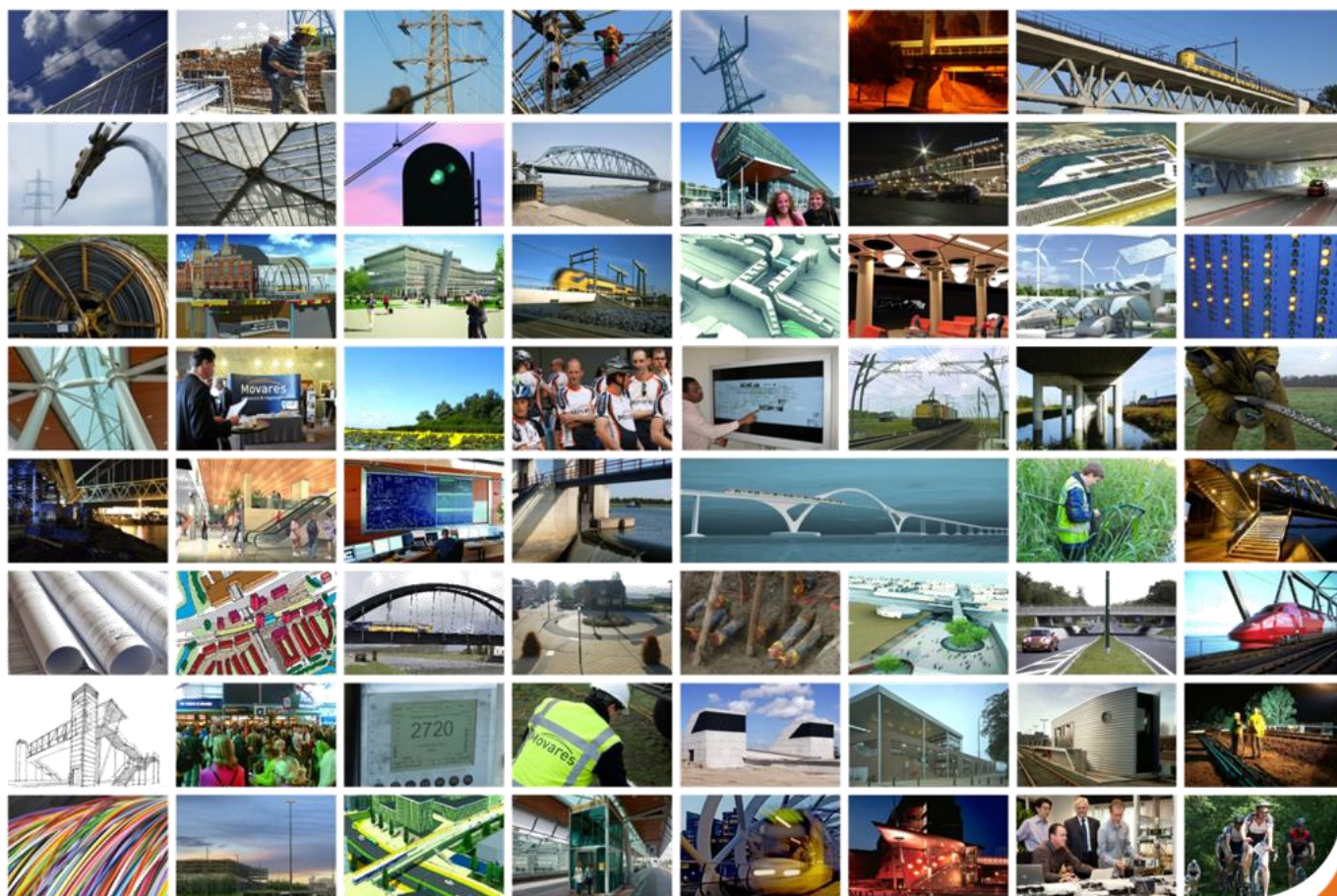




D79-PBO-KA-1500119

13 november 2015- Versie 1.0

Autorisatieblad

Uitbreiding smederij Harderwijk

Trillingsonderzoek t.b.v. bestemmingsplan

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	ir. P.M. Boon		27-10-2015
Controle door	drs. W. Gardien		28-10-2015
Vrijgave door	ir. P.M. Boon		13-11-2015

Samenvatting

De smederij aan de Havendijk in Harderwijk wil uitbreiden. Omwonenden aan de Havendijk klagen over overlast ten gevolge van trillingen van de smederij, en zijn bang dat de hinder toeneemt bij uitbreiding van de smederij, onder meer doordat deze dichterbij de woningen komt te liggen. In het kader van het bestemmingsplan is daarom nader onderzoek verricht naar de trillingen ten gevolge van werkzaamheden in de smederij.

Doel van het voorliggende onderzoek is het vaststellen van de huidige trillingen ten gevolge van de smederij, om vervolgens handvatten op te stellen voor de uitbreiding van de smederij om de hinder voor omwonenden te minimaliseren.

In het voorliggende onderzoek is middels metingen en berekeningen vastgesteld of de voorgestelde uitbreiding van de smederij in Harderwijk leidt tot een overschrijding van de het geldende beoordelingskader voor trillingshinder, de SBR B-richtlijn. Uit het onderzoek volgt dat trillingen van de pneumatische hamer wel kunnen leiden tot voelbare trillingen in de woningen, maar niet tot een overschrijding van de SBR B-richtlijn. Juridisch bezien is het nemen van maatregelen daarom niet noodzakelijk.

Om de hinder voor omwonenden te reduceren kunnen mitigerende maatregelen worden genomen bij het uitbreiden van de smederij. Uit dit onderzoek naar maatregelen volgt dat het afveren van de hamer (direct op de vloer of middels een afgeveerde plaat) het meest effectief is, met de minste impact op de omgeving.

Als de wens bestaat om de trillingshinder van de smederij te reduceren, dan adviseren wij om in overleg met een fabrikant van rubberen matten of rubberen oplegblokken te kijken naar de meest effectieve oplossing. Dan ontstaat ook meer inzicht in de hoogte van de kosten voor het nemen van maatregelen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Doel van het onderzoek	3
1.3 Kader en uitgangspunten	3
1.4 Leeswijzer	3
2 Situatiebeschrijving	4
2.1 Referentiesituatie	4
2.2 Plansituatie	5
3 Aanpak en beoordelingskader	6
3.1 Inleiding	6
3.2 Aanpak	6
3.3 Beoordelingskader	6
3.3.1. <i>Grootheden</i>	6
3.3.2. <i>Streefwaarden</i>	7
3.3.3. <i>Beoordeling in huidige onderzoek</i>	8
4 Meetresultaten huidige situatie	9
4.1 Inleiding	9
4.2 Resultaten	9
4.3 Analyse	11
5 Toekomstige situatie	12
5.1 Inleiding	12
5.2 Effect uitbreiding smederij	12
5.3 Mitigatie	12
5.3.1. <i>Maatregelen aan de bron</i>	12
5.3.2. <i>Maatregelen aan de overdracht</i>	13
5.3.3. <i>Maatregelen aan de ontvanger</i>	14
5.4 Samenvatting maatregelen	15
6 Conclusies en aanbevelingen	16
6.1 Conclusies	16
6.2 Aanbevelingen	16
Colofon	17

Bijlage I Gegevens meting

Bijlage II Grondonderzoek

1 Inleiding

1.1 Inleiding

De smederij aan de Havendijk in Harderwijk wil uitbreiden. Omwonenden aan de Havendijk klagen over overlast ten gevolge van trillingen van de smederij, en zijn bang dat de hinder toeneemt bij uitbreiding van de smederij, onder meer doordat deze dichterbij de woningen komt te liggen. In het kader van het bestemmingsplan is daarom nader onderzoek verricht naar de trillingen ten gevolge van werkzaamheden in de smederij.

1.2 Doel van het onderzoek

Doel van het voorliggende onderzoek is het vaststellen van de huidige trillingen ten gevolge van de smederij, om vervolgens handvatten op te stellen voor de uitbreiding van de smederij om de hinder voor omwonenden te minimaliseren.

1.3 Kader en uitgangspunten

In dit onderzoek wordt voor de beoordeling van trillingshinder de SBR B-richtlijn gehanteerd. Dit is bij bestemmingsplannen de meest gebruikte beoordelingsrichtlijn om trillingshinder voor personen in gebouwen te beoordelen.

1.4 Leeswijzer

Een beschrijving van de huidige en toekomstige situatie is opgenomen in hoofdstuk 2. De aanpak en het beoordelingskader zijn weergegeven in hoofdstuk 3, de meetresultaten in hoofdstuk 4, een analyse van de toekomstige situatie in hoofdstuk 5 en conclusies en aanbevelingen in hoofdstuk 6.

2 Situatiebeschrijving

In dit hoofdstuk is achtereenvolgens een beschrijving van de huidige en toekomstige situatie rond de smederij opgenomen.

2.1 Referentiesituatie

In de huidige situatie is de smederij gesitueerd in een pand uit 1902. Dit pand bestaat uit drie opstallen, waarvan er twee dienst doen als opslagruimte en een als smederij, zie Figuur 2-1. De vloer van de smederij bestaat uit betonstraatstenen. In de smederij zijn onder meer een aambeeld en een pneumatische hamer geplaatst, zie Figuur 2-2.



Figuur 2-1 Smederij (rechts) met opslagruimtes (links)



Figuur 2-2 Pneumatische hamer (achter) en aambeeld (rechts)

De pneumatische hamer staat op een betonnen steunblok, heeft een eigengewicht van

935 kg en een slagarbeid van 0.53 kJ. Dit komt neer op een slagkracht van ca. 2.5 kton.

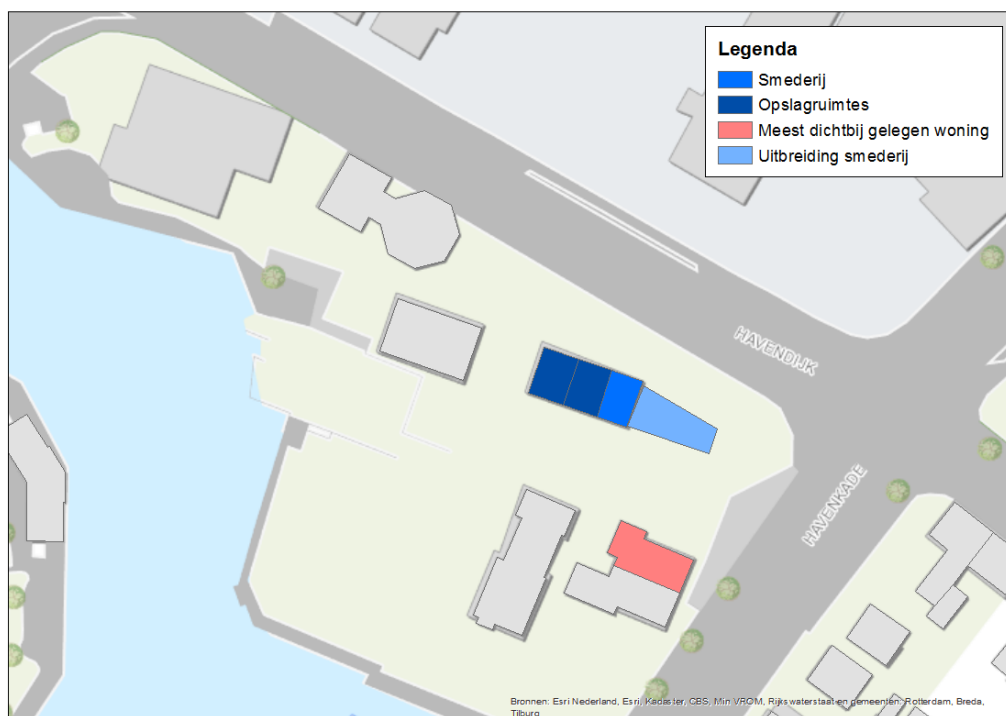
2.2 Plansituatie

Dit trillingsonderzoek wordt uitgevoerd in het kader van een bestemmingsplan om een uitbreiding van de smederij mogelijk te maken. Hierbij wordt de bestaande smederij (oppervlakte ca. 35 m²) uitgebreid met ongeveer 55 m². De constructiewijze van de uitbreiding is nog niet bekend.

Voor het grondvlak van de uitbreiding is gebruik gemaakt van een tekening die gemaakt is in het kader van de uitbreiding van de naastgelegen gasterij Veluvia:

Uitbreiding gasterij Veluvia, Voorontwerp, Cell Studio Architecten, CS371-01-VO303-A, 20 juli 2014

Een tekening met de huidige en toekomstige situatie is weergegeven in Figuur 2-3.



Figuur 2-3 Situatie rond smederij in Harderwijk

3 Aanpak en beoordelingskader

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de gevolgde aanpak voor het voorliggende onderzoek, alsmede een beschrijving van het gehanteerde beoordelingskader, de SBR B-richtlijn.

3.2 Aanpak

Om de trillingshinder voor omwonenden na uitbreiding van de smederij te reduceren, is de volgende aanpak gehanteerd in dit onderzoek:

1. Vaststellen huidige situatie. Om de huidige situatie vast te stellen is een bouwkundige inspectie uitgevoerd. Daarnaast zijn twee types trillingsmetingen uitgevoerd:
 - a. In de smederij. Hierbij zijn diverse trillingssensoren geplaatst op meetpunten in en om de smederij. Doel van deze meting is het vaststellen van de overdracht van de trillingen van de pneumatische hamer naar de fundering en het maaiveld;
 - b. Rond de smederij. Hierbij zijn diverse trillingssensoren geplaatst op meerdere afstanden tot de smederij. Doel van deze meting is de uitdamping van de trillingen met de afstand vast te stellen.

De resultaten van deze stap zijn beschreven in hoofdstuk 4.

2. Vaststellen toekomstige situatie. Aan de hand van de meetresultaten zijn berekeningen uitgevoerd voor de toekomstige situatie, na uitbreiding van de smederij, rekening houdend met nog onbekende funderings- en vloereigenschappen van de uitbreiding van de smederij. Verder worden hier handvatten gegeven om de trillingen te minimaliseren. Deze stap is beschreven in hoofdstuk 5.

3.3 Beoordelingskader

Trillingen kunnen door tal van mechanismes worden veroorzaakt. Bekende trillingsbronnen zijn treinen, vrachtverkeer en bouwwerkzaamheden. Deze trillingen kunnen leiden tot hinder voor omwonenden. De Duitse DIN 4150-2 (1999) norm beschrijft criteria voor het meten en beoordelen van trillingen. De Nederlandse SBR-richtlijn (2002) is hierop gebaseerd. Deze SBR-richtlijn is in Nederland de meest gebruikte richtlijn voor het beoordelen van trillingen en bestaat uit 3 delen:

- Deel A: schade aan gebouwen;
- Deel B: hinder voor personen in gebouwen;
- Deel C: verstoring van apparatuur.

Gezien de aard van de trillingsbron is schade aan gebouwen niet te verwachten. Ook is er geen sprake van gevoelige apparatuur in de nabijheid van de smederij. In het voorliggende onderzoek is daarom alleen de hinder voor personen in gebouwen beoordeeld. Hiervoor is de SBR B-richtlijn gebruikt.

3.3.1. Grootheden

Conform de SBR B-richtlijn worden twee grootheden bepaald:

1. De trillingssterkte V_{max} . Dit is een dimensieloze indicatie van de maximaal ervaren trillingen gedurende de meetperiode, de zogenaamde pieksterkte van de trillingen. Deze grootheid wordt bepaald per 30 seconden, zie par. 9.2 en 9.3 van de SBR B-richtlijn. Van al deze maximale waarden per 30 seconden wordt de maximale waarde bepaald, de $v_{eff, max}$. Vervolgens wordt, op basis van de vijftien hoogst gemeten waarden een statistische berekening uitgevoerd met als resultaat de trillingssterkte die niet wordt overschreden door 95 procent van de gemeten trillingen, de V_{max} . Deze trillingssterkte is beoordeeld op de

streefwaarden uit de SBR B-richtlijn;

2. De trillingsintensiteit V_{per} , een dimensieloze indicatie van het tijdsgemiddelde van de trillingen. Deze grootheid wordt bepaald door het kwadratisch gemiddelde te nemen van de maximale trillingssterkte per 30 seconden indien deze boven de drempelwaarde van 0.1 uitkomt. Trillingssnelheden onder de 0.1 zijn niet of nauwelijks voelbaar en worden niet meegenomen in de bepaling van V_{per} . Het kwadratisch gemiddelde wordt vervolgens gecorrigeerd voor de tijd waarin de trillingssnelheden boven de 0.1 uitkomen, zie ook par. 9.8 van de SBR B-richtlijn.

3.3.2. Streefwaarden

De SBR B-richtlijn kent drie types streefwaarden:

1. A1, de onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ;
2. A2, de bovenste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ;
3. A3, de streefwaarde voor de trillingsintensiteit V_{per} .

De hoogte van de streefwaarden is afhankelijk van een aantal criteria:

1. Of er sprake is van een nieuwe of gewijzigde situatie. De streefwaarden voor nieuwe situaties zijn strenger dan voor bestaande situaties. De uitbreiding van de smederij wordt, omdat er al sprake is van trillingen in de huidige situatie, beoordeeld als een gewijzigde situatie, zie par. 10.3 van de SBR B-richtlijn.
2. Periode gedurende de dag. De SBR B-richtlijn maakt onderscheid tussen dag, avond en nacht. Hierbij geldt dat de streefwaarden van de trillingssterktes gedurende de nacht strenger zijn dan die gedurende de dag en avond. De SBR B-richtlijn kent de volgende periodes: dag (7.00 – 19.00 uur), avond (19.00 – 23.00 uur) en nacht (23.00 – 7.00 uur). De streefwaarden voor dag en avond zijn aan elkaar gelijk. Omdat de trillingen van de smederij alleen tijdens werktijden (overdag) optreden, zijn de streefwaarden voor de dag van toepassing;
3. Gebouwfunctie. De SBR B-richtlijn kent de gebouwfuncties *Gezondheidszorg*, *Wonen*, *Kantoor*, *Bijeenkomsten* en *Kritische werkruimte*. Bij elke gebouwfunctie horen andere toegestane trillingssterktes. De omliggende bebouwing, waarvan klachten over trillingshinder afkomstig zijn, vallen in de gebouwfunctie *Wonen*.

Op basis van deze drie criteria zijn de streefwaarden voor A1, A2 en A3 weergegeven in Tabel 3-1 voor nieuwe situaties, en in Tabel 3-2 voor bestaande situaties. De locaties waarvan klachten afkomstig zijn, hebben de bestemming *wonen*, zie de omkaderde waarden in Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Streefwaarden nieuwe situatie volgens SBR B-richtlijn

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
<i>Gezondheidszorg</i>	0.1 ¹⁾	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
<i>Wonen</i>	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
<i>Kantoor</i>	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
<i>Bijeenkomsten</i>	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
<i>Kritische werkruimte</i>	0.1	0.1	-.--	0.1	0.1	-.--

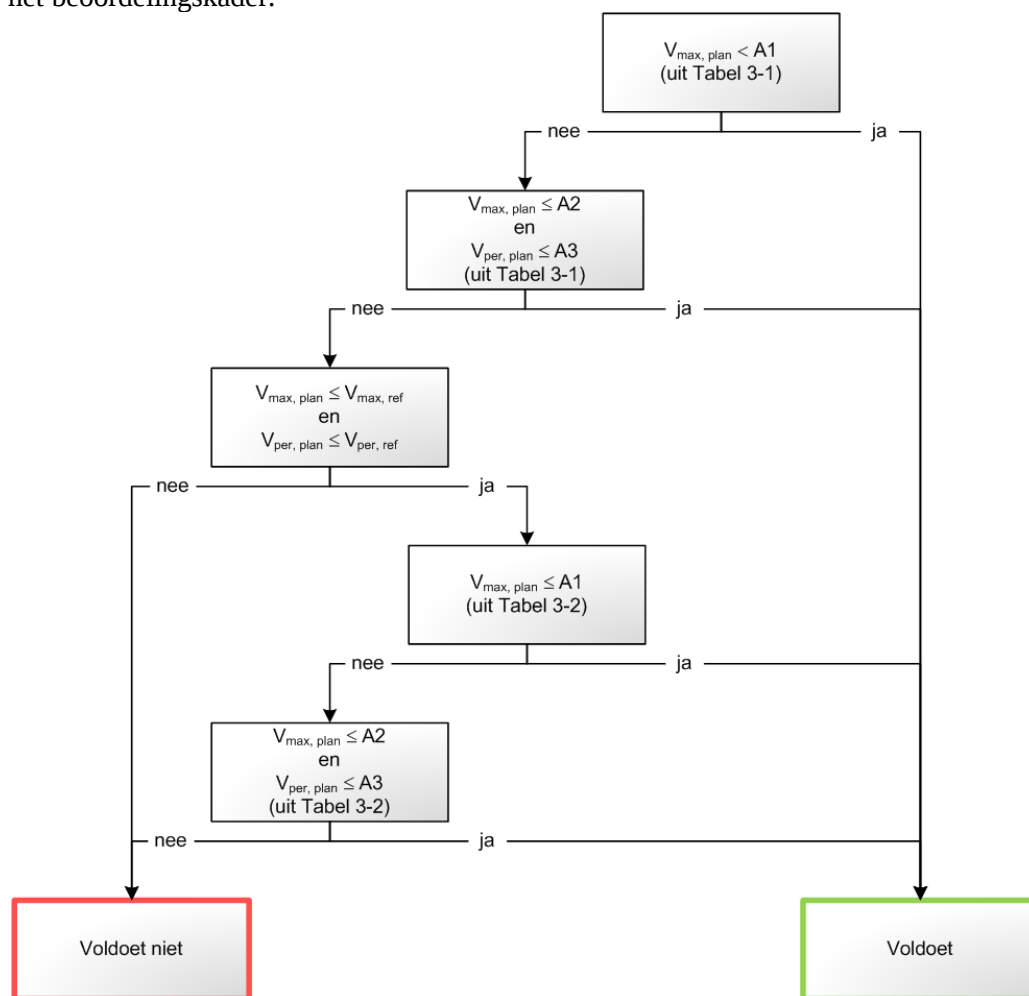
¹⁾ Een streefwaarde van 0.1 betekent een waarde kleiner dan 0.15

Tabel 3-2 Streefwaarden bestaande situatie volgens SBR B-richtlijn

Gebouwfunctie	Dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Gezondheidszorg	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Wonen	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1
Kantoor	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Bijeenkomsten	0.3	1.2	0.15	0.3	1.2	0.15
Kritische werkruimte	0.1	0.1	-.--	0.1	0.1	-.--

3.3.3. Beoordeling in huidige onderzoek

Om te beoordelen of een situatie voldoet, dient het schema in Figuur 3-1 te worden doorlopen. Een locatie voldoet aan het beoordelingskader wanneer de trillingssterkte lager is dan A1 voor nieuwe situaties. Een tweede mogelijkheid om te voldoen is als de trillingssterkte lager is dan A2 en de trillingsintensiteit lager is dan A3, opnieuw voor nieuwe situaties. Een derde mogelijkheid om te voldoen is als de trillingssterkte en de trillingsintensiteit niet toenemen, waarbij tegelijkertijd wordt voldaan aan de streefwaarden voor bestaande situaties. In alle overige gevallen wordt niet voldaan aan het beoordelingskader.



Figuur 3-1 Beoordelingsschema voor gewijzigde situaties

4 Meetresultaten huidige situatie

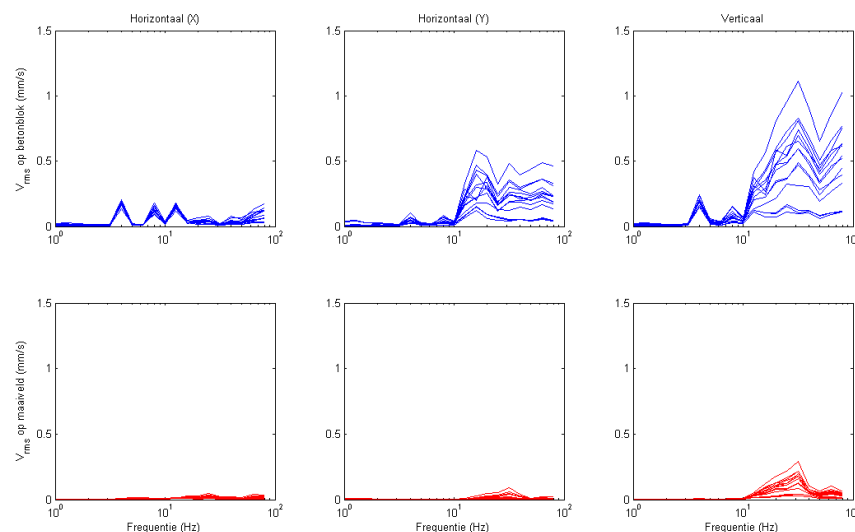
4.1 Inleiding

In het kader van het trillingsonderzoek zijn trillingsmetingen uitgevoerd in en rond de bestaande smederij aan de Havendijk. Meer informatie over de metingen en de positie van de diverse meetpunten is opgenomen in Bijlage I. In dit hoofdstuk worden de resultaten van deze metingen gepresenteerd.

De metingen zijn uitgevoerd met 3D-sensoren, dit betekent dat de trillingen in drie richtingen zijn gemeten: de X-richting is horizontaal, parallel aan de Havenkade, de Y-richting is horizontaal, loodrecht op de Havenkade en de Z-richting is verticaal.

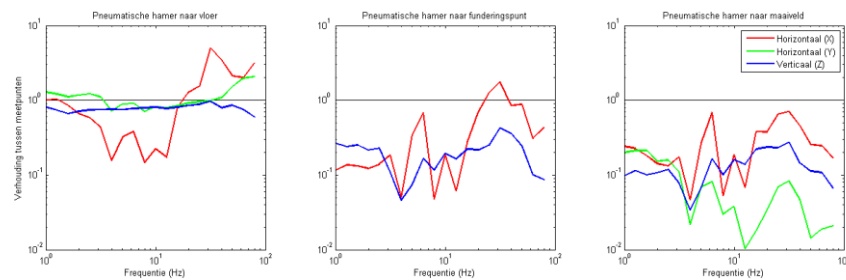
4.2 Resultaten

Uit de metingen blijkt dat de pneumatische hamer voor aanzienlijk hogere trillingen zorgt dan de overige werkzaamheden in de smederij. De trillingen ten gevolge van handmatige hamerslagen zijn bijvoorbeeld een factor 10 lager, deze zijn dermate laag dat deze niet tot trillingshinder bij omwonenden zullen leiden. Daarom is in het onderzoek gefocust op de trillingen afkomstige van de pneumatische hamer. De gemeten trillingsspectra bij de pneumatische hamer en op maaiveld zijn weergegeven in Figuur 4-1.



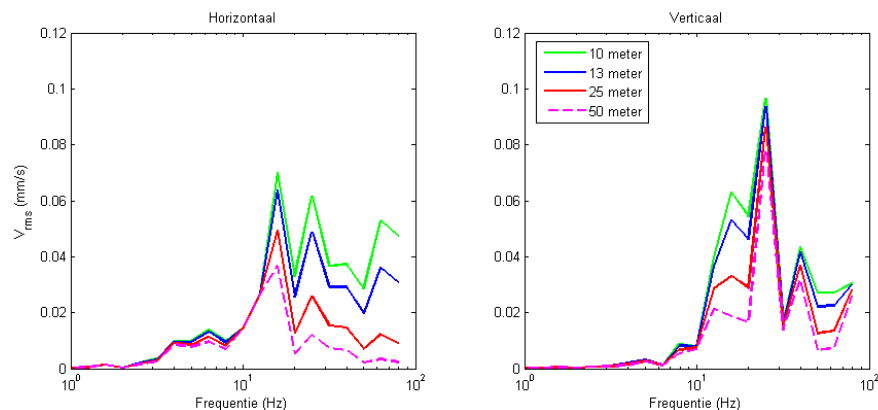
Figuur 4-1 Gemeten trillingsspectra bij de pneumatische hamer (boven) en op maaiveld, tegen de gevel van de smederij (onder)

Op basis van de meetresultaten is de overdracht van de trillingen van de pneumatische hamer (op het betonblok) naar de fundering en naar maaiveld bepaald, zie Figuur 4-2. In deze figuur is goed zichtbaar dat de trillingen sterk worden gereduceerd, de overdracht is namelijk kleiner dan 1 (afgezien van de hogere frequenties in de meest linkse subfiguur). Deels komt dit door een verzwakking van de trillingen met de afstand (trillingen worden verspreid en uitgedempt naarmate deze verder van de trillingsbron vandaan zijn), deels doordat de pneumatische hamer op een betonblok is gepositioneerd. Het effect hiervan is zichtbaar in de meest linkse subfiguur.



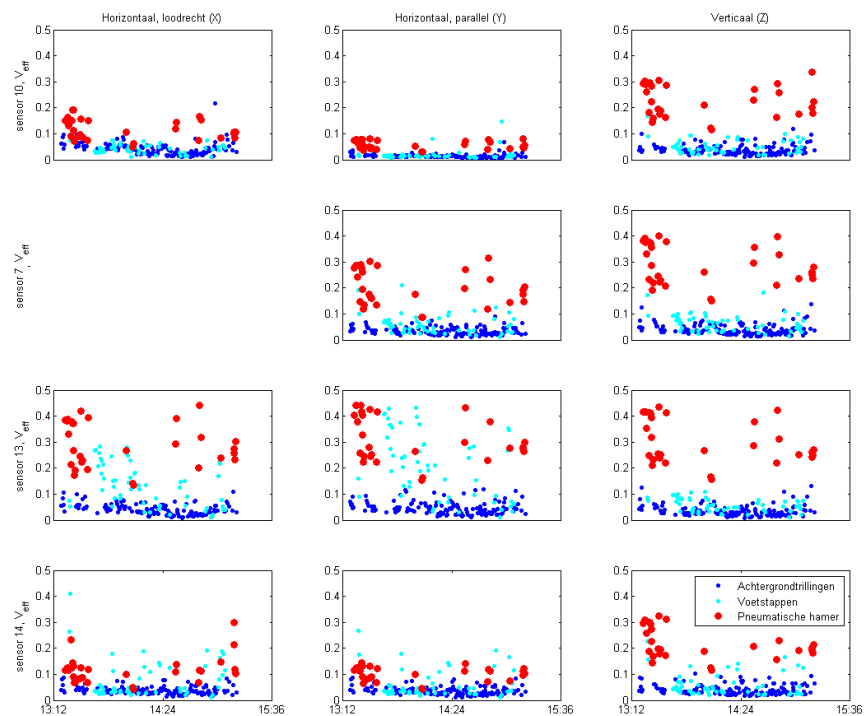
Figuur 4-2 Overdracht van de trillingen van de pneumatische hamer naar de vloer (links), de fundering (midden) en naar maaiveld, tegen de gevel van de smederij (rechts)

Naast de metingen in de smederij zijn ook metingen uitgevoerd op maaiveld, buiten de smederij, op verschillende afstanden tot de smederij. De gemeten trillingen van de pneumatische hamer op 10, 13, 25 en 50 meter afstand zijn weergegeven in Figuur 4-3. Het spectrum op 50 meter afstand is berekend op basis van extrapolatie van de gegevens.



Figuur 4-3 Gemeten trillingsspectra van pneumatische hamer op 10, 13, 25 en 50 meter afstand

De meetwaarden van de gehele meetduur voor de vier meetpunten op maaiveld zijn weergegeven in Figuur 4-4. Op 13 meter afstand resulteert een V_{max} op maaiveld van ongeveer 0.32 tot 0.35 en een V_{per} die, afhankelijk van de bedrijfsduur van de pneumatische hamer, varieert tussen de 0.03 en de 0.05 bij een bedrijfsduur van 2 tot 5 uur per dag.



Figuur 4-4 Gemeten trillingen op maaiveld. Meetpunt 10 correspondeert met 15 meter van de smederij, meetpunt 7 met 6 meter van de smederij, meetpunt 13 met 4 meter van de smederij en meetpunt 14 met 10 meter van de smederij

4.3 Analyse

In het huidige onderzoek zijn alleen metingen op maaiveld uitgevoerd. De meest dichtbij gelegen woning is de dubbele woning aan de Havenkade, nummers 5 en 7. Dit zijn woningen uit 1908. Op basis van de leeftijd en gebouwkenmerken is de verwachting dat de fundering de trillingen niet of nauwelijks verzwakt, en dat de vloeren een eigenfrequentie hebben die lager is dan 10 Hz¹. Ook de horizontale eigenfrequentie van de woningen is naar verwachting lager dan 10 Hz. Omdat in dat frequentiegebied nauwelijks trillingen optreden ter plaatse van de woningen (zie Figuur 4-3 en Figuur 4-4), is de verwachting dat de op maaiveld gemeten trillingen ook representatief zijn voor de trillingen in de woningen.

De trillingen van de pneumatische hamer, zoals deze zijn gemeten op maaiveld op ongeveer 13 meter afstand (afstand van meest dichtbij gelegen woning) zijn dermate hoog dat deze inderdaad tot hinder voor omwonenden kunnen leiden. De trillingssterkte V_{max} op maaiveld bedraagt ongeveer 0.32 tot 0.35, de trillingsintensiteit V_{per} bedraagt, afhankelijk van de bedrijfsduur van de pneumatische hamer, tussen de 0.03 en de 0.05 bij een bedrijfsduur van 2 tot 5 uur per dag. Dergelijke waarden zijn lager dan de streefwaarden voor bestaande situaties (resp. 0.8 voor V_{max} en 0.1 voor V_{per}), maar kunnen wel hinderlijk zijn voor omwonenden. Er is echter geen overschrijding van de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn.

¹ De trillingen worden vooral versterkt rond de eigenfrequentie van de vloeren. Omdat er vooral trillingen zijn gemeten boven de 10 Hz, is de verwachting dat de trillingen slechts beperkt worden versterkt door de vloeren als deze een eigenfrequentie van minder dan 10 Hz hebben.

5 Toekomstige situatie

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de toekomstige situatie en de gevolgen daarvan op de trillingen voor de omwonenden.

5.2 Effect uitbreiding smederij

In de toekomstige situatie komt de smederij iets dichterbij de bebouwing aan de Havenkade te liggen (huidig 13.5 meter, toekomst 13.0 meter). Het dichterbij komen van de smederij zal niet leiden tot een significante toename van de trillingen, de afstand blijft nagenoeg gelijk. Ook in de toekomstige situatie wordt daarom geen overschrijding van de streefwaarden uit de SBR B-richtlijn verwacht. Niettemin kunnen de trillingen door omwonenden wel als hinderlijk worden ervaren.

Bij een bedrijfsduur van de pneumatische hamer van maximaal 2 uur per dag en verder de aannames dat de trillingen door de fundering van de woningen niet worden verzwakt en dat de eigenfrequentie van de vloeren lager is dan 10 Hz, ontstaat de in Tabel 5-1 weergegeven beoordelingstabel voor de woningen aan de Havendijk 5 en 7. Hierbij is alleen de beoordeling voor de dagperiode weergegeven, omdat de smederij alleen tijdens de dagperiode in bedrijf is.

Tabel 5-1 *Berekende trillingssterkte en trillingsintensiteit in woningen aan de Havenkade*

Adres	Trillingssterkte V_{max}		Trillingsintensiteit V_{per}	
	Meetwaarde	Grenswaarde	Meetwaarde	Grenswaarde
Havenkade 5 en 7	0.3 – 0.4	0.8	0.03	0.1

Omdat de trillingen door omwonenden wel als hinderlijk kunnen worden ervaren, is ons advies om bij de uitbreiding van de smederij rekening te houden met het verminderen van de trillingen afkomstig van de pneumatische hamer. In de volgende paragraaf wordt concreet aangegeven hoe dit kan worden gerealiseerd.

5.3 Mitigatie

Bij het realiseren van de uitbreiding van de smederij is er een aantal mogelijkheden om de trillingen van de pneumatische hamer te reduceren. Grofweg kan bij trillingsreductie worden gedacht aan het verminderen van de trillingen bij:

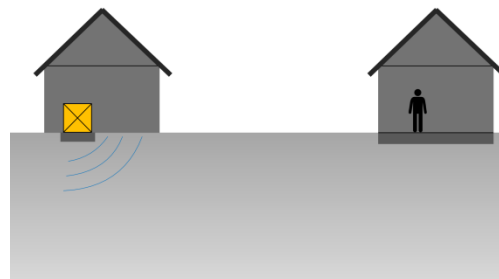
1. De bron (pneumatische hamer);
2. De overdracht (bodem tussen smederij en woningen);
3. De ontvanger (de woningen waarin de hinder wordt ervaren).

De meest voor de hand liggende mogelijkheden (op basis van expert judgment) ten aanzien van het nemen van maatregelen worden in de volgende subparagrafen nader toegelicht.

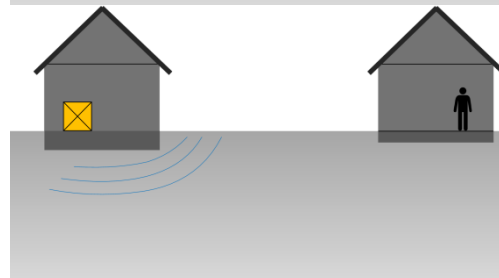
5.3.1. Maatregelen aan de bron

Bij maatregelen aan de bron kan gedacht worden aan de volgende opties:

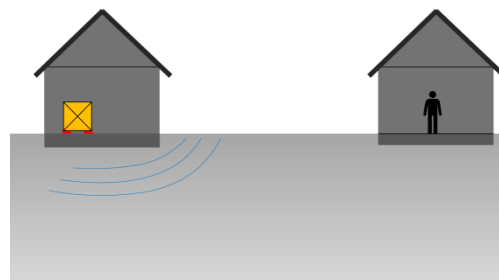
Huidige situatie, waarbij de pneumatische hamer op een relatief kleine betonplaat is gepositioneerd.



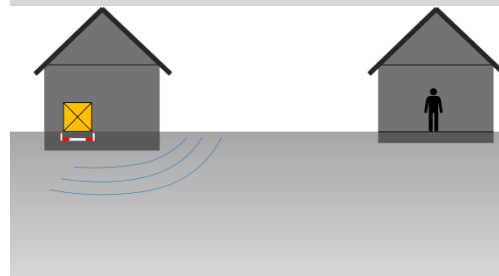
B.1 Zware fundering, waarbij de pneumatische hamer op een zware (lees: dikke) betonnen fundering wordt geplaatst. Door de grotere massa van de betonplaat nemen de trillingen af, de grotere oppervlakte van de fundering zorgt ervoor dat de trillingen over een grotere oppervlakte worden verspreid. Beide aspecten leiden tot lagere trillingen in de omgeving.



B.2 Afveren van de pneumatische hamer, hierbij wordt onder de voeten van de pneumatische hamer rubberen blokken of een rubbermat geplaatst. De eigenfrequentie van de afgeveerde constructie dient maximaal 8 Hz te zijn.²



B.3 Afgeveerde plaat, hierbij wordt de pneumatische hamer op een betonplaat geplaatst die aan de onderzijde is opgelegd op rubberen blokken of een rubbermat. Aandachtspunt is de zijkant van de betonplaat, deze moet ook geïsoleerd worden (bijvoorbeeld door rubber) van de rest van de fundering. De eigenfrequentie van de afgeveerde constructie dient maximaal 8 Hz te zijn.



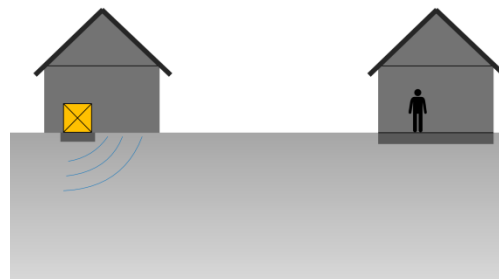
Maatregel B.3 is effectiever (omdat hiermee een lagere eigenfrequentie kan worden behaald doordat de massa boven de veren hoger is) dan maatregelen B.2 en B.1. Maatregel B.3 is wel de meest kostbare maatregel.

5.3.2. Maatregelen aan de overdracht

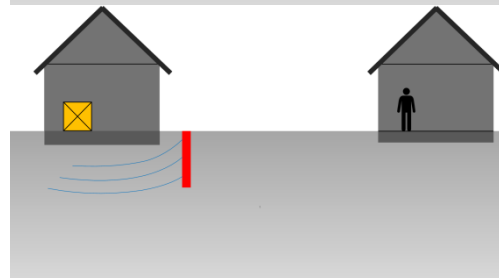
Bij maatregelen aan de transmissie kan gedacht worden aan de volgende opties:

² De benodigde stijfheid van de rubberen blokken kan bepaald worden met behulp van de massa van de componenten boven de rubberen blokken. De benodigde stijfheid bij een eigenfrequentie van 8 Hz kan dan bepaald worden met de formule $K = M \cdot (8 \cdot 2 \cdot \pi)^2$. Hierbij is M de massa van de pneumatische hamer en eventueel het betonblok waar deze op is geplaatst (in kg's).

Huidige situatie, waarbij de pneumatische hamer op een relatief kleine betonplaat is gepositioneerd. De trillingen worden niet tegengehouden in de bodem.



T.1 Trillingsscherm in de bodem, bijvoorbeeld van beton of EPS³. Een dergelijk scherm dient naar verwachting een diepte van 5 tot 7 meter te hebben om de trillingen significant te reduceren, op basis van de opbouw van de bodem (zie Bijlage II).

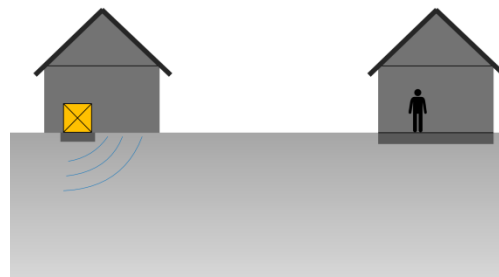


De ervaring leert dat ondergrondse trillingsreducerende constructies weliswaar effectief kunnen zijn, maar ook hoge kosten met zich meebrengen.

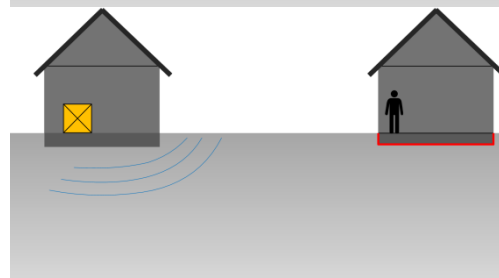
5.3.3. Maatregelen aan de ontvanger

Bij maatregelen aan de ontvanger kan gedacht worden aan de volgende opties:

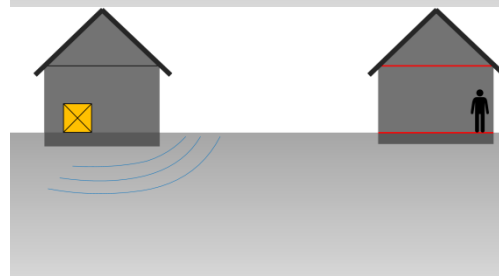
Huidige situatie, waarbij de pneumatische hamer op een relatief kleine betonplaat is gepositioneerd. De woningen waarin de hinder wordt ervaren hebben houten vloeren, waardoor de trillingen relatief goed voelbaar zijn.



O.1 Fundering inpakken, hierbij wordt de fundering van de woningen ingepakt met bijvoorbeeld rubber of EPS. Hierdoor kunnen de trillingen niet meer gemakkelijk de woning in.

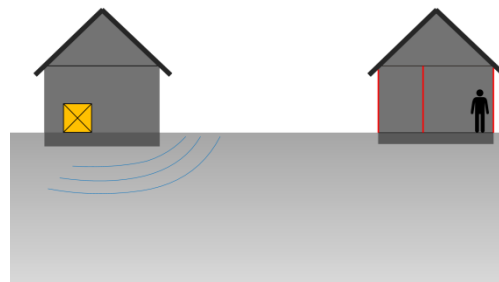


O.2 Vloeren verstijven, hierbij zijn meerdere mogelijkheden. Zo kunnen de houten vloeren worden vervangen door betonnen vloeren, of worden de vloerbalken verstevigd met stalen U-profielen, of wordt een dekvloer toegepast. Deze maatregel heeft beperkt effect gezien de verwachte eigenfrequentie van de vloer en de gemeten trillingsspectra.



³ Expanded Polystyrene, in de volksmond piepschuim genoemd.

O.3 Muren verstijven, hierbij worden niet-dragende binnenwanden vervangen door dragende binnenwanden (van metselwerk of holle wanden met intern een stalen frame). Ook buitenmuren kunnen worden verstevigd, maar dit leidt tot grote wijzigingen in het gevelaanzicht. Deze maatregel heeft beperkt effect gezien de verwachte eigenfrequentie van de muren en de gemeten trillingsspectra.



Alle maatregelen aan de ontvanger brengen hoge kosten met zich mee en een grote impact op omwonenden. Doorgaans heeft dit type maatregelen daarom niet de voorkeur.

5.4 Samenvatting maatregelen

Bovenstaande maatregelen zijn samengevat weergegeven in Tabel 5-2. Hierbij is ook een inschatting gemaakt van de relatieve impact⁴ en kosten. Uit dit overzicht volgt dat het afveren van de hamer (direct op de vloer of middels een afgeveerde plaat) het meest effectief is, met de minste impact op de omgeving.

Tabel 5-2 Beoordeling maatregelen⁵

Maatregel	Effect	Impact	Kosten
Geen maatregel	0	0	0
B.1 Zware fundering	+	0	-
B.2 Afveren hamer	++	0	--
B.3 Afgeveerde plaat	+++	0	---
T.1 Trillingsscherm	+	-	----
O.1 Fundering inpakken	+	--	----
O.2 Vloeren verstijven	+	--	----
O.3 Muren verstijven	+	---	----

Juridisch gezien is het nemen van maatregelen niet noodzakelijk. Als de wens bestaat om de trillingshinder van de smederij te reduceren, dan adviseren wij om in overleg met een fabrikant van rubberen matten of rubberen oplegblokken te kijken naar de meest effectieve oplossing⁶. Dan ontstaat ook meer inzicht in de hoogte van de kosten voor het nemen van maatregelen.

⁴ Onder impact wordt de overlast voor omwonenden tijdens de realisatie van de maatregel verstaan.

⁵ Een positieve score bij effect betekent trillingsreductie, een negatieve score bij impact betekent impact op omwonenden en een negatieve score bij de kosten betekent extra kosten ten opzichte van het niet nemen van maatregelen.

⁶ Voorbeelden van dergelijke fabrikanten zijn Eriks NV (<http://rubbertechology.info/en/datasheets/anti-vibration-mounts/ERIKS%20-%20RX-trillingdempermatten.pdf>) en ESZ Becker (<http://www.esz-becker.de/overzicht-opleggingen-voor-trillingsisolatie-en-constructiegeluidisolatie.html>)

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

In het voorliggende onderzoek is middels metingen en berekeningen vastgesteld of de voorgestelde uitbreiding van de smederij in Harderwijk leidt tot een overschrijding van het geldende beoordelingskader voor trillingshinder, de SBR B-richtlijn. Uit het onderzoek volgt dat de trillingen van de pneumatische hamer uit de smederij wel kunnen leiden tot voelbare trillingen in de woningen, maar niet tot een overschrijding van de SBR B-richtlijn. Juridisch gezien is het nemen van maatregelen daarom niet noodzakelijk.

Om de hinder voor omwonenden te reduceren kunnen mitigerende maatregelen worden genomen bij het realiseren van de uitbreiding van de smederij. Uit dit onderzoek naar maatregelen volgt dat het afveren van de hamer (direct op de vloer of middels een afgeveerde plaat) het meest effectief is, met de minste impact op de omgeving.

6.2 Aanbevelingen

Als de wens bestaat om de trillingshinder van de smederij te reduceren, dan adviseren wij om in overleg met een fabrikant van rubberen matten of rubberen oplegblokken te kijken naar de meest effectieve oplossing. Dan ontstaat ook meer inzicht in de hoogte van de kosten voor het nemen van maatregelen.

Colofon

Opdrachtgever Gemeente Harderwijk
Mevr. K. van der Schot

Uitgave Movares Nederland B.V.

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

Daalseplein 100
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 06 10 03 94 54

Ondertekenaar ir. P.M. Boon
Adviseur

Projectnummer RM003600

Opgesteld door ir. P.M. Boon

© 2015, Movares Nederland B.V.

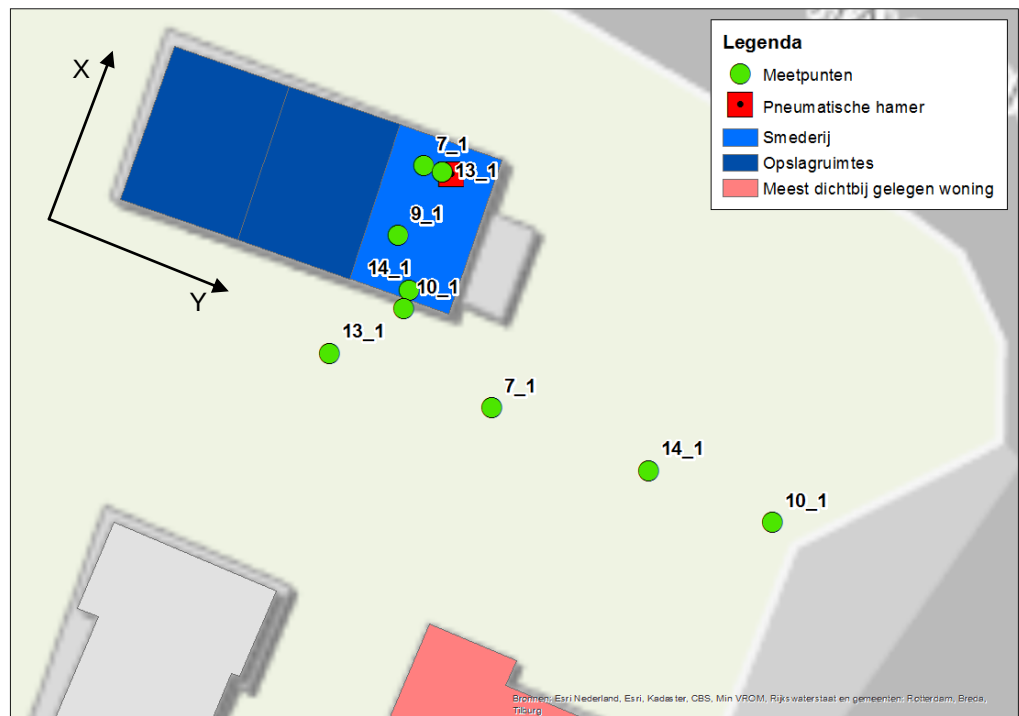
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming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

Bijlage I Gegevens meting

Conform de eisen in de SBR B-richtlijn, hoofdstuk 11, bevat deze bijlage de gegevens van de metingen.

1	Uitvoerende organisatie	<i>Movares Nederland B.V. Daalseplein 101 3511 SX Utrecht</i>
	Verantwoordelijke persoon	<i>ir. P.M. Boon e-mail: pieter.boon@movares.nl tel.: 06-10039454</i>
2	Meting uitgevoerd door	<i>ir. P.R. Bouwma</i>
3	Tijdsperiode meting	<i>27-05-2015 15:00 tot 03-06-2015 14:00</i>
4	Type trillingsbron	<i>Kunstmatige trillingsbron, pneumatische hamer t.b.v. smeedwerk. De trillingen van passerend verkeer op de Havenkade zijn aanzienlijk lager dan die van de pneumatische hamer (smeedwerk).</i>
5	Gebouwomschrijving	<i>Enkellaags, vrijstaand gebouw met bestemming industrie. Opgebouwd uit metselwerk</i>
6	Locatie metingen	<i>Zie plattegrond in hoofdstuk 2</i>
7	Geotechnische gegevens	<i>Zie Bijlage II</i>
8	Meetposities	<i>Zie Figuur I - 1</i>
9	Gebruikte meetopnemers	<i>Vijf 3D-geofoons</i>
	Gebruikte registratieapparatuur	<i>Webcam gekoppeld aan meetcomputer</i>
	Gebruikte verwerkingsapparatuur	<i>Dewe-1201 meetcomputer met 15 aangesloten kanalen. Meetcomputer legt zowel de trillingssterkte per 30 seconden als het tijdssignaal vast.</i>
10	Overzicht meetwaarden	<i>Zie figuren in hoofdstuk 4</i>
11	Motivatie classificatie gebouw	<i>Niet gebruikt in dit onderzoek</i>
12	Overige relevante omstandigheden	<i>Zie hoofdstuk 2</i>

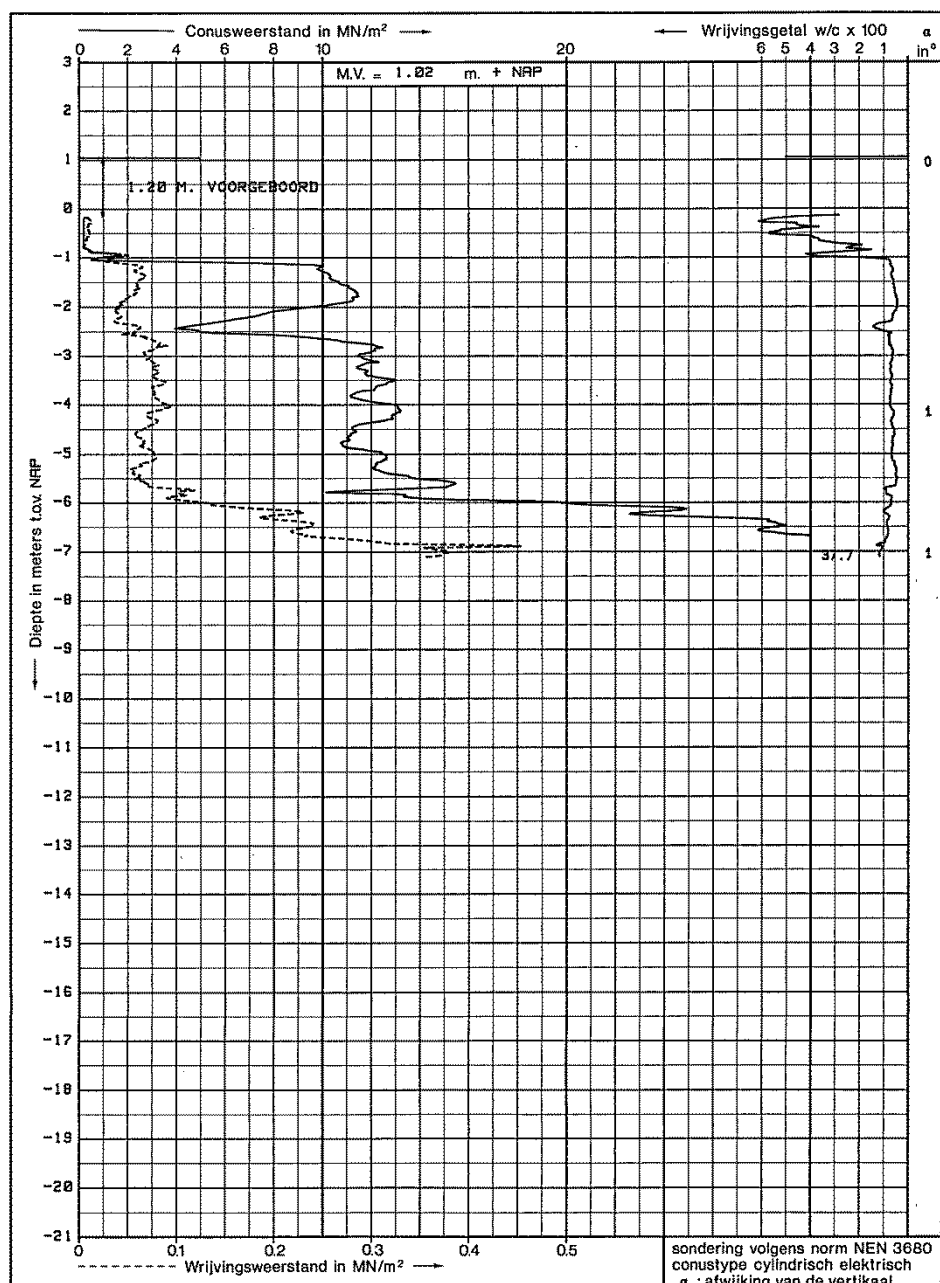
De meetposities zoals gebruikt in dit onderzoek zijn weergegeven in Figuur I - 1. De metingen zijn uitgevoerd met 3D-sensoren, dit betekent dat de trillingen in drie richtingen zijn gemeten: de X-richting is horizontaal, parallel aan de Havenkade, de Y-richting is horizontaal, loodrecht op de Havenkade en de Z-richting is verticaal.



Figuur I - 1 *Overzicht meetposities*

Bijlage II Grondonderzoek

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van sondering S26H00145, deze is weergegeven in Figuur II - 1.



Figuur II - 1 Sondering S26H00145