webcam is opgesteld in de woning aan de Tongerseweg 237 en 408.

3 BEOORDELINGSKADER

3.1 ALGEMEEN

Voor de beoordeling van trillingen afkomstig van wegverkeer bestaat geen wetgeving en wettelijk beoordelingskader. De SBR trillingsrichtlijnen deel A en B zijn echter algemeen geaccepteerd als kader voor de beoordeling van trillingen afkomstig van bijvoorbeeld wegverkeer. In de volgende paragrafen wordt het van toepassing zijnde beoordelingskader toegelicht.

3.2 SBR TRILLINGSRICHTLIJN DEEL A SCHADE AAN GEBOUWEN

Voor de beoordeling is gebruik gemaakt van de SBR trillingsrichtlijn deel A uit november 2017. Volgens de richtlijn wordt onder schade aan een bouwwerk verstaan: Een verandering van de eigenschappen of van de positie van (een onderdeel van) een bouwwerk, met één of meer van de volgende gevolgen:

- een verlies van functie, zoals het bezwijken van dragende onderdelen waardoor mogelijk de constructieve veiligheid in het geding komt;
- een vermindering van de integriteit van het onderdeel of van het bouwwerk als geheel met betrekking tot zijn dragende functie, waarbij sprake is van een significante vermindering van de veiligheid op de korte of langere termijn (vermindering van de verwachte levensduur);
- het bezwijken van onderdelen van het bouwwerk die weliswaar niet tot de draagconstructie behoren (zoals niet dragende scheidingswanden, plafonds, ornamenten en dergelijke), maar waarvan het bezwijken de veiligheid van personen die zich in of nabij het bouwwerk bevinden, in gevaar kan brengen;
- een vermindering van de economische waarde of van de gebruikswaarde, zoals bij scheurvorming in metselwerk, bekledingen van constructiedelen, afwerklagen of betegeling zonder dat daarbij de veiligheid van personen die zich in of nabij het bouwwerk bevinden, in gevaar komt.

De schadevormen a, b en c hebben invloed op de (constructieve) veiligheid van het gebouw en zijn daarom te beschouwen als constructieve schade.

De schadevorm d heeft geen betrekking op de constructieve veiligheid maar op een verstoring van het aanzicht van het betreffende onderdeel van het gebouw en wordt daarom gezien als niet-constructieve schade.

3.2.1 BEPALING VAN DE TRILLINGSBELASTING

Voor de vaststelling van de kans op schade wordt de parameter V_{top} gemeten. Dit is de grootste gemeten trillingssnelheid (in absolute zin) gedurende de gehele meetperiode (topwaarde). Voor de beoordeling wordt deze topwaarde vermenigvuldigd met een veiligheidsfactor γ_v zodat de rekenwaarde van de topwaarde (V_d) wordt verkregen. Deze veiligheidsfactor is afhankelijk van de gekozen meetmethode. In dit onderzoek is gekozen voor een indicatieve meting waardoor de V_{top} vermenigvuldigd wordt met een veiligheidsfactor γ_v van 1,6 volgens tabel 9.2 van de richtlijn.

3.2.2 ASPECTEN VOOR BEPALING VAN DE GRENSWAARDE

CONSTRUCTIE CATEGORIE

Bouwwerken en onderdelen van bouwwerken worden conform de richtlijn ingedeeld in twee verschillende categorieën die gebaseerd zijn op de constructiewijze:

1. **“categorie 1”**:
 - a. Onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout.
 - b. Onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijvoorbeeld scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout.
 - c. Draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, die bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.
2. **“categorie 2”**:
 - a. Onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk.
 - b. Onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals scheidingsconstructies die bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.

Op basis van de eigenschappen van de onderzochte woning (zie paragraaf 2.1) is de woning conform de richtlijn ingedeeld in **“categorie 2”**.

BOUWKUNDIGE STAAT

Bouwwerken en onderdelen van bouwwerken zijn ingedeeld naar bouwkundige staat betreffende de gevoeligheid voor trillingen. De richtlijn kent twee toestanden:

1. **“Gevoelig”**: bouwwerken of onderdelen waarvan de sterkte is verminderd of waarin sprake is van initiële spanningen;
2. **“Normaal”**: bouwwerken of onderdelen waarvan de bouwkundige staat niet gevoelig is.

Op basis van de richtlijn is het bouwwerk ingedeeld in de toestand **“normaal”**.

MONUMENTALE STATUS

Bouwwerken zijn ingedeeld naar monumentale status. Deze status kent twee toestanden:

1. **“Monument”**: bouwwerken die van overheidswege een monumentale status zijn toegekend, zoals rijksmonument, provinciaal monument en gemeentelijk monument;
2. **“Geen”**: bouwwerken die geen monumentale status hebben.

Op basis van de richtlijn is het bouwwerk ingedeeld in de toestand **“geen”** monument.

TYPE TRILLINGSBRON

Bij de bepaling van de rekenwaarde van de grenswaarde dient ook rekening te worden gehouden met het type trillingsbron. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen drie typen:

1. **“Kortdurend”**: Trillingen die worden veroorzaakt door een stootvormige impuls. Het aantal malen dat het trillingsverschijnsel voorkomt, is zo gering dat vermoeiing van constructiematerialen niet kan optreden. Voorbeeld zijn trillingen van de volgende bronnen:
 - a. Explosies;
 - b. Botsingen;
 - c. Omvallen constructie.
2. **“Herhaald kortdurend”**: Trillingen die worden veroorzaakt door een stootvormige excitatie die herhaaldelijk voorkomt met dezelfde orde grootte van trillingssnelheid. Voorbeeld zijn trillingen van de volgende bronnen:
 - a. Heiwerkzaamheden;
 - b. Sloophamers, pneumatische beitels;
 - c. Weg- en railverkeer.
3. **“Continue”**: Hieronder worden trillingen verstaan die niet onder de voorgaande twee categorieën kunnen worden ingedeeld of trillingen waarbij resonanties en/of vermoeiingseffecten in de onderdelen van een bouwwerk kunnen optreden. Voorbeelden zijn trillingen van de volgende bronnen:
 - a. Machines met roterende onderdelen;
 - b. Verdichtingswerk door middel van trilwalsen;

- c. Het inbrengen van fundatiepalen en damwanden met behulp van trilblokken.

De trillingsbron betreft wegverkeer. Op basis hiervan is de trillingsbron gekwalificeerd als “**herhaald kortdurend**”.

TYPE METING

De meting betreft een “**indicatieve meting**”.

FUNDERING

De funderingswijze van de woning is onbekend maar naar verwachting betreft het een fundering op staal van beton of zelfs een gemetselde fundering (baksteen of mergel). De bodem is naar alle waarschijnlijkheid verdichtbaar of verkneedbaar. Veiligheidshalve is de fundering geclassificeerd en beoordeeld als een “**trillingsgevoelige fundering**”.

3.2.3 SAMENVATTING GRENSWAARDEN

ALGEMEEN

Op basis van de eigenschappen van de woning en de trillingsrichtlijn volgen voor onderhavige situatie 2 grenswaarden, namelijk één voor de draagconstructie en één voor de fundering.

DRAAGCONSTRUCTIE

Op basis van de voornoemde aspecten voor bepaling van de grenswaarden kan de maatgevende rekenwaarde van de grenswaarde (V_r) worden bepaald. De rekenwaarden van de grenswaarde wordt bepaald volgens:

$$V_r = V_{kar} / (\gamma_t * \gamma_s)$$

Hierin is:

- V_r de rekenwaarde van de grenswaarde afgerond op 1 cijfer achter de komma;
- V_{kar} de karakteristieke waarde van de grenswaarde volgens de richtlijn;
- γ_t de partiële veiligheidsfactor die het type trilling in rekening brengt;
- γ_s de partiële veiligheidsfactor die de bouwkundige staat en de monumentale status in rekening brengt.

Op basis van de indeling in categorie 2, een maatgevende frequentie (worst-case situatie) van de hoogst gemeten topwaarde van 10 Hz (dominante frequentie f_{dom}) en een daarbij behorende maatgevende karakteristieke grenswaarde (V_{kar}) van 5,00 mm/s, een veiligheidsfactor γ_t van 1,5 voor herhaald kortdurende trillingen en een veiligheidsfactor γ_s van 1,0 voor de bouwkundige staat en de monumentale status, bedraagt de maatgevende rekenwaarde van de grenswaarde (V_r) $5,00 / (1,5 * 1,0) = \underline{3,33 \text{ mm/s}}$.

FUNDERING

Voor de beoordeling van de kans op zettingen door verdichting van de bodem, geldt een grens voor zowel de trillingssnelheid als de trillingsversnelling.

Karakteristieke grenswaarde trillingsversnelling

Voor de kans op zettingen van de fundering geldt als grenswaarde een versnelling (a_{kar}) van 1 m/s² ongeacht de dominante frequentie. Voor bepaling van de rekenwaarden gelden geen veiligheidsfactoren. De rekenwaarde van de grenswaarde (a_r) wordt daarmee 1 m/s².

Karakteristieke grenswaarde trillingssnelheid

De karakteristieke waarde van de trillingssnelheid V_{kar} wordt berekend volgens de formule:

$$V_{kar} = 10 * C_D$$

De factor C_D wordt bepaald uit de laagdikte van de zettingsgevoelige laag op basis van de formule:

$$C_D = 1 + \frac{(8 - H)}{7}$$

Hierin is:

H de dikte van de zettingsgevoelige laag met een maximale waarde van 8 m;
C_D factor van de laagdikte, C_D mag niet groter zijn dan 2.

Aangezien de laagdikte van de zettingsgevoelige laag niet bekend is, is voor deze situatie uitgegaan van een worst-case benadering waarbij een maatgevende laagdikte van 8 m. is aangehouden. Op basis van deze laagdikte bedraagt de karakteristieke grenswaarde van de trillingssnelheid (V_{kar}) 10 mm/s.

Rekening houdende met een veiligheidsfactor γ_t van 1,6 voor herhaald kortdurende trillingen en een veiligheidsfactor γ_s van 1,0 voor de bouwkundige staat en monumentale status, bedraagt rekenwaarde van de grenswaarde (V_r) $10 / (1,6 * 1,0) = 6,25 \text{ mm/s}$.

3.2.4 KANS OP SCHADE BIJ OVERSCHRIJDING VAN DE GRENSWAARDEN

KANS OP SCHADE

De grenswaarden V_r in de richtlijn zijn oorspronkelijk tot stand gekomen op basis van ervaringen in de praktijk, aanvankelijk in Duitsland, later in Nederland. De grenswaarden zijn zo gekozen dat bij waarden voor V_{top} (rekenwaarde V_d) beneden de grenswaarden, het optreden van schade als gevolg van trillingen onwaarschijnlijk is. Dit wil niet zeggen dat bij overschrijding van de grenswaarden er zeker wel schade optreedt. De kans op schade zal met toenemende waarde voor V_{top} (rekenwaarde V_d) hoger worden.

Om in te kunnen schatten wat het risico op schade is bij overschrijdingen van de grenswaarden is in onderstaande tabel de kans op schade (voor metselwerk constructies) aan een bouwwerk gerelateerd aan de verhouding tussen de optredende trillingsbelasting en de grenswaarde: V_d/V_r . Deze kansen moeten als orde van grootte inschatting worden gezien voor gebruik in bijvoorbeeld risico inschattingen. Ze zijn zeker niet bedoeld als exacte waarde voor individuele bouwwerken. De tabel mag volgens de richtlijn niet worden uitgebreid voor overschrijdingsfactoren groter dan 3.

Tabel 1: ordegrootte kans op schade voor draagconstructie en onderdelen van de constructie uit metselwerk

FACTOR OP GRENSWAARDE	ORDEGROOTTE KANS OP SCHADE
1X GRENSWAARDE ($V_d / V_r = 1$)	Ongeveer 1%
1,2X	Ongeveer 3%
1,5X	Ongeveer 5%
2X	Ongeveer 10%
3X	Ongeveer 30%

OORZAKELIJK VERBAND

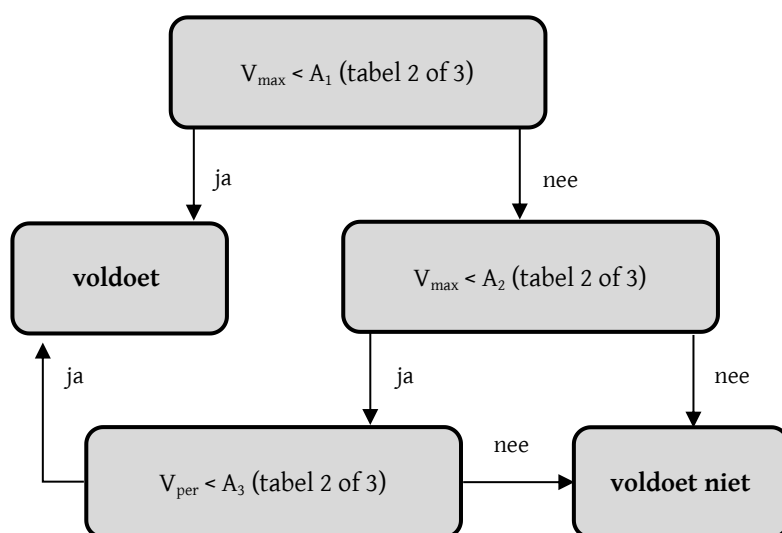
Als de trillingsbelasting hoger is dan de grenswaarde, betekent dat een verhoogde kans op schade. Het is niet zeker dat daadwerkelijk schade is of zal ontstaan. Om het oorzakelijk verband (causaal verband) achteraf tussen een trillingsbelasting en een opgetreden schade in juridische zin vast te kunnen stellen, is meer nodig dan alleen een overschrijding van de grenswaarden. Omdat veel verschillende factoren een rol spelen en tot een zelfde schadebeeld kunnen leiden, is onderzoek naar de invloed van deze factoren ook noodzakelijk. Alleen door de combinatie van alle factoren te bekijken, kan de mogelijke relevantie van de factor "trillingen" worden beoordeeld.

3.3 SBR TRILLINGSRICHTLIJN DEEL B HINDER VOOR PERSONEN IN GEBOUWEN

Voor de beoordeling is gebruik gemaakt van SBR trillingsrichtlijn deel B uit mei 2013. Volgens de richtlijn wordt onder hinder voor mensen in gebouwen verstaan:

- waarneming van de trillingen zonder meer (verstoring van activiteiten of processen die rust en/of concentratie behoeven);
- waarneming van de trillingen met een zodanige sterkte dat bepaalde activiteiten fysiek worden belemmerd of verstoord.

De beoordeling vindt plaats op basis van twee parameters namelijk $V_{\max}$ en V_{per} . De parameter $V_{\max}$ staat voor de maximale trillingssterkte opgetreden binnen een beoordelingsperiode (dag, avond en nacht). Parameter V_{per} staat voor de gemiddelde trillingssterkte over een beoordelingsperiode. $V_{\max}$ (en eventueel V_{per}) worden op basis van metingen vastgesteld en vervolgens beoordeeld aan de streefwaarden A_1 , A_2 en A_3 . De procedure voor de beoordeling van $V_{\max}$ en V_{per} is in het onderstaande stroomschema aangegeven.



De streefwaarden voor A_1 , A_2 en A_3 zijn afhankelijk van de functie van een bouwwerk, het type trilling, de situatie en het tijdstip waarop de trillingen voorkomen. De functie van het bouwwerk is woning. De trillingen zijn afkomstig van wegverkeer en worden daarom geclassificeerd als herhaald voorkomend gedurende lange tijd. De trillingen komen, vanwege de aard van de bron (wegverkeer), zowel in de dag- (07.00-19.00 uur), avond- (19.00-23.00 uur) als in de nachtperiode (23.00-07.00 uur) voor.

Dit onderzoek heeft betrekking op de “0-meting” voorafgaand aan de reconstructie. De voorliggende situatie betreft derhalve een bestaande situatie. In tabel 2 zijn de streefwaarden voor $V_{\max}$ en V_{per} voor een “bestaande situatie” conform SBR trillingsrichtlijn deel B opgenomen.

Tabel 2: streefwaarden voor trillingssterkte voor herhaald voorkomende trillingen voor bestaande situaties

GEBOUWFUNCTIE	DAG EN AVOND			NACHT		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
WONEN	0,2	0,8	0,1	0,2	0,4	0,1

De richtlijn gaat uit van streefwaarden. Als de trillingssterkte onder deze streefwaarden blijft, mag verwacht worden dat er in de meeste situaties geen hinder zal optreden. Indien streefwaarden worden overschreden dient dit aanleiding te zijn voor overleg tussen de betrokken partijen.

4 TRILLINGSMETINGEN

4.1 ALGEMEEN

De metingen zijn uitgevoerd in de periode van 25 mei tot en met 1 juni 2021. Tijdens de metingen is gebruik gemaakt van de volgende apparatuur:

- SYSCOM ROCK trillingsmonitor met serienummer 20040069 (schade);
- SYSCOM Redbox trillingsmonitor MR3000C met serienummer 19130048 (hinder).

De meetsystemen zijn gesynchroniseerd in tijd.

4.2 MEETPARAMETERS

Elke 30 seconden is het trillingsniveau vastgelegd. Voor de beoordeling in verband met de kans op schade is $V_{top,i}$ gemeten. Dit is de grootste trillingssnelheid in het meetinterval van 30 seconden. Met betrekking tot de kans op hinder is de trillingssterkte $v_{eff,max,30,i}$ bepaald. Dit is de grootste effectieve trillingssterkte in een tijdsinterval van 30 seconden gemeten in de meterstand fast waarbij de frequentieweging volgens de SBR trillingsrichtlijn deel B is toegepast.

Naast de metingen van $V_{top,i}$ en $v_{eff,max,30,i}$ elke 30 seconde is voor verschillende passages van verkeer bij overschrijding van een vooraf ingestelde trillingssnelheid (drempelwaarde) een registratie van de trillingssnelheid in de tijd uitgevoerd. Dit wordt een tijdsignaal genoemd waarbij het verloop van de trillingssnelheid afgezet wordt in de tijd. Tijdens de analyse van de trillingsmetingen is echter gebleken dat de meetapparatuur voor de beoordeling van trillingshinder alleen tijdens het etmaal 25 mei tijdsignalen heeft opgeslagen. Dit heeft echter geen effect op de beoordeling van de trillingssterkte.

4.3 MEETPUNT ONDERZOEK SCHADE

Voor het onderzoek naar de kans op schade is gekozen voor een indicatieve meting. Hiervoor wordt, conform de richtlijn, één meetpunt geplaatst in een stijf punt van de draagconstructie op begane grondniveau, te weten een drievlakshoek ter plaatse van de buitengevel zo dicht mogelijk bij de trillingsbron.

Het meetpunt bevindt zich in de woonkamer ter plaatse van de voor- en linkerzijgevel (van buiten gezien). In figuur 4 is de meetopstelling weergegeven. De x-richting van de trillingsopnemer is parallel aan de rijbaan gekozen, de y-richting bevindt zich haaks op de rijbaan en de z-richting is verticaal.



Figuur 4 – meetopstelling schade woonkamer

4.4 MEETPUNT ONDERZOEK HINDER

Het meetpunt voor het onderzoek naar hinder is bepaald in overleg met de bewoners. De grootste hinder wordt ondervonden in de woonkamer aan de linkerkzijde van de woning (van buiten gezien). Het meetpunt is geplaatst ter plaatse van de eettafel en bevindt zich op een korte afstand van de bron en in het midden van het vloerveld, zie figuur 5. De x-richting van de trillingsopnemer is parallel aan de rijbaan gekozen, de y-richting bevindt zich haaks op de rijbaan en de z-richting is verticaal.



Figuur 5 – meetopstelling hinder woonkamer

5 MEETRESULTATEN EN BEOORDELING KANS OP SCHADE

5.1 ALGEMEEN

Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van de meetresultaten van de trillingsmetingen voor de kans op schade. In paragraaf 5.2 zijn de resultaten van de metingen weergegeven. In paragraaf 5.3 volgt de beoordeling.

5.2 MEETRESULTATEN

De metingen zijn uitgevoerd in het meetpunt zoals beschreven in paragraaf 4.3. De gebruikte trillingssensor registreert in de twee horizontale richtingen en de verticale richting de trillingssnelheid. De meetresultaten $V_{top,i}$ per periode van 30 seconden zijn grafisch weergegeven in bijlage A voor de gehele meetperiode. In deze bijlage geven de bovenste twee grafieken de trillingssnelheid weer in de twee horizontale richtingen X en Y. De verticale trillingsrichting is weergegeven in de onderste grafiek.

Door middel van een analyse van de meetdata is bevestiging gezocht dat de meetgegevens waarop de toetsing is gebaseerd afkomstig zijn van het wegverkeer. Deze analyse heeft plaatsgevonden op basis van de tijdsignalen van de trillingen en de webcam beelden. Een correctie van de meetresultaten heeft alleen dan plaatsgevonden als op basis van de beschikbare gegevens is vastgesteld dat het om een stoortrilling (niet afkomstig van het wegverkeer) gaat. Stoortrillingen kunnen zijn het lopen van bewoners over de vloeren en dichtslaan van deuren enz.

De meetresultaten zijn samengevat in tabel 3. Per etmaal is de waarde voor V_{top} opgenomen in de tabel. Deze V_{top} is de maximale geregistreerde trillingssnelheid als gevolg van het verkeer voor de betreffende etmaal. In de tabel is ook het tijdstip aangegeven waarop dit maximum is opgetreden, de bijbehorende dominante frequentie (f_{dom}) en trillingsrichting. Bij de bepaling van V_{top} is steeds gecontroleerd (op basis van het tijdsignaal en indien beschikbaar het beeldmateriaal) of de trilling veroorzaakt is door wegverkeer. In alle gevallen gaat het om een passage van verkeer, zoals vrachtwagens, lijnbussen en tractoren.

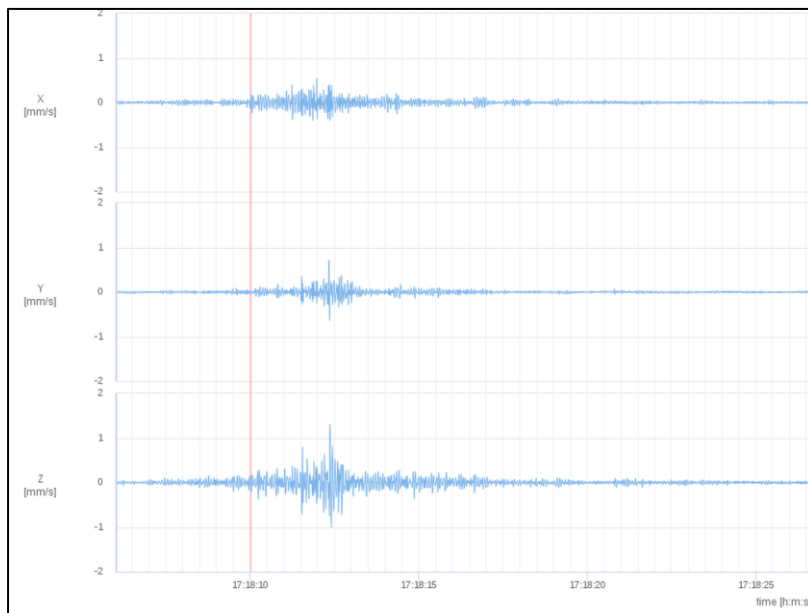
Tabel 3: Gemeten waarde V_{top} per etmaal

ETMAAL	TIJDS TIP	WOONKAMER		
		TRILLINGSSNELHEID V_{TOP} [MM/S]	DOMINANTE FREQUENTIE F_{DOM} [HZ]	TRILLINGSRICHTING
25-5-2021	17:59:27	0,612	12	Z
26-5-2021	20:47:55	0,932	16	Z
27-5-2021	12:40:49	0,955	12	Z
28-5-2021	13:56:05	1,260	15	Z
29-5-2021	17:13:40	0,933	14	Z
30-5-2021	23:38:18	0,624	14	Z
31-5-2021	17:18:06	1,300	13	Z
1-6-2021	6:42:00	0,749	16	Z

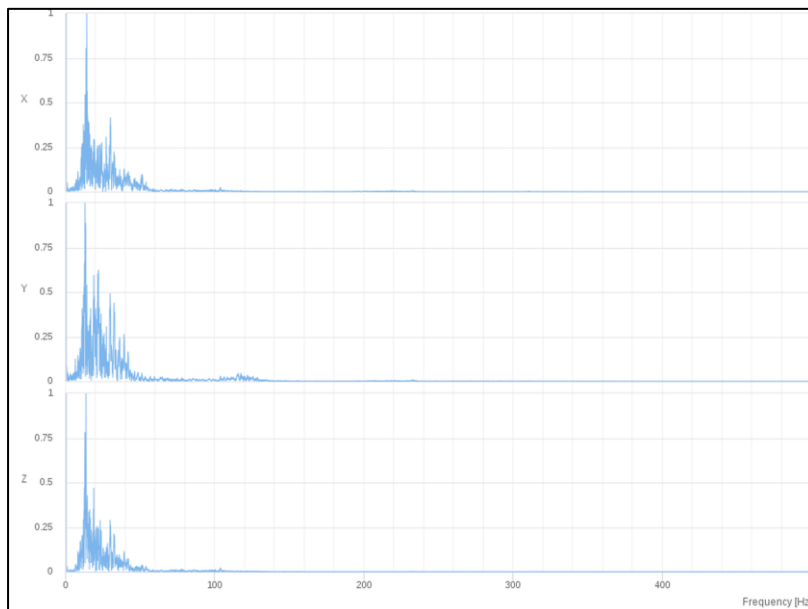
5.3 BEOORDELING

Uit tabel 3 blijkt dat de hoogste trillingssnelheid (V_{top}) gemeten volgens de indicatieve methode 1,300 mm/s bedraagt. Deze trilling is veroorzaakt door zwaar vrachtverkeer rijdende richting de Belgische grens. De bij deze passage horende dominante frequentie (f_{dom}) bedraagt 13 Hz en de topwaarde van de versnelling (a_{top}) bedraagt 0,170 m/s².

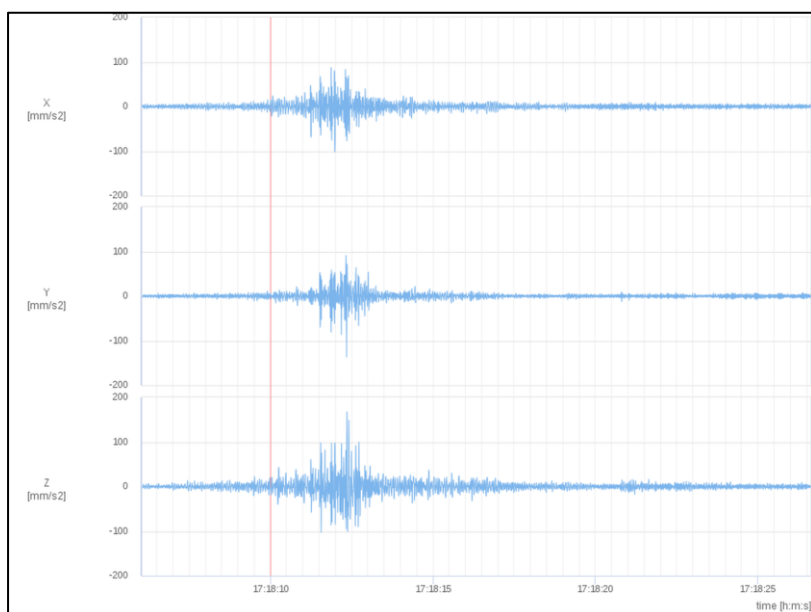
In onderstaand figuur 6, 7 en 8 is ter informatie achtereenvolgens van de hoogste V_{top} het tijdsignaal, de frequentie analyse en het verloop van de trillingsversnelling a_{top} weergegeven.



Figuur 6 tijdsignaal maatgevende V_{top}



Figuur 7 frequentie analyse maatgevende V_{top}



Figuur 8 verloop trillingsversnelling maatgevende V_{top}

DRAAGCONSTRUCTIE

In tabel 4 is de maatgevende waarde van de meting (de 'rekenwaarde van de topwaarde') getoetst aan de 'rekenwaarde van de grenswaarde'.

Tabel 4: Beoordeling maatgevende V_{top}

SITUATIE	PASSAGE	GEMETEN WAARDE V_{TOP}	VEILIGHEIDSFACITOR INDICATIEVE METING Γ_V	REKENWAARDE TOPWAARDE V_D [MM/S]	REKENWAARDE GRENSWAARDE V_R [MM/S]*	TOETSING
WOONKAMER	17:18:06	1,300	1,6	2,080	3,83	Voldoet

* zie paragraaf 3.2.3

Op basis van tabel 4 wordt geconcludeerd dat de rekenwaarde van topwaarde (V_d) kleiner is dan de rekenwaarde van grenswaarde (V_r). Op basis van de meetresultaten kan worden geconcludeerd dat het risico op schade als gevolg van trillingen door het verkeer acceptabel klein is.

FUNDERING

Om te voorkomen dat schade aan de fundering kan ontstaan als gevolg van zettingen worden volgens de richtlijn twee grenswaarden gehanteerd.

1. rekenwaarde van de trillingsversnelling (a_r), deze bedraagt 1 m/s²;
2. rekenwaarde van de trillingssnelheid (V_r), deze bedraagt 6,25 mm/s.

Uit de meetresultaten blijkt dat de rekenwaarde van de trillingsversnelling (a_d) van de maatgevende passage 0,272 m/s² bedraagt, deze is lager dan de rekenwaarde van de grenswaarde (a_r).

De rekenwaarde van de topwaarde voor de trillingssnelheid (V_d) bedraagt voor de maatgevende passage 2,080 mm/s en is lager dan de rekenwaarde van de grenswaarde (V_r).

Het risico op zettingen van de fundering als gevolg van verdichtingen van de bodem is acceptabel klein.

6 MEETRESULTATEN EN BEOORDELING KANS OP HINDER

6.1 ALGEMEEN

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten voor de trillingsmetingen uitgevoerd volgens SBR trillingsrichtlijn deel B in het kader van hinder. In paragraaf 6.2 zijn de resultaten van de metingen weergegeven, in paragraaf 6.3 volgt de beoordeling.

6.2 MEETRESULTATEN

De metingen zijn uitgevoerd in het meetpunt zoals beschreven in paragraaf 4.4. De gebruikte trillingssensor registreert in de twee horizontale richtingen en in de verticale richting de trillingssterkte. De meetresultaten $v_{\text{eff,max},30,i}$ per periode van 30 seconden zijn grafisch weergegeven in bijlage B. In de bijlage geven de bovenste twee grafieken de trillingssterkte weer in de twee horizontale richtingen X en Y. De verticale trillingsrichting is weergegeven in de onderste grafiek.

Door middel van een analyse van de meetdata is bevestiging gezocht dat de meetgegevens waarop de toetsing is gebaseerd afkomstig zijn van het wegverkeer. Deze analyse heeft plaatsgevonden op basis van de tijdsignalen van de trillingen en de webcam beelden. Een correctie van de meetresultaten heeft alleen dan plaatsgevonden als op basis van de beschikbare gegevens is vastgesteld dat het om een stoortrilling (niet afkomstig van het wegverkeer) gaat. Stoortrillingen kunnen zijn het lopen van bewoners over de vloeren en dichtslaan van deuren enz.

De meetresultaten zijn samengevat in tabel 5. Voor ieder etmaal is per beoordelingsperiode dag (07.00 - 19.00 uur), avond (19.00 - 23.00 uur) en nacht (23.00 tot 07.00 uur) de waarde V_{max} opgenomen in de tabel. In de tabel begint de nachtperiode om 23.00u in het voorgaande etmaal.

Deze V_{max} is de maximale geregistreerde trillingssterkte als gevolg van het verkeer voor de betreffende periode. In de tabel is ook het tijdstip aangegeven waarop dit maximum is opgetreden en de bijbehorende trillingsrichting. Bij de bepaling van V_{max} is steeds gecontroleerd (op basis van het tijdsignaal en indien beschikbaar het beeldmateriaal) of de trilling veroorzaakt is door wegverkeer, trillingen die niet veroorzaakt zijn door wegverkeer zijn uit de evaluatie verwijderd. In alle gevallen gaat het om een passage van verkeer, zoals vrachtwagens, lijnbussen en tractoren.

Tabel 5: Gemeten waarde V_{max}

ETMAAL	PERIODE	TIJDSTIP	WOONKAMER	TRILLINGSRICHTING
			$V_{\text{MAX}} [-]$	
25-5-2021	Dag	18:02:57	0,885	Z
	Avond	22:22:07	1,359	Z
26-5-2021	Nacht	6:10:13	1,506	Z
	Dag	15:02:43	2,500	Z
	Avond	20:33:44	1,548	Z
27-5-2021	Nacht	4:51:44	2,279	Z
	Dag	11:07:14	1,963	Z
	Avond	19:31:44	1,207	Z
28-5-2021	Nacht	4:05:44	1,700	Z

ETMAAL	PERIODE	TIJDSTIP	WOONKAMER	TRILLINGSRICHTING
			$V_{\max}$ [-]	
	Dag	13:54:44	2,073	Z
	Avond	19:04:43	1,391	Z
29-5-2021	Nacht	23:44:13	2,104	Z
	Dag	17:13:43	1,343	Z
	Avond	19:39:44	0,607	Z
30-5-2021	Nacht	23:46:44	0,378	Z
	Dag	16:54:14	0,870	Z
	Avond	niet bekend	ca. 0,500	Z
31-5-2021	Nacht	5:32:14	1,498	Z
	Dag	12:31:44	1,521	Z
	Avond	22:26:44	1,660	Z
1-6-2021	Nacht	6:28:14	1,367	Z
	Dag	7:41:44	1,626	Z

¹ de vooraf ingestelde drempelwaarde is niet door verkeer overschreden, derhalve is ook de streefwaarde A_1 voor dag- avond- en nachtperiode niet overschreden.

6.3 BEOORDELING

6.3.1 BEOORDELING $V_{\max}$ (DAG-, AVOND- EN NACHTPERIODE)

Op basis van de resultaten uit tabel 5 is voor de beoordelingsperioden dag, avond en nacht de $V_{\max}$ bepaald. De $V_{\max}$ is de hoogste trillingssterkte gemeten tijdens de dag-, avond- en nachtperiode. Deze zijn als volgt:

- dagperiode (07.00 – 19.00 uur): 2,500 [-];
- avondperiode (19.00 – 23.00 uur): 1,660 [-];
- nachtperiode (23.00 – 07.00 uur): 2,279 [-].

De streefwaarde A_1 (0,2) wordt in de dag-, avond en nachtperiode overschreden. Vervolgens wordt getoetst aan de streefwaarde A_2 . De streefwaarde A_2 (0,8 in de dag/avondperiode en 0,4 in de nachtperiode) wordt overschreden in alle perioden.

Een overschrijding van de streefwaarden A_1 en A_2 betekent dat er kans is op hinder in de dag-, avond- en nachtperiode.

6.3.2 HINDERKWALIFICATIE

Voor de afweging van de toelaatbaarheid van de trillingssterkten door wegverkeer gedurende langere tijd, kan gebruik worden gemaakt van bijlage 5 van de trillingsrichtlijn waarin een kwalificatie van de hinder is gegeven. In onderstaande tabel is deze hinderkwalificatie overgenomen uit bijlage 5.

Tabel 6: Hinderkwalificatie voor wegverkeer (bijlage 5 trillingsrichtlijn deel B)

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

Op basis van de meetresultaten kunnen wij concluderen dat trillingen als gevolg van het wegverkeer in de woning voelbaar zijn. Volgens de trillingsrichtlijn kunnen de trillingsterkten ($V_{\max}$ volgens tabel 5) worden gekwalificeerd als “hinder” gedurende dag-, avond- en nachtperiode.

7 CONCLUSIE

Op verzoek van gemeente Maastricht heeft WSP Nederland B.V. een trillingsonderzoek uitgevoerd naar trillingen als gevolg van wegverkeer voor de woning gelegen aan de Tongerseweg 386 te Maastricht. Het onderzoek heeft plaatsgevonden in het kader van de SBR trillingsrichtlijnen deel A en B.

De meting geldt als nulmeting waarmee de resultaten van toekomstige metingen, uitgevoerd na de voorgenomen reconstructiewerkzaamheden, kunnen worden vergeleken.

Uit het onderzoek worden de volgende conclusies getrokken:

- In de woning is sprake van voelbare trillingen.
- De maatgevende trillingen worden veroorzaakt door het zwaar wegverkeer.
- De trillingen voldoen aan de grenswaarden volgens de trillingsrichtlijn deel A. Kans op schade is daarmee kleiner dan 1%.
- Met betrekking tot hinder leiden de trillingssterkten tot een overschrijding van de streefwaarde A_1 .
- De streefwaarde A_2 wordt in de dag-, avond- en nachtperiode overschreden. Er is derhalve kans op hinder.
- Op basis van de verkregen meetresultaten kan de trillingshinder op basis van trillingsrichtlijn deel B gekwalificeerd worden als 'hinder' in de dag-, avond- en nachtperiode.
- De verkregen meetresultaten vormen een goede basis als nulmeting voor uitvoering van opvolgende metingen.

OVERZICHT BIJLAGEN

Bijlage A

- Grafische weergave meetresultaten schade

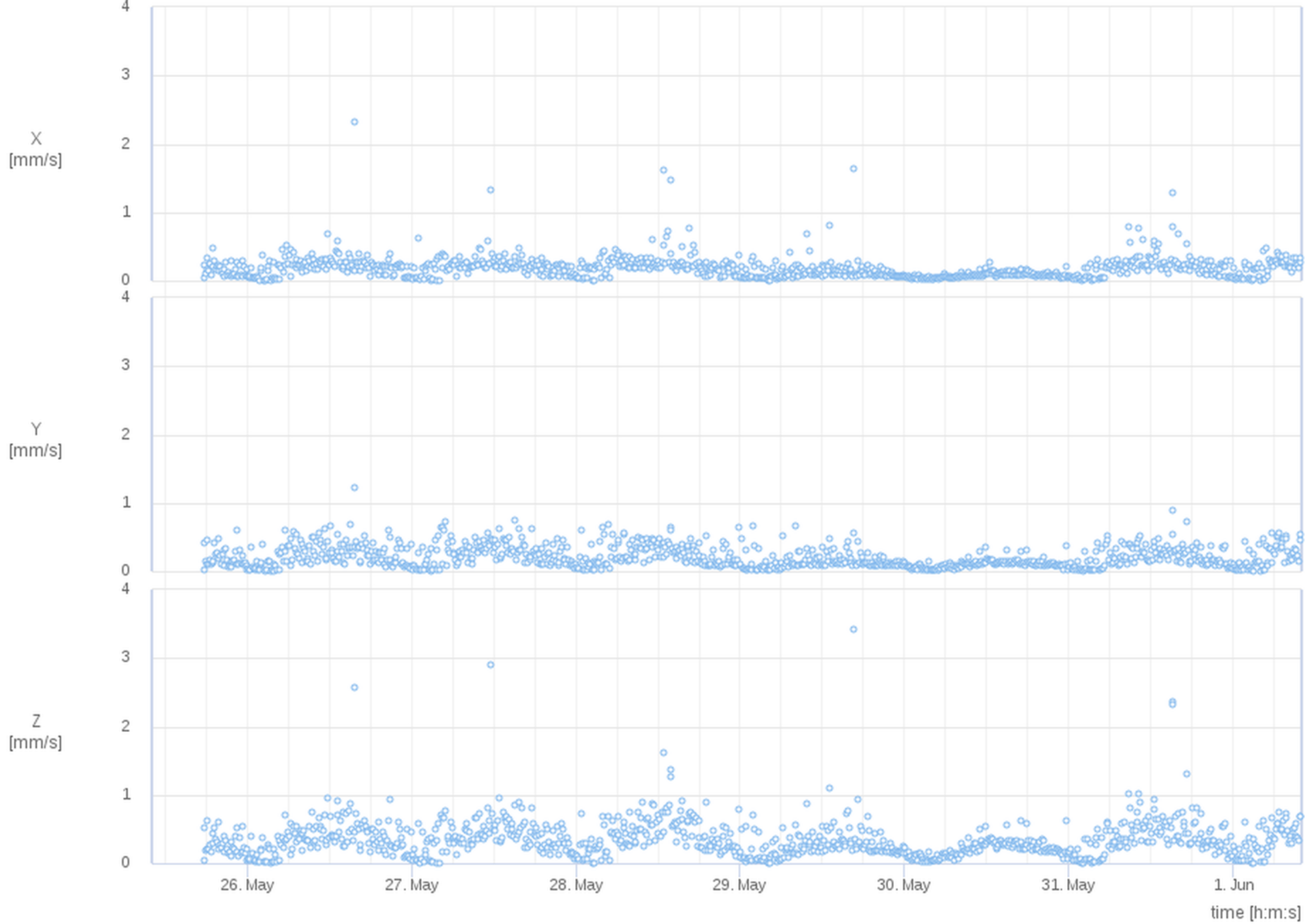
Bijlage B

- Grafische weergave meetresultaten hinder

BIJLAGE

A

GRAFISCHE WEERGAVE
MEETRESULTATEN
SCHADE



Tongerseweg 386
Schade meetpunt woonkamer

● Rock-20040069

BIJLAGE

B

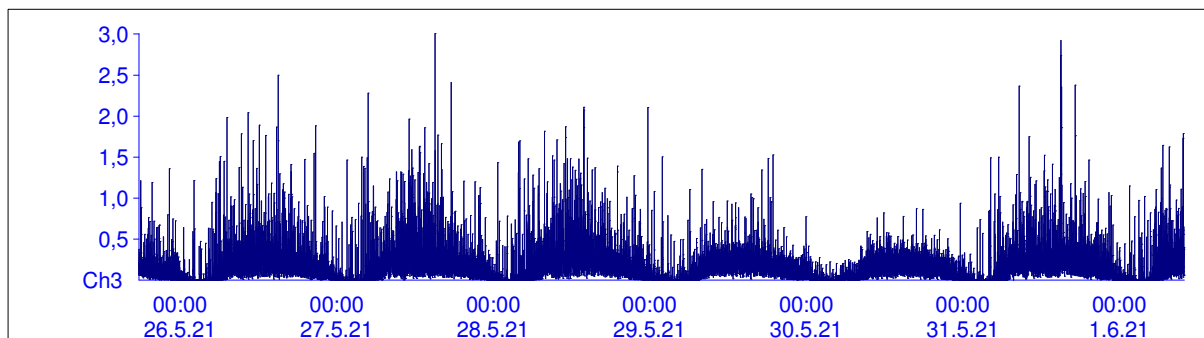
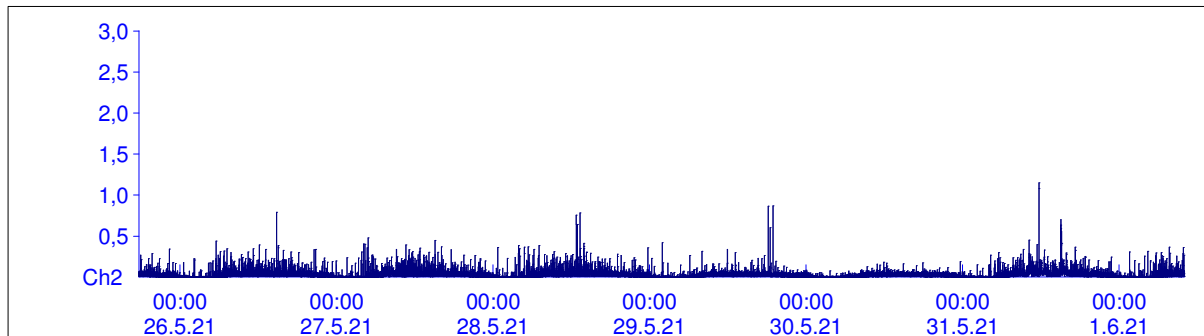
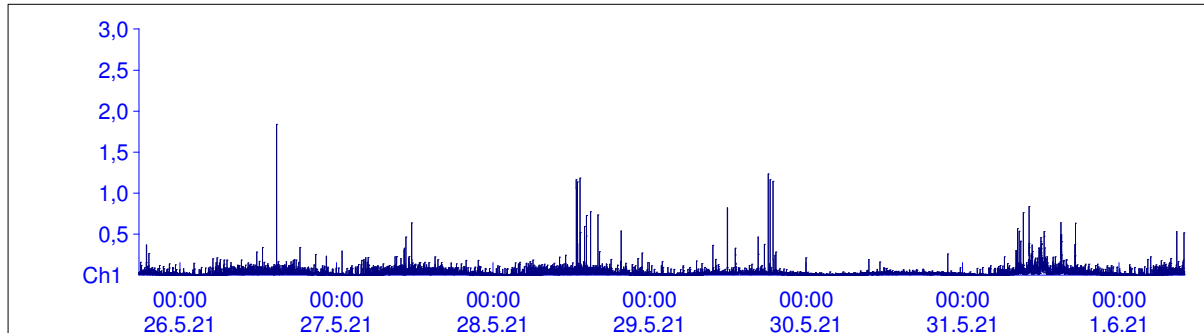
GRAFISCHE WEERGAVE
MEETRESULTATEN
HINDER

MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name: Concatenated Peak File
MR-Name: XMR2002
Station: mr3000-19130048-19130048

Start: 25.5.21 17:41
End: 1.6.21 9:58
Interval: 30 s

Max (1): 1,84
Max (2): 1,15
Max (3): 3,00
KBFTm (1): 0,0440
KBFTm (2): 0,0468
KBFTm (3): 0,274



SBR_B
Meetpunt woonkamer begane grond

Achtergrondmeting veff,max,30,i per 30 seconden.

Grafiek Ch1 en 2 betreft de horizontale trillingsrichting X en Y. Grafiek Ch3 betreft de verticale trillingsrichting Z.