

Notitie

Project:	Tongerseweg Maastricht
Onderwerp:	Samenvatting resultaten trillingsonderzoek en plan van aanpak vervolgonderzoek
Referentie:	16A132.NOT002.RK.GL
Datum:	13 juni 2017
Auteur:	De heer ing. R.F.M. Kleynen
Bestemd voor:	De heer R. Lebouille

1 Inleiding

LievensenseCSO Milieu BV (verder LievensenseCSO) heeft een trillingsonderzoek uitgevoerd voor woningen gelegen aan de Tongerseweg te Maastricht. Het onderzoek heeft betrekking op het deel van de Tongerseweg gelegen tussen de Javastraat en de Belgische grens.

Naar aanleiding van een motie in de gemeenteraad doorloopt gemeente Maastricht een onderzoekstraject naar mogelijke maatregelen om de (trillings-)hinder als gevolg van verkeer in Maastricht-West te verminderen. Een van de mogelijke maatregelen die hierbij naar voren is gekomen, is een reconstructie van de Tongerseweg (deel Javastraat tot aan de Belgische grens). In dit reconstructieplan wordt onder andere voorzien in een nieuwe topklaag, waarmee veronderstelt wordt ook de mate van trillingshinder te verminderen. Op korte termijn is door gemeente Maastricht in het onderhoudsprogramma nog niet voorzien in regulier groot wegonderhoud. Gelet op het investeringsvolume van een dergelijke reconstructie en de benodigde extra financiering wil gemeente Maastricht door het uitvoeren van een trillingsonderzoek meer inzicht krijgen in de mate van de nu heersende trillingshinder en vast stellen of de reconstructie van de weg daadwerkelijk bijdraagt aan het verminderen van trillingshinder. Ook als niet wordt gekozen voor een reconstructie op korte termijn, levert dit onderzoek nuttige informatie op voor het regulier groot wegonderhoud op termijn.

Voor de beschouwing van het aspect trillingen is door LievensenseCSO een trillingsonderzoek uitgevoerd door middel van metingen in vier woningen (steekproef). De resultaten uit dit trillingsonderzoek moeten antwoord geven op de volgende vragen:

- Is er in de huidige situatie kans op overschrijding van de grenswaarden volgens SBR trillingsrichtlijn deel A voor schade aan woningen?
 - Is er in de huidige situatie kans op overschrijding van de streefwaarden volgens SBR trillingsrichtlijn deel B voor hinder voor personen in gebouwen?
- Indien vraag 1a en/of 1b met ja beantwoord kan worden, welke maatregelen kunnen dan meegenomen worden in het reconstructieplan ten einde trillingsschade en/of –hinder te voorkomen dan wel te verminderen?

Voorliggende notitie geeft een samenvatting en vergelijking van de reeds per woning gerapporteerde resultaten. Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten van het onderzoek. In hoofdstuk 3 wordt een samenvatting en een vergelijking gegeven van de meetresultaten. Aanvullend is in hoofdstuk 4 een voorstel gedaan voor eventueel vervolgonderzoek naar de mogelijkheden voor de reducering van trillingen omdat uit de meetresultaten gebleken is dat er sprake is van trillingshinder in 3 van de 4 onderzochte woningen.

2 Uitgangspunten

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de meetresultaten uit de steekproef. Voor verdere inhoudelijke behandeling van de metingen wordt verwezen naar de afzonderlijke rapportages van de woningen.

2.2 Situatie

Het straatbeeld van de Tongerseweg wordt hoofdzakelijk gekenmerkt door woningen uit de tweede helft van de 19^e eeuw en de eerste helft van de 20^{ste} eeuw. De groep uit de eerste helft van de 20^{ste} eeuw is het grootst in aantal. Een aantal woningen uit deze beide groepen betreft een Rijks- of gemeentelijk monument. Daarnaast is er een kleinere groep woningen van recentere datum, namelijk uit de periode van circa 1970 - 2000.

De draagstructuur van de woningen uit de tweede helft van de 19^e eeuw en de eerste helft van de 20^{ste} eeuw wordt over het algemeen gekenmerkt door een draagstructuur van massief metselwerk of spouwmuur. De fundering op staal is ofwel uitgevoerd in beton of gemetseld (baksteen of mergel). De begane grondvloer is wisselend van beton, baksteen (gewelf) of hout. De verdiepingsvloeren zijn uitgevoerd met een houten balklaag en vloerbeschot. Kenmerkend voor de draagstructuur is dat deze over het algemeen slap te benoemen is en daardoor makkelijk in trilling te brengen is.

De woningen uit de periode 1970 – 2000 zijn uitgevoerd met een veel stijvere draagstructuur met een betonnen begane grondvloer en verdiepingsvloeren. De gevels zijn spouwmuren en de fundering is zeer waarschijnlijk een fundering op staal uitgevoerd in beton. Deze draagstructuur is moeilijker in trilling te brengen.

2.3 Steekproef

Om de gemeente Maastricht inzicht te verschaffen in de huidige situatie rondom het aspect trillingen, zijn metingen uitgevoerd. De resultaten uit deze metingen geven antwoord op vraag 1a en b van de vraagstelling. Aangezien er circa 100 woningen gelegen zijn aan de Tongerseweg tussen de Javastraat en de Belgische grens, is op basis van expert judgement voorgesteld om een steekproef te houden onder een viertal woningen.

De geselecteerde woningen binnen de steekproef zijn representatief voor de scope van het onderzoek, zodat ook een verwachting kan worden uitgesproken naar de kans op schade en hinder voor de woningen buiten de steekproef (uitzonderingen daar gelaten).

De woningen zijn geselecteerd op basis van kenmerken die relevant zijn voor het doel van het onderzoek. De selectie is bepaald op basis van de onderstaande criteria. Voor de keuze is gebruik gemaakt van beschikbare informatie van onder andere gemeente, Kadaster en een locatiebezoek. De woningen zijn vooraf aan het onderzoek niet bezocht.

Criteria:

- kwaliteit van het wegdek en aanwezigheid van oneffenheden;
- bouwjaar en draagstructuur;
- monumentale status en cultuurhistorische waarde;
- in slechte staat verkerende draagstructuren;
- afstand van de woning tot aan de rijbaan;
- beschikbaarheid.

Kwaliteit van het wegdek en aanwezigheid van oneffenheden

Met kwaliteit van het wegdek wordt met name de vlakheid en de weerstand tegen vervormingen bedoeld. Daarnaast speelt de aanwezigheid van elementen in het wegdek die mogelijk voor versterking van trillingen kunnen zorgen zoals putdeksels en verhogingen een rol.

Bouwjaar en draagstructuur

Het bouwjaar en de draagstructuur hebben een directe relatie met elkaar. Woningen van een oudere leeftijd beschikken doorgaans over een slappere en voor trillingen gevoeliger draagstructuur dan jonge woningen. De kans op schade en/of hinder door trillingen is groter dan bij recentere woningen.

Monumentale status en cultuurhistorisch waarde

Woningen met een monumentale status en of cultuurhistorische waarde worden in het kader van trillingen voor het aspect schade extra beschermd. Dat betekent dat de toe te passen grenswaarden conform de trillingsrichtlijn strenger zijn dan bij gelijksoortige panden zonder monumentale waarde.

In slechte staat verkerende draagstructuren

In slechte staat verkerende woningen uit metselwerk of in slechte staat verkerende onderdelen van woningen worden voor het aspect schade extra beschermd door middel van strengere grenswaarden. Met in slechte staat verkerend wordt bedoeld dat:

- de sterkte van de draagconstructie in belangrijke mate is verminderd door reeds aanwezige schade;

- de onderlinge samenhang van onderdelen of de sterkte van verbindingen tussen onderdelen zodanig is dat deze door trillingen kan bezwijken of in belangrijke mate kan verzwakken.

Afstand van de woning tot aan de rijbaan

Trillingen als gevolg van verkeer worden door bodemdemping gereduceerd. Naarmate de afstand tussen de woningen en de weg toeneemt zal het trillingsniveau afnemen.

Beschikbaarheid

De mogelijkheid tot het betrekken van een woning tot de steekproef hangt af van de beschikbaarheid van de woning en medewerking van de bewoners.

2.4 Onderzochte woningen

De volgende woningen zijn in het onderzoek betrokken:

- Tongerseweg 252A;
- Tongerseweg 332A;
- Tongerseweg 386;
- Tongerseweg 406.

De woningen met het huisnummer 332A, 386 en 406 zijn gelegen op het deel van de Tongerseweg vanaf de Javastraat tot aan de Belgische grens. De woning 252A is gelegen op het deel vanaf het Tongerseplein tot aan de Javastraat en is gekozen met het doel de trillingssituatie tussen beide weggedeelten te kunnen vergelijken.

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste eigenschappen van de woningen samengevat.

Tabel 2.1: Overzicht eigenschappen woningen

Huisnummer	Traject ¹	Bouwjaar	Monumentale status	Afstand tot de rijbaan [m]	Draagstructuur		Begane grondvloer	Verdiepingsvloer(en)
					Fundering	Gevels		
252A	1	1864	Ja	4-5	Fundering op staal van beton of metselwerk (baksteen/mergel)	Massief metselwerk	Beton	Hout
332A	2	1933	Nee	8-10	Fundering op staal (beton)	Spouwmuur metselwerk	Beton	Hout
386	2	1905	Nee	3-4	Fundering op staal van beton of metselwerk (baksteen/mergel)	Massief metselwerk	Baksteen (gewelf)	Hout
406	2	1910	Ja	4-5	Fundering op staal van beton of metselwerk (baksteen/mergel)	Massief metselwerk	Baksteen (gewelf)	Hout

¹ 1 = deel Tongerseplein – Javastraat, 2 = Javastraat – Belgische grens

Vanwege representativiteit van het onderzoek en de aanbevelingen uit de SBR trillingsrichtlijnen zijn de metingen in iedere woning gedurende de periode van één week uitgevoerd.

2.5 Kenmerken weg

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 benodigde 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 figuur 1 is een foto van een dergelijke markering weergegeven. Ter plaatse van de onderzochte woningen 332A, 386 en 406 is deze wegmarkering aanwezig.



Figuur 1 – verhoogde wegmarkering van beton

Ter plaatse van de woning 252A is een beklinkerde goot aanwezig. Zie onderstaand figuur 2.



Figuur 2 – beklinkerde goot als grens tussen rijbaan en fietspad

3 Meetresultaten en conclusies

Het onderzoek heeft plaatsgevonden conform de SBR trillingsrichtlijnen deel A en B. Er heeft onderzoek plaatsgevonden naar de kans op schade aan gebouwen en de kans op hinder voor personen in gebouwen.

3.1 Schade

Voor de beoordeling is gebruik gemaakt van de SBR trillingsrichtlijn deel A uit maart 2010. Volgens de richtlijn wordt onder schade aan een bouwwerk verstaan: een verandering van 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;
- 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);
- een vermindering van de economische waarde of van de gebruikswaarde, zoals bij scheurvorming in afwerkklagen of betegeling.

In de onderstaande tabel 3.1 wordt per woning de hoogst gemeten trillingssnelheid (V_{top}) als gevolg van het wegverkeer gegeven als beoordelingsgrootte.

Tabel 3.1: Overzicht hoogste trillingssnelheid per woning en beoordeling

Huisnummer	Gemeten waarde V_{top} [mm/s]	Veiligheidsfactor indicatieve meting γ_v	Rekenwaarde topwaarde V_d [mm/s]	Rekenwaarde grenswaarde V_r [mm/s]	Toetsing
252A	0,302	1,6	0,483	2,00	Voldoet
332A	0,295	1,6	0,472	3,33	Voldoet
386	0,508	1,6	0,813	4,0	Voldoet
406	0,693	1,6	1,109	5,55	Voldoet

Conclusies

De meetresultaten leiden tot de volgende conclusies:

- uit de meetresultaten is gebleken dat het risico op schade als gevolg van trillingen door het (zwaar)verkeer in alle onderzochte woningen aanvaardbaar klein is, namelijk kleiner dan 1%;
- de maatgevende trillingsrichting is voor de woningen met huisnummer 386 en 406 de X-richting (parallel aan de weg) wat kan duiden op een slappere constructie van de woning in de horizontale richting parallel aan de weg. Voor de woningen 332A en 252A is de maatgevende trillingsrichting de Z-richting (verticale richting);
- er is sprake van een causaal verband tussen het wegverkeer en de trillingen in de woning;

- de geregistreerde trillingen zijn toe te wijzen aan passages van zwaar verkeer in beide rijrichtingen;
- de trillingen zijn niet toe te wijzen aan één type of soort zwaar verkeer. Het gaat om opleggercombinaties, combinatie met aanhanger, tankauto's, landbouwvoertuigen en vrachtwagens voor transport van personenauto's.

3.2 Hinder

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.

Het meetpunt is overeenkomstig de trillingsrichtlijn gekozen in overleg met de bewoners namelijk daar waar de meeste hinder wordt ondervonden. In een tweetal woningen heeft dit geresulteerd in een meetpunt op de begane grond in dezelfde ruimte als het meetpunt voor schade. Voor de andere twee woningen is het meetpunt gekozen op de verdieping. In tabel 3.2 wordt een overzicht gegeven van de maatgevende gemeten trillingssterkte (V_{max}) per woning als beoordelingsgrootte. Er wordt per etmaal onderscheidt gemaakt in de dag-, avond- en nachtperiode. Met een groene of rode kleur wordt aangegeven of de betreffende beoordelingsperiode voldoet aan de streefwaarden volgens de trillingsrichtlijn (groen = voldoet, rood = voldoet niet). Voor de achterliggende beoordeling van de meetresultaten wordt verwezen naar de afzonderlijke rapportages.

Tabel 3.2: overzicht trillingssterkte per woning en beoordeling

Huisnummer	Beoordelingsperiode	Gemeten waarde V_{max} [-]	Beoordeling
252A	Dag	0,787	
	Avond	0,609	
	Nacht	0,773	
332A	Dag	0,462	
	Avond	0,260	
	Nacht	0,257	
386	Dag	0,779	
	Avond	0,633	
	Nacht	1,034	
406	Dag	0,714	
	Avond	0,650	
	Nacht	1,018	

Conclusies

De meetresultaten leiden tot de volgende conclusies:

- trillingen zijn in de gemeten woningen voelbaar;
- de maatgevende trillingsrichting is voor alle woningen de Z-richting (verticale richting). Dit is ook te verwachten aangezien de meetpunten gekozen zijn in het midden van een vloerveld, deze is normaliter in de verticale richting het minst stijf;
- er is sprake van een causaal verband tussen het wegverkeer en de trillingen in de woning;
- de geregistreeerde trillingen zijn toe te wijzen aan passages van zwaar verkeer in beide rijrichtingen;
- de trillingen zijn niet toe te wijzen aan één type/soort zwaar verkeer. Het gaat om opleggercombinaties, combinaties met aanhanger, tankauto's, landbouwvoertuigen en vrachtwagens voor transport van personenauto's;
- in drie van de vier gemeten woningen is er in één of meerdere perioden van het etmaal kans op hinder. Voor één woning is dat alleen de nachtperiode, voor twee woningen is dat de dag- en nachtperiode;
- in de woning aan de Tongerseweg 332A wordt in alle perioden voldaan aan de streefwaarden, de kans op hinder wordt hier klein geacht;
- de gemeten trillingssterkten in de woning Tongerseweg 332A zijn beduidend lager dan de overige woningen. Mogelijke redenen hiervoor zijn:
 - de grotere afstand tot de rijbaan. Ten opzichte van de andere woningen is de afstand ongeveer een factor 2 groter;
 - het feit dat de trillingshinder gemeten is op een betonnen vloer (mogelijk stijver) op de begane grond. Opmerking: Voor de woning met huisnummer 386 is het meetpunt ook gekozen op een massieve vloer op de begane grond. Hier wordt echter niet voldaan aan de streefwaarden;
 - een mogelijk stijvere draagstructuur;
- gemiddeld genomen liggen de niveaus voor de Tongerseweg 252A ongeveer 25% tot 30% lager dan de Tongerseweg 386 en 406. Dit verschil kan mogelijk veroorzaakt worden door de kwaliteit van de toplaag van het asfalt die ter plaatse van Tongerseweg 252A visueel beduidend beter is dan bij de andere onderzochte woningen. De afstand van de woningen tot de rijbaan en de draagstructuur is immers vergelijkbaar en de fundatie van het wegdek is in beide trajecten van de Tongerseweg variabel van opbouw en onbekend. De hoogte van de maximaal gemeten trillingssterkte in de woningen Tongerseweg 252A, 386 en 406 zijn dan wel weer vergelijkbaar. Dit kan verklaart worden door incidentele pieken toe te kennen aan de bron (zwaar verkeer, rijgedrag) en niet aan de trillingsoverdracht;
- de maatgevende trillingssterkte in de dagperiode van de Tongerseweg 332A is veroorzaakt door een vrachtwagen die op of tegen de betonnen wegmarkering rijdt. De trillingssterkte is op dat moment ongeveer een factor 1,5x hoger dan de overige gemeten trillingssterkten in deze woning. De betonnen wegmarkering verhoogt dus de trillingssterkte in de woning aanzienlijk als deze wordt aangestoten;
- voor de woningen 386 en 406 is op basis van de beschikbare data vastgesteld dat zwaar verkeer de betonnen wegmarkering niet heeft geraakt;

- voor de woning 252A kan niet worden vastgesteld of de beklinkerde goot van invloed is op de trillingssterkte in de woning. De reden hiervoor is het feit dat gedurende de meetperiode geen passage van wegverkeer geregistreerd is waaruit blijkt dat de beklinkerde goot aangestoten is.

3.3 Steekproef in relatie tot de overige woningen

De steekproef wijst uit dat er een causaal verband is tussen het zwaar verkeer op de Tongerseweg en de trillingen in de woningen. De kans op schade als gevolg van zwaar verkeer is aanvaardbaar klein en kan worden uitgesloten. De kans op hinder voor personen in de woningen is aanwezig en aangetoond in drie van de vier onderzochte woningen.

Zoals beschreven in paragraaf 2.2 is een aanzienlijk deel van de circa 100 woningen gebouwd in de tweede helft van de 19^e eeuw en de eerste helft van de 20^{ste} eeuw. De draagstructuur van deze woningen is over het algemeen vergelijkbaar, maar slapper dan de meer recentere woningen uit de periode 1970 – 2000 en daarmee ook gevoeliger voor trillingen.

De meetresultaten hebben uitgewezen dat de afstand van de woning tot de rijbaan mogelijk van invloed is op het niveau van trillingen in de woning. Naarmate de afstand toeneemt, neemt het trillingsniveau af als gevolg van bodemdemping. De woning aan de Tongerseweg 332A is gelegen op een afstand van circa 8 – 10 meter in tegenstelling tot de woningen Tongerseweg 252A, 386 en 406 die op een afstand van 3 – 5 meter zijn gelegen. Tongerseweg 332A voldoet aan de streefwaarden voor hinder.

Naast de draagstructuur en de afstand van de woning tot de rijbaan blijkt uit een vergelijking van de meetresultaten tussen het traject Tongerseplein – Javastraat en Javastraat – Belgische grens, dat de kwaliteit (vlakheid) van de toplaag van het asfalt van belang is. De verwachting is dat de trillingssterkte op het traject Tongerseplein – Javastraat mogelijk circa 25 – 30% lager is dan het traject Javastraat – Belgische grens.

Als gevolg van kort op elkaar volgende kruispunten en stoplichten is de rijnsnelheid op het traject Tongerseplein – Javastraat mogelijk lager dan het traject Javastraat – Belgische grens.

De betonnen wegmarkeringen zorgen, indien deze door het verkeer worden aangestoten, voor een forse toename van de trillingen. Naar verwachting is deze toename minimaal een factor 1,5 ten opzichte van de situatie dat de wegmarkering niet wordt aangestoten. De metingen aan de Tongerseweg 252A hebben niet uitgewezen dat de daar aanwezige beklinkerde goot een verhoging van de trillingssterkte oplevert.

Op basis van de verkregen meetresultaten en informatie is de verwachting dat er een kans is op hinder in:

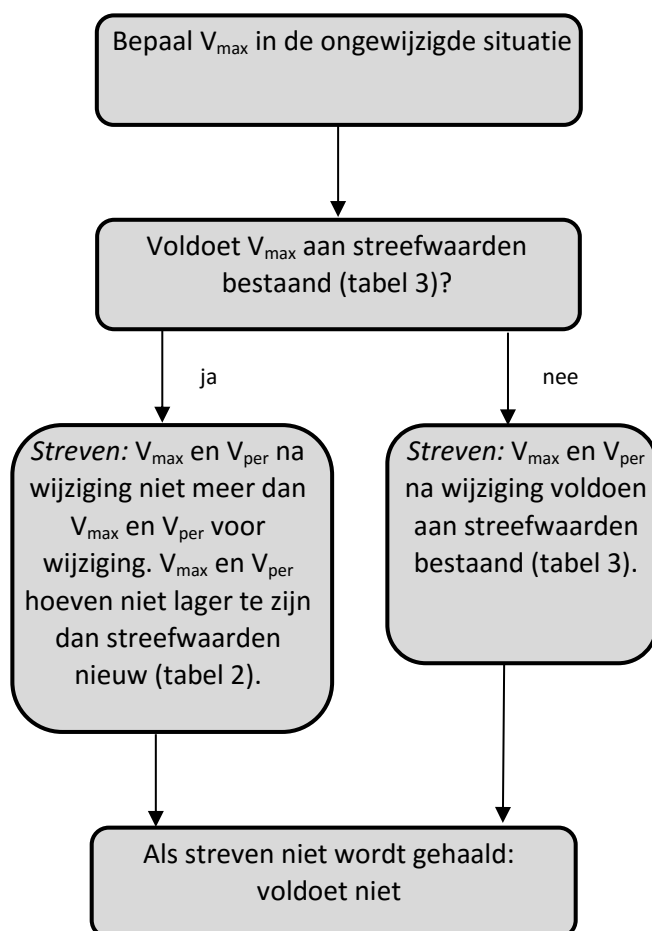
- de woningen gelegen langs het traject Javastraat – Belgische grens, gerealiseerd voor 1950 en gelegen op een korte afstand, $\leq 6-8$ m, van de rijbaan;
- een beperkt aantal woningen gelegen aan het traject tussen het Tongerseplein en de Javastraat.

De streekproef is voldoende geweest om een goed inzicht te krijgen in de trillingssituatie langs de Tongerseweg op het deel van de Javastraat tot aan de Belgische grens. Uiteraard omvat de steekproef niet het gehele spectrum. Uitzonderingen kunnen niet worden uitgesloten.

4 Vervolgonderzoek

4.1 Gewijzigde situatie volgens SBR trillingsrichtlijn deel B

Paragraaf 10.5.3.4 van de trillingsrichtlijn deel B geeft voor te wijzigen situaties een beoordelingskader. Uitgangspunt daarbij is dat de wijziging niet leidt tot een verhoging van de reeds aanwezige trillingssterkte en er gestreefd wordt naar een situatie overeenkomstig de streefwaarden voor bestaande situaties. Voor 4 woningen aan de Tongerseweg geldt dat de aanwezige trillingssterkte in de huidige situatie bekend is. Vervolgens moet onderstaand schema worden gevolgd voor beoordeling.



4.2 Plan van aanpak

Zonder nader onderzoek gedaan te hebben naar de haalbaarheid en effectiviteit worden hieronder enkele mogelijke maatregelen benoemd:

- vervangen van de toplaag;
- verbeteren van de fundatie en vervangen van de toplaag;
- verwijderen van de betonnen wegmarkering;

- inbrengen van een trilscherm;
- vermijden van elementen in de weg die door vrachtverkeer mogelijk aangestoten kunnen worden.

Bovengenoemde maatregelen kunnen in verhouding tot het effect stuiten op bijvoorbeeld technische of financiële bezwaren. In overleg met de gemeente stellen wij daarom voor het effect van de volgende maatregelen in de praktijk door middel van een proefopstelling vast te stellen:

- vervangen van de top laag;
- verwijderen van de betonnen wegmarkering.

Om het effect van deze maatregelen te analyseren en vast te stellen wordt geadviseerd hiervoor een trillingsmeting uit te voeren. Uitgangspunt is een bemande meting op 2 dagdelen waarbij door ons een vrachtwagen ingezet wordt die op ons aangeven meerdere passages uitvoert. Wij stellen voor deze meting uit te voeren in de woning aan de Tongerseweg 406. De meetpositie voor trillingshinder wordt op exact dezelfde plaats gekozen als de eerder uitgevoerde meting. Er wordt geen meetpunt gekozen voor het aspect schade.

Het plan van aanpak ziet er als volgt uit:

1. meten van de trillingssterkte Tongerseweg 406 in de huidige situatie met inzet van een gekende vrachtwagen;
2. maken van een proefstuk waarbij de volgende aanpassingen worden doorgevoerd:
 - a. vervangen van de top laag;
 - b. verwijderen van de betonnen wegmarkering;
3. meten van de trillingssterkte Tongerseweg 406 na aanpassingen met inzet van een gekende vrachtwagen;
4. analyseren meetdata en vaststellen van het effect van deze maatregelen.

Voor de meting is het noodzakelijk de top laag van het wegdek in beide rijrichtingen ter plaatse van de woning over een lengte van circa 15 à 20 meter te vervangen en de betonnen wegmarkering aan de zijde van de woning te verwijderen.

Optionele aanvullende metingen

Optioneel kan overwogen worden voornoemde meting uit te breiden door aansluitend aan de bemande meting 1 week onbemand te meten. Op deze manier wordt over een langere periode een goed inzicht verkregen in het effect van de maatregelen. Deze meetresultaten kunnen vervolgens worden vergeleken met de eerder uitgevoerde onbemande meting in deze woning.