

VOLGNUMMER
39-2015

DATUM
7 april 2015

ORGANISATIEONDERDEEL
B&)-Ruimte

CORRESPONDENTIENUMMER
2015- 11512

BIJLAGEN
4

STELLER
Thomassen-Wetzels/350 4577
Moniek.wetzels@maastricht.nl

ONDERWERP RAADSVORSTEL

Gewijzigde vaststelling bestemmingsplan "Tram Vlaanderen-Maastricht" naar aanleiding van bestuurlijke lus

AAN DE GEMEENTERAAD,

1. Samenvatting

Op 25 februari 2015 bent u geïnformeerd over de resultaten van de review project Tram Vlaanderen-Maastricht. Eén van de onderdelen van deze review vormde de tussenuitspraak van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State aangaande het bestemmingsplan 'Tram Vlaanderen-Maastricht' (TVM). Zoals in de review is aangegeven heeft de Raad van State over een groot aantal onderdelen uit de 8 beroepschriften een oordeel gegeven. Deze onderdelen zullen bij de einduitspraak ongegrond verklaard worden.

In de review is ook aangegeven dat de Raad van State op twee onderdelen gebreken heeft geconstateerd in het bestemmingsplan en wel op het vlak van trillingen en geluid. De betreffende gebreken zijn niet zozeer van principieel-inhoudelijke aard, maar meer van tekstueel/technische aard. De Raad van State heeft een dwingende termijn gesteld van 16 weken na de tussenuitspraak om deze gebreken te repareren.

Het raadsvoorstel, dat nu voorligt, voorziet in deze reparatie. Zoals ook in de review is aangegeven, zijn wij daartoe gehouden zolang de raad geen eventueel nieuw besluit heeft genomen aangaande het bestemmingsplan en het past in het proces met betrekking tot de tram, de review en de variantenstudie om deze reparatie door te voeren. Na de zomer van 2015 zal besluitvorming rondom de review en de variantenstudie worden geagendeerd. De besluiten die daaromtrent worden genomen, zullen vervolgens - indien dat nodig is - een planologische vertaling krijgen. Deze planologische vertaling zal wederom aan uw raad ter besluitvorming worden voorgelegd. Op die manier wordt de meest zorgvuldige procesgang betracht.

2. Beslispunten

1. In te stemmen met de wijzigingen in het bestemmingsplan en bijbehorende bijlagen zoals beschreven in paragraaf 5 van dit raadsvoorstel.
2. Het bestemmingsplan 'Tram Vlaanderen-Maastricht' aldus gewijzigd vast te stellen, digitaal bekend als NL.IMRO.0935.BPTVM2013-vg02, waarbij de volgende ondergrond is gehanteerd o_NL.IMRO.0935.BPTVM2013-vg02.dwg.

Radsvoorstel



3. Aanleiding

De gemeenteraad heeft op 18 februari 2014 een bestemmingsplan vastgesteld voor de 'Tram Vlaanderen-Maastricht'. Tegen dit besluit zijn 8 beroepschriften ingediend bij de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State. De belangrijkste thema's in de beroepschriften waren:

- Nut en noodzaak van het project;
- Tracékeuze en alternatieven;
- Verkeersonderzoek;
- Verkeersveiligheid;
- Trillingen en laagfrequent geluid;
- Geluidhinder;
- Privacy en uitzicht.

Op 11 februari 2015 heeft de Afdeling bestuursrechtspraak een tussenuitspraak gedaan. Daarbij heeft de Raad van State een oordeel gegeven over een groot aantal onderdelen van de beroepschriften, is één beroep ongegrond verklaard en twee appellanten zijn niet-ontvankelijk verklaard.

De Raad van State heeft ook aangegeven dat het bestemmingsplan op enkele punten gewijzigd moet worden. Het betreft een beperkte tekstuele/technische reparatie waarbij de uitgevoerde onderzoeken naar trillingen, laagfrequent geluid en geluid (verkeerslawaaai) op een duidelijkere wijze dienen te worden verankerd in de planregels, specifiek in de voorwaardelijke verplichtingen. Met deze tussenuitspraak heeft de Raad van State een zogeheten bestuurlijke lus toegepast. Met het raadsstuk dat nu voorligt wordt gevolg gegeven aan de opdracht van de Afdeling bestuursrechtspraak om binnen 16 weken een aantal wijzigingen in het bestemmingsplan aan te brengen.

Wat is een bestuurlijke lus?

Op 1 januari 2010 is de bestuurlijke lus in de Algemene wet bestuursrecht opgenomen. Op grond daarvan heeft de Afdeling bestuursrechtspraak de mogelijkheid gekregen om hangende de beroepsprocedure het bestuursorgaan (in casu: de gemeenteraad) de gelegenheid te bieden om gebreken in het bestreden besluit te herstellen. Bij de toepassing van een bestuurlijke lus door de Afdeling bestuursrechtspraak wordt een tussenuitspraak gedaan. De gegeven termijn, in dat geval 16 weken, is dwingend.

Nadat de gemeenteraad een nieuw besluit heeft genomen en dit door ons is bekendgemaakt, biedt de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State partijen de gelegenheid om te reageren op het nieuwe besluit. Daarna volgt de einduitspraak, waarin de Afdeling bestuursrechtspraak een eindoordeel geeft over de begroepsgronden. Na de einduitspraak van Afdeling bestuursrechtspraak (zie hieronder) zal het bestemmingsplan (afhankelijk of deze einduitspraak positief dan wel negatief is) onherroepelijk worden.

4. Relatie met bestaand beleid

In dit verband is van belang het eerder door de raad op 18 februari 2014 vastgestelde bestemmingsplan 'Tram Vlaanderen-Maastricht'.



5. Gewenst beleid en mogelijke opties

Zoals aangegeven heeft de Raad van State in de tussenuitspraak van 11 februari 2015 over een groot aantal onderdelen uit de 8 beroepschriften een oordeel gegeven. Deze beroepsgronden zullen bij de einduitspraak ongegrond verklaard worden. Deze onderdelen blijven in dit raadsvoorstel dan ook verder buiten beschouwing. De gemeenteraad dient uitsluitend een nieuw besluit te nemen op die onderdelen die de Afdeling bestuursrechtspraak in haar tussenuitspraak noemt (rechtsoverwegingen 10.9 en 11.6).

In het onderstaande wordt op beide onderdelen nader ingegaan. Per onderdeel is in ieder geval de opdracht van de Afdeling bestuursrechtspraak duidelijk geformuleerd en wordt door het college een voorstel gedaan.

Rechtsoverweging 10.9.: voorwaardelijke verplichting met betrekking tot trillinghinder en laagfrequent geluid.

In het kader van de beroepsprocedure is door 5 appellanten gesteld dat het bestemmingplan onvoldoende waarborgen bevat tegen onaanvaardbare trillinghinder en overlast door laagfrequent geluid. De Afdeling bestuursrechtspraak constateert dat in de planregels in artikel 4.4.2. en artikel 6.4.2. een voorwaardelijke verplichting is opgenomen. Het hierin gehanteerde begrip 'onaanvaardbare trillingen' is niet gedefinieerd in de planregels. Naar het oordeel van de Afdeling bestuursrechtspraak is daardoor onduidelijk welk beschermingsniveau met die bepalingen wordt bedoeld en dat het bestemmingsplan in zoverre rechtsonzeker is.

De bovengenoemde artikelen vereisen voorts dat hetgeen bepaald is in lid a ten aanzien van trillingen dient te worden aangetoond voor de reguliere ingebruikname van de tram door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders. De huidige formulering van de artikelen waarborgt echter niet dat ook in het geval dat na reguliere ingebruikname trillinghinder optreedt, waarbij niet wordt voldaan aan de eisen, het gebruik ten behoeve van tramverkeer in strijd is met het bestemmingsplan. De Afdeling is van mening dat de gemeenteraad zich in redelijkheid niet op dit standpunt heeft kunnen stellen, dat het bestemmingsplan in zoverre strekt tot een goede ruimtelijke ordening.

Ter zitting is namens uw gemeenteraad aangegeven hoe beide artikelen verduidelijkt zouden kunnen worden door middel van het concreter formuleren. Ook is aangegeven dat overlast door laagfrequent geluid eveneens in beide voornoemde artikelen zou moeten worden meegenomen. Naast hinder als gevolg van voelbare trillingen in de bebouwing kunnen de optredende trillingen leiden tot hoorbare hinder in de vorm van laagfrequent geluid.

Het onderzoek naar trillinghinder is na de beroepstermijn in aanloop naar de zitting bij de Afdeling bestuursrechtspraak geactualiseerd naar aanleiding van vragen van appellanten over het eerder uitgevoerde onderzoek. Deze actualisatie heeft geleid tot het bij dit raadsvoorstel (als bijlage 1) gevoegde rapport 'Tram Vlaanderen-Maastricht, Actualisatie Prognose Trillingen' d.d. 27 oktober 2014. Dit rapport is op 27 oktober 2014 aan alle appellanten (en de eigenaren van de onderzochte panden) gezonden en bij nadere memorie aan de Afdeling bestuursrechtspraak verzonden.

De Afdeling bestuursrechtspraak constateert in de tussenuitspraak dat voor zover overschrijdingen van de richtwaarden voor trillinghinder zullen plaatsvinden, maatregelen mogelijk zijn om de



trillinghinder tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen conform de conclusie van het geactualiseerde trillingsrapport. Niet is aannemelijk gemaakt dat de zes locaties waarop metingen verricht zijn niet representatief zijn voor de situatie langs het tramtracé. In hetgeen appellanten hebben aangevoerd over de betrouwbaarheid en de juistheid van de verrichte metingen, ziet de Afdeling bestuursrechtspraak geen aanleiding voor een ander oordeel. Appellanten hebben ook aangevoerd dat de voorgestelde maatregelen niet effectief zouden zijn, de Afdeling volgt dit echter niet.

Met betrekking tot het aspect laagfrequent geluid is ten tijde van de vaststelling van het bestemmingsplan geen onderzoek verricht. In het geactualiseerde trillingsrapport is dit aspect alsnog onderzocht en zijn maatregelen aangegeven om overlast vanwege laagfrequent geluid te voorkomen. Het ter zake aangevoerde geeft voor de Afdeling bestuursrechtspraak geen aanleiding voor het oordeel dat de gemeenteraad zich niet in redelijkheid op het standpunt heeft kunnen stellen dat laagfrequent geluid in voldoende mate kan worden gereduceerd. De Afdeling passeert dit gebrek met toepassing van artikel 6:22 van de Algemene wet bestuursrecht.

Voorgesteld wordt om naar aanleiding van het bovenstaande de beide voorwaardelijke verplichtingen (artikelen 4.4.2. en 6.4.2.) aan te passen in die zin, dat:

- De term 'onaanvaardbare trillingen' wordt verduidelijkt door toevoeging van de zin 'Van onaanvaardbare trillingen is sprake wanneer niet wordt voldaan aan de maximale waarden A2 en A3 voor nieuwe situaties uit de SBR-richtlijn deel B Hinder voor personen in gebouwen.';
- In de beide artikelen worden de locaties met hinderverwachting genoemd, zoals aangegeven in het aanvullende trillingsonderzoek;
- Dat er in beide artikelen lid a zo wordt aangepast dat gewaarborgd wordt dat ook in het geval dat na reguliere ingebruikname trillinghinder optreedt waarbij niet wordt voldaan aan de ter zake te stellen eisen, het gebruik ten behoeve van tramverkeer in strijd is met het bestemmingsplan. In de beide leden b van de artikelen wordt toegevoegd: 'in ieder geval';
- Dat aan de artikelen het aspect laagfrequent geluid wordt toegevoegd;
- Dat het aanvullende onderzoek 'Tram Vlaanderen Maastricht, Actualisatie Prognose Trillingen' d.d. 27 oktober 2014 als bijlage aan het bestemmingsplan wordt toegevoegd;

Rechtsoverweging 11.6.: voorwaardelijke verplichting met betrekking tot geluidhinder

Door 5 appellanten is aangevoerd dat het bestemmingsplan onvoldoende waarborgen bevat tegen onaanvaardbare geluidhinder. In de planregels, artikelen 4.4.1. onder a en 6.4.1. onder a is bepaald dat indien niet is voldaan aan de gestelde eisen het gebruik ten behoeve van het tramverkeer niet is toegestaan. De in de artikelen gestelde eisen verwijzen naar de uitgangspunten overeenkomstig of minimaal gelijkwaardig aan hetgeen is geformuleerd in hoofdstuk 3 en bijlage 2 van het bij de bestemmingsplantoelichting gevoegde akoestisch onderzoek. De artikelen vereisen voorts dat hetgeen bepaald is in lid a ten aanzien van de akoestische situatie dient te worden aangetoond voor de reguliere ingebruikname door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders.

De huidige formulering van de artikelen waarborgt echter niet dat ook in het geval dat na reguliere ingebruikname geluidhinder optreedt waarbij niet wordt voldaan aan de eerder genoemde uitgangspunten, dat het gebruik ten behoeve van tramverkeer dan eveneens in strijd is met het bestemmingsplan. De Afdeling is van mening dat de gemeenteraad zich in redelijkheid niet op dit



standpunt heeft kunnen stellen, dat het bestemmingsplan in zoverre strekt tot een goede ruimtelijke ordening. Voorts is hier ook geen rekening gehouden met het aanvullende akoestische onderzoek.

In eerste instantie is akoestisch onderzoek gedaan in het kader van de milieu-effectrapportage. Naar aanleiding van het voorlopig toetsingsadvies van de commissie m.e.r. is dit onderzoek definitief gemaakt en is een aanvulling op het MER gemaakt voor wat betreft booggeluid (memo Arcadis 'Aanvulling MER TVM; geluidseffecten booggeluid' d.d. 21 november 2013). Voor wat betreft verkeerslawaaai ter plaatse van het binnenstedelijk tracé was de conclusie dat er geen sprake was van een reconstructie in de zin van de Wet geluidhinder. Voor wat betreft booggeluid is in de aanvulling aangegeven welke bandbreedtes qua geluidniveaus bij woningen door booggeluid te verwachten zijn (75dB(A) tot 97 dB(A)) en welke mitigerende maatregelen mogelijk zijn.

In het eindoordeel geeft de commissie m.e.r. aan dat de piekgeluidniveaus op basis van de gebruikte metingen 6 dB hoger liggen dan de gepresenteerde bandbreedtes in de aanvulling. Ook wijst de commissie erop dat booggeluid vooral in de nachtperiode als zeer hinderlijk zal worden ervaren. Ook is er volgens de commissie geen rekening gehouden met het extra geluid dat ontstaat door toepassing van de trillingsbeperkende maatregel 'floating slab'. Volgens de commissie m.e.r. leidt dit tot een toename van de geluidsemisatie van de tram van 2 tot 3 dB.

Naar aanleiding van het definitieve toetsingsadvies van de commissie m.e.r. is aanvullend akoestisch onderzoek gedaan (opgenomen in de Oplegnotitie MER d.d. 13 januari 2014) waarbij de conclusie is getrokken dat vanwege de toepassing van de maatregel 'floating slab' er nu op een tweetal locaties sprake kan zijn van een reconstructie in de zin van de Wet geluidhinder. Door toepassing van geluidsarm asfalt waarmee een reductie van 3 tot 4 d(B) kan worden bereikt, kan de toename van geluid weer worden weggenomen. Omdat nog niet bekend is waar exact de maatregel 'floating slab' zal worden toegepast, zal in een later stadium nader onderzoek naar de toepassing van geluidsarm asfalt worden uitgevoerd, aldus de Oplegnotitie MER.

Vanwege de ingediende beroepschriften is het onderzoek naar booggeluid nogmaals geactualiseerd (Rapport 'Tram Vlaanderen Maastricht, Prognose booggeluid' Movares d.d. 13 november 2014, bijlage 2 bij dit raadsvoorstel) en is vanwege het geactualiseerde trillingsonderzoek ook de akoestische situatie voor wat betreft wegverkeerslawaaai opnieuw getoetst ('Memo Resultaten aanvullend geluidonderzoek 'Floating Slab' op basis locaties trillingsonderzoek d.d. 13 november 2014', bijlage 3 bij dit raadsvoorstel). Onderzocht is of bij een toeslag van 3 dB op de locaties waar 'floating slab' als trillingsmaatregel nodig is, er zich langs het tramtracé een reconstructiesituatie in de zin van de Wet geluidhinder voordoet. Omdat het tramlawaai samen met het wegverkeer wordt beoordeeld, kan het zo zijn dat bij relatief drukke wegen met een relatief hoge verkeersintensiteit de tram een ondergeschikte bijdrage levert. Hierdoor is het mogelijk dat er bij een extra toeslag van 3 dB vanwege de 'floating slab' constructie er geen reconstructie in de zin van de Wgh optreedt. Bij wegen waar de intensiteit van het wegverkeer lager is en de tram een maatgevendere bijdrage levert, kan er wel sprake zijn van een reconstructie maar kunnen wellicht geluidseffecten ook weggenomen worden door bijvoorbeeld het ter plaatse toepassen van geluidsarm asfalt voor (met name) het wegverkeer.

Uit de resultaten blijkt dat er nergens een reconstructie in de zin van de Wet geluidhinder optreedt. De grootste toename bedraagt afgerond 1 dB (1,47 dB) voor de woning van Hasseltkade 22 en blijft



daarmee onder de reconstructiegrens. Omdat er voor geen enkele geluidsgevoelige bestemming een reconstructie in de zin van de Wet geluidhinder aanwezig is, is het niet nodig aanvullende geluidmaatregelen te treffen zoals bijvoorbeeld het toepassen van geluidsarm asfalt.

Voorgesteld wordt om naar aanleiding van het bovenstaande de beide voorwaardelijke verplichtingen (artikelen 4.4.2. en 6.4.2.) aan te passen in die zin dat:

- In beide artikelen wordt lid a zo aangepast dat gewaarborgd wordt dat ook in het geval dat na reguliere ingebruikname geluidhinder optreedt waarbij niet wordt voldaan aan de ter zake te stellen eisen, het gebruik ten behoeve van tramverkeer in strijd is met het bestemmingsplan. In de beide leden b van de artikelen wordt toegevoegd: 'in ieder geval';
- In beide artikelen in lid a verwezen wordt naar het aanvullende akoestische onderzoek 'Tram Vlaanderen-Maastricht, Memo Resultaten aanvullend geluidonderzoek 'Floating Slab' op basis locaties trillingsonderzoek d.d. 13 november 2014' en dat deze eveneens als bijlage aan het bestemmingsplan wordt toegevoegd;

Samengevat komt het bovenstaande neer op de volgende wijzigingen (wijzigingen cursief gedrukt):

REGELS:

4.4.1 Voorwaardelijke verplichting ten aanzien van geluid

- a. Het gebruik ten behoeve van het in 4.1 onder i genoemde tramverkeer is uitsluitend toegestaan *en mag uitsluitend worden voortgezet* overeenkomstig of minimaal gelijkwaardig aan de uitgangspunten die blijken hoofdstuk 3 en bijlage 2 van het 'Akoestisch onderzoek Tramverbinding Vlaanderen-Maastricht (TVM)' (toegevoegd als Bijlage 4 behorende bij de Toelichting van dit bestemmingsplan) *en het aanvullende akoestische onderzoek 'Tram Vlaanderen-Maastricht, Memo Resultaten aanvullend geluidonderzoek "Floating Slab" op basis locaties trillingsonderzoek d.d. 13 november 2014' (toegevoegd als Bijlage 14 behorende bij de Toelichting van dit bestemmingsplan)* ten grondslag hebben gelegen aan het akoestisch onderzoek;
- b. Het bepaalde in lid a dient *in ieder geval* vóór reguliere ingebruikname te worden aangetoond door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders;
- c. Een handelen in strijd met het bepaalde onder a en onder b. wordt aangemerkt als een gebruik in strijd met het bestemmingsplan.

4.4.2 Voorwaardelijke verplichting ten aanzien van trillingen

- a. Het gebruik ten behoeve van het in 4.1 onder i genoemde tramverkeer is ter hoogte van de *Boschstraat 1 en 5, Van Hasselkade 3 t/m 5, Maasmolendijk 24 en 26, en Sint Maartenslaan 2 t/m 6* uitsluitend toegestaan *en mag uitsluitend worden voortgezet*, mits afdoende maatregelen worden getroffen waardoor geen onaanvaardbare trillingen voorkomen. *Van onaanvaardbare trillingen is sprake wanneer niet wordt voldaan aan:*
 1. *de maximale waarden A2 en A3 voor nieuwe situaties uit de SBR-richtlijn deel B Hinder voor personen in gebouwen.*
 2. *de grenswaarden voor laagfrequent geluid volgens methodiek De Ruiter zoals weergegeven in Tabel 6-4 van het rapport 'Tram Vlaanderen-Maastricht, Actualisatie Prognose Trillingen' d.d. 27 oktober 2014, opgenomen als bijlage 15 bij de toelichting van dit bestemmingsplan.'*



- b. Het bepaalde in lid a dient *in ieder geval* vóór reguliere ingebruikname te worden aangetoond door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders;
- c. Een handelen in strijd met het bepaalde onder a en onder b. wordt aangemerkt als een gebruik in strijd met het bestemmingsplan.

6.4.1 Voorwaardelijke verplichting ten aanzien van geluid

- a. Het gebruik ten behoeve van het in 6.1 onder j genoemde tramverkeer is uitsluitend toegestaan *en mag uitsluitend worden voortgezet* overeenkomstig of minimaal gelijkwaardig aan de uitgangspunten die blijkens hoofdstuk 3 en bijlage 2 van het Akoestisch onderzoek Tramverbinding Vlaanderen-Maastricht (TVM) (toegevoegd als Bijlage 4 behorende bij de Toelichting van dit bestemmingsplan) *en het aanvullende akoestische onderzoek 'Tram Vlaanderen-Maastricht, Memo Resultaten aanvullend geluidonderzoek "Floating Slab" op basis locaties trillingsonderzoek d.d. 13 november 2014' (toegevoegd als Bijlage 14 behorende bij de Toelichting van dit bestemmingsplan)* ten grondslag hebben gelegen aan het akoestisch onderzoek;
- b. Het bepaalde in lid a dient *in ieder geval* vóór reguliere ingebruikname te worden aangetoond door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders;
- c. Een handelen in strijd met het bepaalde onder a en onder b. wordt aangemerkt als een gebruik in strijd met het bestemmingsplan.

6.4.2 Voorwaardelijke verplichting ten aanzien van trillingen

- a. Het gebruik ten behoeve van het in 6.1 onder j genoemde tramverkeer is ter hoogte van de Van Hasseltkade 5 t/m 19 en 20 t/m 24 uitsluitend toegestaan *en mag uitsluitend worden voortgezet*, mits afdoende maatregelen worden getroffen waardoor geen onaanvaardbare trillingen voorkomen. *Van onaanvaardbare trillingen is sprake wanneer niet wordt voldaan aan:*
 - 1. *de maximale waarden A2 en A3 voor nieuwe situaties uit de SBR-richtlijn deel B Hinder voor personen in gebouwen;*
 - 2. *de grenswaarden voor laagfrequent geluid volgens methodiek De Ruiter zoals weergegeven in Tabel 6-4 van het rapport 'Tram Vlaanderen Maastricht, Actualisatie Prognose Trillingen' d.d. 27 oktober 2014', opgenomen als bijlage 15 bij de toelichting van dit bestemmingsplan.'*
- b. Het bepaalde in lid a dient *in ieder geval* vóór reguliere ingebruikname te worden aangetoond door middel van een schriftelijke opleveringsrapportage aan het college van burgemeester en wethouders;
- c. Een handelen in strijd met het bepaalde onder a en onder b. wordt aangemerkt als een gebruik in strijd met het bestemmingsplan.

TOELICHTING

Toevoegen: paragraaf waarin kort wordt ingegaan op de tussenuitspraak van de Raad van State d.d. 11-02-15 en het voorliggende raadsvoorstel;



Toevoegen als bijlage 14 en 15:

- *'Tram Vlaanderen-Maastricht, Memo Resultaten aanvullend geluidonderzoek "Floating Slab" op basis locaties trillingsonderzoek d.d. 13 november 2014'*;
- *'Tram Vlaanderen-Maastricht, Actualisatie Prognose Trillingen' d.d. 27 oktober 2014'*.

De voorgestelde wijzigingen in het bestemmingsplan houden tevens in dat de zienswijzen (en beroepen) van de appellanten gedeeltelijk (voor wat betreft de hierboven beschreven onderdelen) alsnog hebben geleid tot een wijziging van het bestemmingsplan.

6. Duurzaamheid en gezondheid

Niet van toepassing.

7. Personeel

Niet van toepassing.

8. Informatie en automatisering

Dit raadsvoorstel vereist geen ingrijpende aanpassingen in de informatiehuishouding, de bestaande soft- of hardware, de bedrijfsprocessen of de ICT infrastructuur.

9. (Duurzame) aanbestedingen

Niet van toepassing.

10. IBOR beheersparagraaf

Niet van toepassing.

11. Financiën

In het bestemmingsplan zijn geen ruimtelijke ontwikkelingen opgenomen en is er geen aanleiding om een exploitatieplan vast te stellen. Voor het overige heeft het gewijzigd vaststellen van het bestemmingsplan geen financiële gevolgen.

12. Voorstel

1. In te stemmen met de wijzigingen in het bestemmingsplan en bijbehorende bijlagen zoals beschreven in paragraaf 5 van dit raadsvoorstel;
2. Het bestemmingsplan 'Tram Vlaanderen-Maastricht' aldus gewijzigd vast te stellen, digitaal bekend als NL.IMRO.0935.BPTVM2013-vg02, waarbij de volgende ondergrond is gehanteerd o_NL.IMRO.0935.BPTVM2013-vg02.dwg.



VOLGNUMMER
39-2015

13. Vervolg / Planning

Na het besluit van de gemeenteraad wordt het gewijzigd vastgestelde bestemmingsplan bekendgemaakt op de wettelijk voorgeschreven wijze en toegezonden aan de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State en de appellanten. De Raad van State biedt partijen de gelegenheid om te reageren op het nieuwe besluit. Daarna volgt de einduitspraak. Na de einduitspraak van de Raad van State zal het bestemmingsplan (afhankelijk of deze einduitspraak positief dan wel negatief is) onherroepelijk worden.

Burgemeester en Wethouders van Maastricht,

De Secretaris, De Burgemeester,

P.J. Buijtels. O. Hoes.

In de raadsportefeuille liggen ter inzage:

- De tussenuitspraak van de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State d.d. 11 februari 2015;
- De 8 ingediende beroepschriften

Het op 18 februari 2014 vastgestelde bestemmingsplan 'Tram Vlaanderen-Maastricht' kunt u digitaal raadplegen via raadsinformatie/dossiers;

Raadsvoorstel



BIJLAGE

I

VOLGNUMMER

39-2015

DE RAAD DER GEMEENTE MAASTRICHT,

gezien het voorstel van Burgemeester en Wethouders d.d. 7 april 2015;
organisatieonderdeel B&O-Ruimte, no. 2015-11512;

overwegende dat het bestemmingsplan 'Tram Vlaanderen-Maastricht' op 18 februari 2014 is vastgesteld;

er tegen dit bestemmingsplan door 8 appellanten beroep is ingesteld;

de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State de gemeenteraad bij tussenuitspraak van 11 februari 2015 heeft opgedragen om het bestemmingsplan met toepassing van de bestuurlijke lus opnieuw en gewijzigd vast te stellen;

gelet op de Wet ruimtelijke ordening en de Algemene wet bestuursrecht;

BESLUIT:

1. In te stemmen met de wijzigingen in het bestemmingsplan en bijbehorende bijlagen zoals beschreven in paragraaf 5 van dit raadsvoorstel;
2. Het bestemmingsplan 'Tram Vlaanderen-Maastricht' aldus gewijzigd vast te stellen, digitaal bekend als NL.IMRO.0935.BPTVM2013-vg02, waarbij de volgende ondergrond is gehanteerd o_NL.IMRO.0935.BPTVM2013-vg02.dwg.

Aldus besloten door de raad der gemeente Maastricht in zijn openbare vergadering van

De Griffier,

De Voorzitter,

Raadsbesluit

**TRAM VLAANDEREN MAASTRICHT
ACTUALISATIE PROGNOSE TRILLINGEN**

GEMEENTE MAASTRICHT

27 oktober 2014
078107541:A - Definitief
C05057.000014.0200



Inhoud

Samenvatting	3
1 Inleiding	5
1.1 Doel van dit rapport	5
1.2 Algemeen	5
1.3 Scope van het project	6
2 Beoordelingskader	8
2.1 Inleiding	8
2.2 Aanpak hinderbeoordeling volgens SBR	8
2.3 Aanpak hinderbeoordeling Maastricht	10
3 Aanpak trillingsprognose	11
3.1 Opzet trillingsprognose	11
3.2 Uitgangspunten	12
4 Trillingsmetingen	16
4.1 Algemeen	16
4.2 Meetprogramma	16
4.3 Meetresultaten	17
5 Uitgangspunten prognose	18
5.1 Inleiding	18
5.2 Bronsterkte	18
5.3 Damping van de trillingen	19
5.4 Overdracht trilling van grond naar vloeren	19
5.5 Bebouwing	20
6 Toets trillingsintensiteit	22
6.1 SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen	22
6.2 Toets prognose trillingsniveaus	23
7 Laagfrequent geluid	27
8 Mitigerende maatregelen	29
8.1 Beschrijving van mogelijke maatregelen	29
8.2 maatregelen analyse voor trillingshinder	30
8.3 Maatregelen analyse voor laagfrequent geluid	31
8.4 Noodzakelijke mitigerende maatregelen	32
Bijlage 1 SBR-Richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen	35
Bijlage 2 Meetrapportage MOVARES	38

Bijlage 3	Laagfrequent geluid.....	39
Bijlage 4	Referentiedocumenten	40
Colofon.....		41

Samenvatting

In het voorliggende rapport wordt een prognose gepresenteerd van de omgevingshinder ten gevolge van verkeerstrillingen en laagfrequent geluid langs het toekomstige tracé van de Tram Vlaanderen Maastricht (TVM). Tevens wordt ingegaan op de mitigerende maatregelen waarmee de hinder wordt voorkomen. Het voorliggende rapport is een actualisatie van het rapport “Tram Vlaanderen Maastricht Actualisatie prognose trillingen” met kenmerk 077494795:0.1-definitief van 9 januari 2014.

In vergelijking tot het rapport van januari 2014 is het voorliggende rapport gebaseerd op nadere metingen die zijn uitgevoerd bij een bestaande tramlijn in Den Haag waarop vergelijkbaar materieel (Regio Citadis) rijdt als voorzien voor de TVM. Bovendien is in plaats van de maximale rijsnelheid in tracédelen uitgegaan van de daadwerkelijk mogelijke snelheid, waarbij het effect van halteren en bocht passages nader is beschouwd.

Tot slot zijn aanvullende metingen uitgevoerd bij en in panden langs het tracé.

Op basis van metingen bij passages van Regio Citadis trams in Den Haag zijn de bronkarakteristieken bepaald, die representatief zijn voor het samenspel van tram en spoorconstructie, zoals deze in Maastricht kunnen worden verwacht.

Door aanvullend in en bij een aantal panden in Maastricht trillingen te meten, zijn de overdrachtsfactoren voor trillingen die vanuit de ondergrond worden overgebracht in de belendingen bepaald.

Met valproefmetingen is het effect van de ruimtelijke demping van opgewekte trillingen in Maastricht nader geanalyseerd.

Op basis van de resultaten van de bovengenoemde praktijkproeven is het predictiemodel uit januari 2014 verder verfijnd en is een prognose gemaakt van de te verwachten trillingen in de belendingen langs het tracé van de TVM.

Uit de metingen komt naar voren dat op een zestal locaties een overschrijding optreedt van de streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd (weg- en railverkeer) in nieuwe situaties, zoals vastgelegd in de SBR-richtlijn Trillingen Deel B Hinder voor personen in gebouwen.

Hierbij is uitgegaan van de 95% waarde van de bronintensiteit.

De streefwaarden hebben betrekking op de maximale trillingssterkte v_{\max} en de gemiddelde effectieve waarde over een periode v_{per} .

De resultaten zijn in de navolgende tabel samengevat

locatie	Bestemming	Snelheid (km/uur)	Maatgevende parameter en dagdeel	Waarde van maatgevende parameter [-]	Benodigde reductie trillingen (%)
Bedrijfspannen Boschstraat 1,5	Bedrijven	30	$V_{\text{per dag}}$	1,9	48
Maasmolendijk 26	Bedrijven	40	$V_{\text{per dag}}$	2,3	56
Maasmolendijk 24	Bedrijven	40	$V_{\text{per dag}}$	3,0	67
Van Hasseltkade 3 tot en met 19	Woning	25	$V_{\text{max nacht}}$	2,4	59
Van Hasseltkade 20 tot en met 24	Woning	16 (bocht)	$V_{\text{max nacht}}$	3,0	67
St. Maartenslaan 2 -6	Woning	17 (bocht)	$V_{\text{max nacht}}$	1,7	40

Tabel 0-1-1, Locaties met hinderverwachting trillingen door TVM.

Op basis van de resultaten van het predictiemodel is ook een beoordeling op hinder door laagfrequent geluid uitgevoerd.

Deze analyse, met een beoordeling van de geluidsniveaus volgens de methodiek van de Ruiter, resulteert in de vaststelling dat op de tracédelen van Hasseltkade en St. Maartenslaan, trillingsbeperkende maatregelen ook noodzakelijk zijn om hinder door laag frequent geluid te voorkomen.

Om hinder door zowel trillingen en laag frequent geluid te voorkomen is het volgende pakket mitigerende maatregelen vastgesteld.

Locatie	Voorgestelde maatregel	Lengte van maatregel
Bedrijfspannen Boschstraat 1,5	Spoor op betonnen plaat	100 m
Maasmolendijk 24,26	Floating slab	75 m
Van Hasseltkade 3 tot en met 19 en 20 t/m 24	Floating slab	250 m
St. Maartenslaan 1, 2 -6	Floating slab	75 m

Tabel 0-2 Overzicht van benodigde maatregelen, trillingshinder en laagfrequent geluid.

Op locaties waar volgens de prognoses de streefwaarden wel benaderd worden maar niet overschreden, verdient het aanbeveling om zogenaamde kleine maatregelen (in de vorm van bijvoorbeeld elastische railbevestiging) toe te passen.

1 Inleiding

1.1 DOEL VAN DIT RAPPORT

Het voorliggende Trillingenonderzoek is een actualisatie van het rapport “Tram Vlaanderen Maastricht Actualisatie prognose trillingen” met kenmerk 077494795:0.1-definitief van 9 januari 2014. Het bovengenoemde rapport is opgesteld in het kader van het bestemmingsplan, met als doel het in beeld brengen van de trillingen veroorzaakt in de gebruiksfase door de tram op de lijn Maastricht –Vlaanderen (Hasselt) en deze te toetsen aan de SBR-richtlijn Trillingen Deel B Hinder voor personen in gebouwen.

In het voorliggende rapport wordt een nadere uitwerking van het aspect trillingen verstrekt, waarbij op een aantal specifieke onderdelen middels nader onderzoek uitgangspunten nader zijn gespecificeerd. Op basis van deze geactualiseerde uitgangspunten zijn nieuwe prognoses voor trillingsniveaus opgesteld, is de hinderbeleving beoordeeld ten aanzien van trillingen en laagfrequent geluid en zijn de hinderbeperkende maatregelen nader uitgewerkt.

Het rapport is opgesteld door ARCADIS Nederland BV in samenwerking met MOVARES.

1.2 ALGEMEEN

Om de bereikbaarheid tussen Belgisch en Nederlands Limburg (in het bijzonder Maastricht) te verbeteren heeft de Belgische vervoerder De Lijn in mei 2004 een tramverbinding tussen Hasselt en Maastricht voorgesteld. Dit als onderdeel van haar Spartacusplan om het Openbaar Vervoer (hierna te noemen OV) in Belgisch Limburg een kwaliteitsimpuls te geven en een volwaardig alternatief te bieden voor de auto. Belgische en Nederlandse overheden en vervoermaatschappij De Lijn werken sindsdien gezamenlijk aan het tot stand brengen van een tramverbinding tussen Hasselt en Maastricht. De provincie Limburg werkt met de gemeente Maastricht binnen de Projectorganisatie TVM aan de uitwerking en invulling van het Nederlandse deel van het Vlaamse Spartacusplan; de Tram Vlaanderen-Maastricht (TVM). TVM valt uiteen in een buitenstedelijk tracé en een binnenstedelijk tracé (Boschstraat-Bassin-Maasboulevard-Wilhelminabrug-St. Maartenslaan-Centraal Station).

Het doel is om vóór 2018 een tramverbinding tussen Hasselt en Maastricht te realiseren om een stevige impuls te geven aan de bereikbaarheid van de aan deze tramverbinding gelegen stedelijke gebieden en hierdoor bij te dragen aan de versterking van het maatschappelijk en economisch functioneren van deze stedelijke gebieden.

In het referentieontwerp is het tracé vastgelegd van de circa vijf kilometer geëlektrificeerde tramverbinding op Nederlands grondgebied met drie haltes; ter hoogte van Belvédère, de Van Hasseltkade en het Centraal Station van Maastricht. Buitenstedelijk wordt gebruik gemaakt van het bestaande goederenspoor. Binnenstedelijk wordt een nieuwe railverbinding aangelegd.

1.3 SCOPE VAN HET PROJECT

Het projectgebied dat in de voorliggende studie is beschouwd is het binnenstedelijk tracé van de tramlijn, vanaf de aftakking van het goederenspoor aan de Noordzijde van Maastricht (Bosscherweg) tot aan het eindpunt van de lijn op het NS-station Maastricht. Het beschouwde binnenstedelijke tracé is in onderstaande figuur ingekaderd.



Figuur 1 Binnenstedelijk tracé tramlijn Maastricht-Vlaanderen.

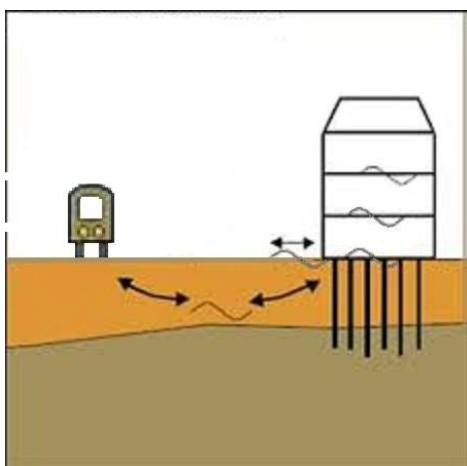
1.4 METHODIEK

De beoordeling van trillingsniveaus die optreden bij de realisatie van het project VTM in het stedelijk gebied van Maastricht, wordt gebaseerd op een prognose van de te verwachten trillingsniveaus. Omdat de lijn de eerste tramlijn in Maastricht is, kan er geen gebruik worden gemaakt van trillingsniveaus van vergelijkbare trams op of nabij de projectlocatie. Er wordt daarom gebruik gemaakt van een prognosemodel om de trillingsniveaus te bepalen.

Met het prognosemodel worden de trillingsniveaus bepaald op vloerniveaus in de belendingen als gevolg van trampassages. In het model worden drie hoofdelementen onderscheiden:

- De bron die de oorzaak is van de trilling: dit is de tram in samenhang met de spoorconstructie waarover deze rijdt.
- Het medium waardoor de trilling zich in de omgeving verspreid: dit is de ondergrond.
- Het ontvangende object: hiermee wordt het gebouw aangemerkt waarin de hinder beoordeeld moet worden. De maatgevende locatie in het gebouw is een verdiepingsvloer.

Het model dat wordt gehanteerd is in Figuur 2 schematisch weergegeven.



Figuur 2 Overdracht van trillingen als gevolg van trampassage.

Door middel van metingen zijn de drie genoemde elementen voor de toekomstige situatie bepaald. Zoals gememoreerd is de bron (tram met spoorconstructie) nog niet in Maastricht aanwezig. Daarom is gebruik gemaakt van metingen aan een systeem dat vergelijkbaar is met het systeem dat in Maastricht wordt toegepast. De vergelijkbare situatie is in Den Haag aangetroffen bij lijn 3.

De karakteristieken van de ondergrond in Maastricht, waarmee de verspreiding van trillingen kunnen worden geschematiseerd zijn bepaald door trillingsmetingen langs het tracé van de TVM uit te voeren. Voor de overdracht van de trillingen vanuit de ondergrond naar het vloerniveau in bebouwing zijn eveneens trillingsmetingen uitgevoerd in en bij een aantal karakteristieke panden langs het tracé van de tram in Maastricht.

De nadere beschrijving van het model en de relatie met de metingen wordt in hoofdstuk 3 gegeven.

1.5 NADERE OMSCHRIJVING AANPASSINGEN

Het voorliggende rapport actualiseert het rapport "Tram Vlaanderen Maastricht

Actualisatie prognose trillingen" met kenmerk 077494795:0.1-definitief van 9 januari 2014.

Aanleiding van deze actualisatie is de behoefte om een meer nauwkeurige prognose te verkrijgen.

Voor de vergroting van de nauwkeurigheid is nader onderzoek uitgevoerd naar de karakteristiek van de bron, een vergelijkbare tram zoals voorzien is voor de tramexploitatie te Maastricht, inclusief spoorconstructie, de invloed van geometrische trillingsdemping (dat wil zeggen de afname van de trillingsniveaus in de ondergrond met toenemende afstand tot de bron) en de overdracht van de trillingen in woningen in Maastricht.

Daarnaast is de werkelijke rijsnelheid langs het tracé nauwkeuriger beoordeeld en is het effect van bochten expliciet beoordeeld.

1.6 LEESWIJZER

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 een samenvatting gegeven van het gebruikte beoordelingskader, de SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen. In hoofdstuk 3 is de aanpak van de trillingsprognose weergegeven en de methodiek ter bepaling van de karakteristieke parameters voor het gehanteerde trillingenmodel. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 ingegaan op de uitgevoerde trillingsmetingen. In hoofdstuk 5 worden de uit de metingen afgeleide uitgangspunten toegelicht.

De toetsing van de trillingen in de huidige en toekomstige situatie vindt plaats in hoofdstuk 6.

In hoofdstuk 7 wordt het aspect laagfrequent geluid belicht. De mitigerende maatregelen worden in hoofdstuk 8 beschreven.

2 Beoordelingskader

2.1 INLEIDING

Voor de beoordeling van trillingen is momenteel geen wettelijk toetsingskader beschikbaar. Overeenkomstig de gangbare praktijk wordt voor dit project gebruik gemaakt van de SBR-richtlijnen trillingen (SBR, 2003).

De volgende richtlijnen zijn van toepassing:

- In de SBR-richtlijn deel A, Schade aan gebouwen, worden criteria/grenswaarden van maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om schade aan gebouwen te voorkomen.
- SBR-richtlijn deel B, Hinder voor personen, definieert grenswaarden voor trillingen voor hinder voor personen.
- In SBR-richtlijn deel C, Storing aan apparatuur, worden grenswaarden voor maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om storingen aan apparatuur te voorkomen.

De hinderbeleving, waarvoor in deel B van de richtlijn een beoordelingskader is opgenomen, wordt hier als uitgangspunt voor het toetsingskader gehanteerd.

Schade aan bebouwing, onderwerp in deel A van de richtlijn, komt aan de orde bij hogere trillingsniveaus dan hinder en is daardoor niet maatgevend.

Richtlijn C heeft betrekking op zeer specifieke trillingsgevoelige objecten. Er zijn langs het tracé geen bedrijven bekend met zeer trillingsgevoelige apparatuur. Om die reden wordt deel C verder niet in de beoordeling betrokken.

2.2 AANPAK HINDERBEOORDELING VOLGENS SBR

In SBR-richtlijn deel B, hinder voor personen, worden trillingen door spoorverkeer beoordeeld als een herhaald voorkomende trilling gedurende lange tijd.

Voor de aan te houden streefwaarden wordt onderscheid gemaakt in de functie van het gebouw en eventueel in de functie van de ruimte in dat gebouw:

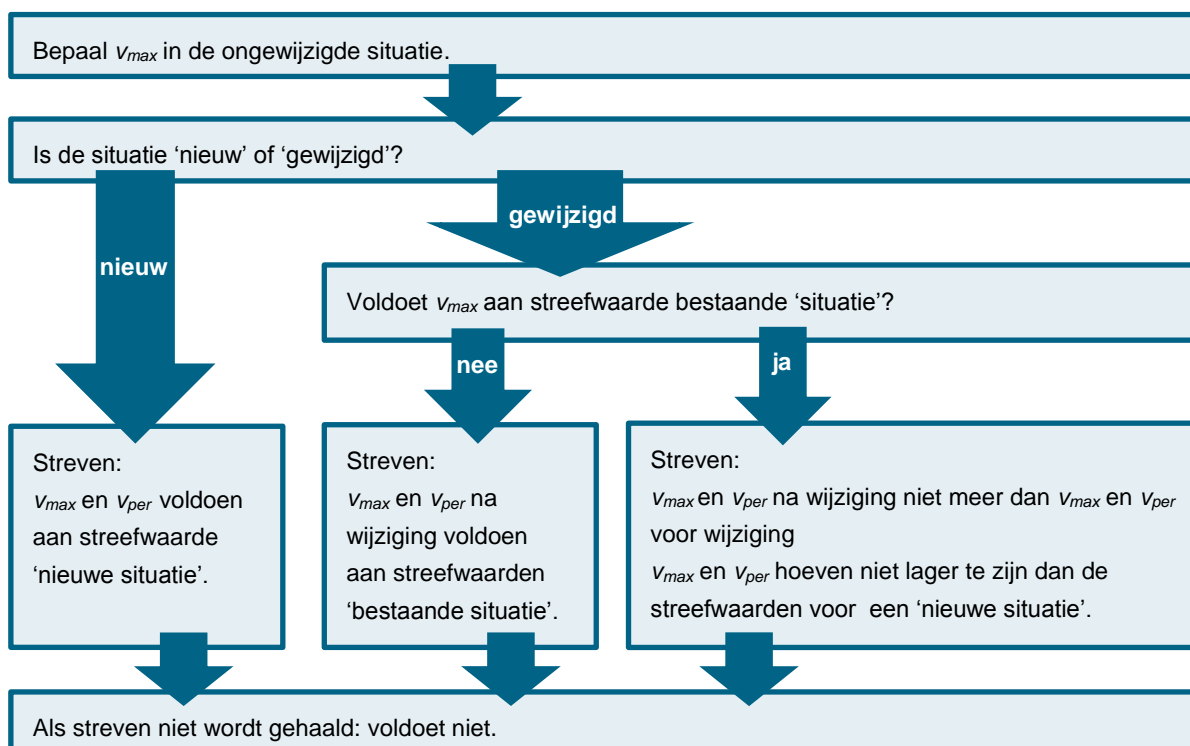
- Gezondheidszorg.
- Wonen.
- Kantoor en onderwijs.
- Bijeenkomstgebouwen (bioscopen, aula's, schouwburgen, kerken).
- Kritische werkruimten (bepaalde ruimten in laboratoria, operatiekamers, studiezalen).

De richtlijn maakt onderscheid tussen de beoordeling van een bestaande, nieuwe en gewijzigde situatie. De aanpassingen die aan de bestaande wegen gaan plaatsvinden (aanleg tramlijn) worden beschouwd als een nieuwe situatie.

Beoordeling vindt plaats aan de hand van de maximale trillingssterkte ($v_{eff,max}$) en de effectieve waarde van de maxima per beoordelingsperiode (v_{per}). In de v_{per} wordt zowel de gemiddelde effectieve waarde van de (gemeten) trillingen meegenomen als de gesommeerde duur van de trillingen in de beoordelingsperiode.

De SBR-richtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen) geeft drie verschillende streefwaarden A_1 , A_2 en A_3 ter toetsing van de $v_{eff,max}$ en de v_{per} (dimensieloze snelheden) op. Deze streefwaarden zijn erop gericht hinder door trillingen te voorkomen (nieuwe situatie) of zoveel mogelijk te beperken (gewijzigde situatie). Voor een toelichting op de streefwaarden wordt verwezen naar bijlage 1.

Het volgende stroomschema (zie figuur 2) geeft een overzicht van de beoordelingsprocedure van de trillingssterkte op basis van streefwaarden voor de gewijzigde en een nieuwe situatie.



Figuur 3, Schematisatie beoordeling trillingen gewijzigde situatie SBR-richtlijn Trillingen deel B.

De streefwaarden voor de bestaande situatie zijn weergegeven in Tabel 2-1, Streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen voor bestaande situatie (SBR-richtlijn Trillingen deel B).

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
Onderwijs en kantoor	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15
Bijeenkomst	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15
Kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

Tabel 2-1, Streefwaarden voor herhaald voorkomende trillingen voor bestaande situatie (SBR-richtlijn Trillingen deel B).

In Tabel 2-2 zijn de streefwaarden voor een nieuwe situatie opgenomen.

Gebouwfunctie	dag en avond			Nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
Bijeenkomst	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07
Kritische werkruimte	0,1	0,1	-	0,1	0,1	-

Tabel 2-2, Streefwaarden voor continue trillingen voor nieuwe (of bestaande) situaties, (SBR-richtlijn Trillingen deel B).

Voor de functies wonen en gezondheidszorg, is de nachtsituatie veelal maatgevend. De nachtsituatie verschilt met de dag en avond in de waarde voor A2. In de nacht dient de piekwaarde van de trillingsintensiteit de helft te zijn van de piekwaarde gedurende de dag en de avond.

2.3 AANPAK HINDERBEOORDELING MAASTRICHT

De voorgenoemen aanpassingen betreffen een aanpassing van de huidige verkeerssituatie. Echter in de huidige situatie is uitsluitend sprake van wegverkeer en niet van spoorgebonden verkeer. Om deze reden is er voor gekozen uit te gaan van een 'nieuwe situatie', zoals omschreven in de SBR.

De toetsing wordt overeenkomstig figuur 2 als volgt uitgevoerd:

- Voor de nieuwe situatie wordt getoetst of de trillingsintensiteit niet de streefwaarden, zoals deze zijn genoemd in Tabel 2-2 overschrijdt, waarbij de dag en nachtsituatie afzonderlijk worden beoordeeld.
- Alleen de eerste lijnsbebouwing, dat wil zeggen de bebouwing die langs het tramtracé staat, wordt in de beoordeling betrokken. De overweging is dat indien in deze panden het streven niet wordt gehaald, er maatregelen noodzakelijk zijn welke voor de achterliggende panden, met lagere geprognosticeerde trillingsniveaus, ook tot een relatieve gelijke reductie van de trillingsniveaus leiden.

Volgens de SBR dient de toetsing plaats te vinden voor respectievelijk de dag-, avond- en nachtperiode.

Voor de avondsituatie geldt:

- De maximale trillingssterkte $v_{eff,max}$ is gelijk aan die van de dagperiode (er rijden dezelfde voertuigen met dezelfde snelheid).
- De effectieve waarde van de maximale trillingsintensiteit v_{per} is kleiner dan deze waarde voor de dagperiode (als gevolg van de lagere frequentie van passages).
- De streefwaarden zijn gelijk aan die voor de dagperiode.

Omdat hierdoor de avondperiode niet ongunstiger is dan de dagperiode, wordt geen toetsing van de avondperiode uitgevoerd.

Bij een overschrijding van de streefwaarden A2 en A3 uit Tabel 2-2 wordt een trillingsreducerende maatregel voorgesteld, waarmee de bronsterkte zodanig wordt teruggebracht dat deze streefwaarden niet worden overschreden.

Het merendeel van de bebouwing langs het tracé heeft de functie wonen. Een deel heeft een bedrijfs- en/of kantoorfunctie. Alleen voor die panden waar er zekerheid is dat een pand geen woonfunctie heeft, zijn de optredende trillingsniveaus getoetst aan de streefwaarden behorende bij de gebruiksfunctie "onderwijs en kantoor". In alle andere gevallen is getoetst aan de streefwaarden behorende bij de gebruiksfunctie "wonen".

3

Aanpak trillingsprognose

3.1 OPZET TRILLINGSPROGNOSE

In dit rapport dient kwantitatief inzichtelijk te worden gemaakt of er hinder in de panden rond de toekomstige trambaan verwacht kan worden. Voor het prognosticeren van trillingen is geen wettelijk toetsingskader beschikbaar.

Voor het opstellen van een trilling prognose is daarom gekozen voor een model, dat is gefit op basis van trillingsmetingen, enerzijds uitgevoerd op een vergelijkbare situatie met trampassages en anderzijds locatie specifieke trillingsmetingen in Maastricht.

Voor de vergelijkbare situatie is gekozen voor een meetlocatie in Den Haag.

De metingen hebben tot doel de volgende uitgangspunten voor het prognosemodel vast te stellen:

- De karakteristiek van de trillingsbron (de tram) op rechte tracédelen bij een variabele rijsnelheid.
- De invloed van bochten op de opgewekte trillingsniveaus.
- De overdracht van de trillingen door de ondergrond naar de omgeving.
- De overdracht van de trillingen vanuit de ondergrond in de belendingen tot op het maatgevende vloerveld.

Met behulp van de bovengenoemde kenmerken, waarbij rekening wordt gehouden met de mogelijke variatie langs het binnenstedelijk tracé, wordt een model gehanteerd waarmee de trillingsniveaus op karakteristieke locaties langs het tracé wordt bepaald. De trillingsniveaus worden uitgedrukt in de effectieve snelheid van de trilling.

Het gehanteerde model omvat de volgende basis relatie:

$$v = v_0 \cdot C_{\text{snelheid}} \cdot C_{\text{bocht}} \cdot C_{\text{bodem}} \cdot C_{\text{woning}} \cdot C_{\text{correctie}}$$

Hierin is

- v = trilsnelheid in de woning, die getoetst wordt aan de SBR richtlijn.
- v_0 = trilsnelheid op maaiveld gemeten of berekend op referentie afstand x_0^1 .
- C_{snelheid} = correctiefactor voor de rijsnelheid van de tram.
- C_{bocht} = correctiefactor voor (krappe) bogen.
- C_{bodem} = factor voor de geometrische overdracht in de bodem (ruimtelijke en fysische demping).
- C_{woning} = overdrachtsfactor voor de trillingen van maaiveld voor de woning naar verdiepingsvloer.

¹ In Bijlage 2, blz. 4 is een extra factor voor de snelheidsfactor C_{snelheid} geïntroduceerd waarmee de bronsterkte afhankelijk is gesteld van de tramsnelheid. In dit rapport wordt de relatie tussen tramsnelheid en trillingssterkte v_0 in tabelvorm gehanteerd en wordt genoemde snelheidsfactor dus impliciet meegenomen.

- $C_{\text{correctie}}$ = correctiefactor voor verschil Den Haag – Maastricht.

De parameters in bovengenoemde relatie worden op basis van de uitgevoerde metingen vastgesteld.

Bronsterkte v_0

Voor het vaststellen van de bronsterkte v_0 is gebruik gemaakt van metingen uitgevoerd langs een vergelijkbaar traject, de Regio Citadislijn HTM 3 in Den Haag, die wordt geëxploiteerd met vergelijkbare tramvoertuigen als deze die zullen worden besteld voor de tramverbinding tussen Hasselt en Maastricht. Door op verschillende locaties de bronsterkte van de trillingen bij trampassages op een recht baanvak te meten, inclusief bepaling van de actuele rijsnelheid van de tram, is de bronsterkte in Den Haag bepaald. Door bij verschillende tramsnelheden te meten is de relatie tussen bronsterkte en tramsnelheid vastgelegd.

Bochtcorrectiefactor C_{bocht}

Bij de trillingsmetingen in Den Haag is het effect van bochten op de trillingsemissie van de tram in beeld gebracht door op een aantal locaties in bochten de trillingsniveaus te meten en die te vergelijken met de waarden die op een recht baanvak zijn gemeten. Uit de verhouding van de gemeten trillingssnelheden bij de bocht en bij het spoor in rechtstand is de bochtfactor C_{bocht} bepaald.

Dempingsfactor C_{bodemt}

Deze dempingsfactor beschrijft de invloed van de bodem op de trillingssnelheden die op afstand van de bron optreden.

In deze factor zit zowel het effect van geometrische verzwakking, bij toenemende afstand tot de bron, als de materiaaldemping opgenomen.

Deze factor wordt afgeleid uit de valproefmetingen die in Maastricht langs het tramtracé zijn uitgevoerd.

Overdrachtsfactor C_{woning}

Deze overdrachtsfactor beschrijft de verandering van de trillingssnelheid vanuit de bodem tot op het beschouwde vloerniveau in het gebouw. Hierin zit opgesloten de overdrachtsfactor van de ondergrond naar de fundering en de overdracht vanuit de fundering naar de verdiepingsvloer. De overdrachtsfactor is middels trillingsmetingen in en nabij de bebouwing langs het binnenstedelijk tracé van TVM bepaald.

Correctiefactor $C_{\text{correctie}}$

De praktijkmetingen van trampassages zijn uitgevoerd in Den Haag langs HTM lijn 3. Materieel, spoorconstructie en de stijfheid van de ondergrond naar verwachting representatief zijn voor het binnenstedelijk tracé van TVM. Deze correctiefactor is in dit geval dan ook gelijk aan 1 aangehouden. In Bijlage 2 is de nadere onderbouwing opgenomen dat de ondergrondsituatie ten aanzien van het overdragen van trillingen in Maastricht vergelijkbaar is met die in Den Haag.

3.2 UITGANGSPUNTEN

De trillingen worden door de tram afgegeven aan de ondergrond en bereiken door de ondergrond de bebouwing en de vloeren in de bebouwing. Hierin zijn de volgende lokale factoren bij het opstellen van een trillingsprognose beschouwd:

- Grondopbouw.
- Bebouwing (type en funderingswijze).
- Dienstregeling.
- Type tram.
- Sporen lay-out.

Onderstaand worden de bovengenoemde uitgangspunten nader toegelicht.

Grondopbouw

Het DINO-loket van TNO (www.dinoloket.nl) is geraadpleegd om inzicht te verkrijgen in de opbouw van de ondergrond langs het tramtracé. Bij dit loket zijn verschillende sonderingen en handboringen beschikbaar. Voor het centrum van Maastricht is de volgende grondopbouw maatgevend, zie tabel 3.

Op basis van de archiefgegevens is de variatie in de bodemopbouw beperkt, zodat de maatgevende grondopbouw representatief is voor het gehele tracé.

Bovenkant laag	
[m NAP]	
+43 tot +47 (maaiveld)	Toplaag, zand en of leem, soms grind- of klei-insluitingen
+43	Leem
+44	Grind
+36	Mergel, (zacht kalksteen)
+28	(Maximale verkende diepte in het geraadpleegde archiefgegevens)

Tabel 3-1, Schematisatie van de grondopbouw (centrum Maastricht).

Door metingen uit te voeren op locatie kan de dempende werking van de grond het best worden benaderd. In hoofdstuk 3 worden de uitgevoerde metingen nader toegelicht.

Bebouwing

Het centrum van Maastricht bestaat veelal uit bebouwing van minimaal 40 jaar oud (geschat op basis van Google Maps).

Aan de hand van de ouderdom van de bebouwing en de grondopbouw wordt ingeschat dat de bebouwing de volgende kenmerken heeft:

- Fundering op staal.
- Houten vloeren.
- Metselwerk.
- Beschermd stadsgezicht en mogelijk monumentale panden.

Naast de bebouwing van 40 jaar en ouder is er een aantal panden in het centrum van Maastricht die jonger zijn. Deze bebouwing verschilt van de oudere bebouwing. Aan deze bebouwing kunnen op basis van de uiterlijke kenmerken (Google Maps) de volgende kenmerken worden ingeschat:

- Fundering op staal maar mogelijk ook op palen.
- Betonnen vloeren.
- Betonbouw.

Als gevolg van de aard van de constructie van deze nieuwere gebouwen, die kantoren en appartementengebouwen betreffen, zijn deze panden minder gevoelig voor trillingen.

Naast de kenmerken van de bebouwing is voor het bepalen van trillingshinder ook van belang de bestemming van de bebouwing te kennen. Op basis van Google Maps is ingeschat dat de bebouwing veelal een woonfunctie heeft (hieronder vallen ook gezondheidszorg of hotels). Voor de bestemming wonen gelden de strengste richtlijnen met betrekking tot trillingshinder.

Dienstregeling tram

Voor de toetsing van de trillingen is het van belang te weten hoe vaak er in een periode een tram passeert. Overeenkomstig de rapportage Akoestisch onderzoek tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM) (ARCADIS 4 november 2013) zijn de volgende aantallen trams per periode aangehouden:

- Dag (7.00 uur tot 19.00 uur) gemiddeld 2 trams per uur, per richting.
- Avond (19.00 uur tot 23.00 uur) gemiddeld 1,25 trams per uur, per richting.
- Nacht (23.00 uur tot 7.00 uur) gemiddeld 1,125 trams per uur, per richting.

Naast het aantal trams dat per periode passeert is ook de snelheid van de trams van invloed op de trillingsintensiteit. Er wordt op verschillende trajecten met een verschillende snelheid gereden. Als gevolg van bochten en het halteren van de trams zijn de snelheden op deze stukken van het tracé lager dan op de tussengelegen rechte delen. De ontwerpsnelheden per sectie, zoals vastgelegd in het referentieontwerp, zijn als uitgangspunt gehanteerd. Dit uitgangspunt is per beschouwde locatie vastgelegd in Tabel 5-2.

Type tram

De trillings-specifieke kenmerken van het in te zetten materieel voor de tramlijn is door De Lijn als volgt functioneel omschreven ten behoeve van het leveringscontract voor het materieel:

- Onderstellen, wielen.
Aslast en lastentrein: De individuele maximale (statische) aslast mag nooit meer dan 11,5 ton bedragen voor een volledig afgewerkt en rijklaar voertuig met alle reservoirs gevuld, met het maximaal aantal passagiers (7p/m²). Het totaal maximaal gewicht van de Sneltram mag nooit meer dan 90 ton bedragen.
- Opbouw en vering: De onderstellen en/of de draaistellen hebben minimaal twee niveaus van vering (primaire en secundaire vering), waarbij de Sneltram dient te voldoen aan de eisen met betrekking tot geluid, rijcomfort en trillingen (zie onder). Elastische/resiliënte wielen hebben de voorkeur.
- Comfort voor chauffeur en reizigers, Hinder naar omgeving.
Bijkomende eisen tijdens het rijden, rijcomfort en rijstabiliteit: De Sneltram moet bij alle snelheden een gevoel van comfort geven aan de reizigers. Er mogen geen buitensporige schokken, trillingen of geluiden optreden. De Sneltrams dienen een aantal trillingsvrije loopeigenschappen te hebben en er wordt uitdrukkelijk aandacht besteed aan het reduceren van niet afgeveerde massa's.

Bovengenoemde omschrijving betreft een functionele specificatie, die aan de constructeur van de trams duidelijk aangeeft dat beperking van trillingshinder een belangrijk eis is bij ontwerp van het trammaterieel. De Regio Citadis voertuigen kennen gelijkwaardige specificaties en zijn daarom als referentievoertuig gebruikt.

De Regio Citadis is een tram van de Franse fabrikant Alstom. Hetzelfde materieel wordt in Den Haag en Rotterdam ingezet voor RandstadRail. In onderstaande figuur is de Haagse Regio Citadis weergegeven.



Afbeelding 1 Regio Citadis (RandstadRail).

Sporenlay-out

De goederenspoorlijn bestaat uit een enkel spoor. Na het uittakken van de tram van het goederenspoor wordt het tracé dubbelsporig, zodat iedere rijrichting een afzonderlijk spoor heeft. De sporenlay-out is van invloed op de trillingen. Wissels en spoorvoegen hebben een nadelig effect op de trillingsintensiteit. Wissels komen in dit geval echter niet voor op het binnenstedelijk tracédeel behoudens ter plaatse van de halte station.

Bij de prognose is uitgegaan van een goede kwaliteit spoorvoegen en dat bij aanleg eventuele slechte voegen worden gecorrigeerd.

Op de locatie van de wissel bij het station wordt met zeer lage snelheid (13 km/u) door de wissel gereden. In het tracé bevinden zich een aantal bochten. De snelheid waarmee de tram door deze bochten passeert is afhankelijk van de bochtstraal. Uitgangspunt voor de analyse van de trillingen is de snelheid in de bochten op basis van het referentieontwerp.

4 Trillingsmetingen

4.1 ALGEMEEN

Omdat er in Maastricht nog geen trams rijden, en er dus geen praktische vergelijking op locatie is, is een prognosemodel ontwikkeld ter bepaling van de te verwachten trillingsniveaus. Voor de bepaling van de model-parameters, die als input in het model worden gebruikt, zijn metingen uitgevoerd in Den Haag en Maastricht.

De locatie Den Haag is gekozen omdat ter plaatse van HTM lijn 3 sprake is van een vergelijkbare situatie ten aanzien van materieel, spoorconstructie en ondergrond(stijfheid) als in Maastricht voorzien is.

De metingen hebben tot doel om de volgende aspecten ten behoeve van de modellering nader in beeld te brengen:

- Bronkarakteristiek Regio Citadis tram.
- Relatie bronterm-snelheid (tram).
- Effect bochten op trillingsniveaus (bronsterkte).
- Dempingskarakteristiek ondergrond.
- Overdrachtscoëfficiënt in panden met houten vloeren inclusief frequentieafhankelijkheid.

De metingen zijn uitgevoerd en geïnterpreteerd door MOVARES.

In dit hoofdstuk wordt een beknopte samenvatting gegeven van de uitgevoerde metingen.

Voor een uitgebreide beschrijving van de metingen en resultaten wordt verwezen naar het rapport "Trillingsmetingen in Den Haag en Maastricht" dat in Bijlage 2 in het rapport is opgenomen.

In de navolgende hoofdstukken wordt deze rapportage korthedshalve als "het meetrapport" aangemerkt.

4.2 MEETPROGRAMMA

Metingen Den Haag

De metingen zijn uitgevoerd langs HTM lijn 3, waarbij op verschillende locaties de bronsterkte van de trillingen bij trampassages wordt gemeten. De locaties zijn zodanig gekozen dat zowel het effect van een variërende snelheid, als het effect van een bocht inzichtelijk gemaakt wordt.

Voor de variatie van de snelheid is de meetopstelling op locaties geplaatst waar de RegioCitadis 20 tot 40 km/uur rijdt. Tijdens de metingen is de tramsnelheid vastgelegd.

De metingen zijn uitgevoerd op rechte baanvakken nabij haltes, waar het effect van snelheidsveranderingen werd vastgesteld.

Voor het bepalen van het effect van een boog, is bij een bocht gemeten met een boogstraal van ongeveer $R=30\text{m}$. Dit komt overeen met de boogstralen van de krapste bogen in het tracé van TVM bij de potentiële hinderlocaties.

Bij elke meting in Den Haag is een valproef uitgevoerd. Dit ter verificatie van de vergelijkbaarheid met de bodemgesteldheid in Maastricht. Met een valproef wordt middels een gewicht een trilling opgewekt waarbij de respons nabij de bron wordt gemeten. Met een valproefmeting worden de voortplanting en de demping van de trillingen in de bodem gemeten.

Metingen Maastricht

In Maastricht zijn op een aantal locaties langs het beoogde tracé maaiveldmetingen en metingen op vloeren in bebouwing uitgevoerd, ter bepaling van de overdrachtscoëfficiënten in het relevante frequentiedomein.

De metingen zijn uitgevoerd op de volgende locaties:

- Van Hasseltkade 9.
- Van Hasseltkade 10.
- Van Hasseltkade 12.
- St. Maartenslaan 2.
- St. Maartenslaan 6.
- St. Maartenslaan 29.

De meetlocaties van Hasseltkade 10 en St. Maartenslaan 6 zijn in een eerdere meetronde (in oktober 2013) ook meegenomen.

De andere aanvullende panden zijn gekozen ter nadere onderbouwing van de respons op trillingen in panden met houten vloeren.

Bij alle meetlocaties is bovendien een trillingsmeting bij een valproef uitgevoerd. Deze proef is gebruikt om enerzijds de dempingswaarde van de ondergrond op locatie vast te stellen en anderzijds om een vergelijking te maken met de proef in Den Haag, ter toetsing van de hypothese dat de ondergrondsituatie vanuit trillingsoptiek vergelijkbaar is.

De metingen zijn uitgevoerd in de volgende perioden:

- Den Haag: 4 tot en met 8 augustus 2014.
- Maastricht: 11 tot en met 15 augustus 2014.

4.3 MEETRESULTATEN

Voor de meetresultaten en de verwerking en analyse van de meetresultaten wordt verwezen naar het meetrapport in Bijlage 2.

5

Uitgangspunten prognose

5.1 INLEIDING

In voorliggend hoofdstuk worden de uitgangspunten onderliggend aan de trillingsprognose benoemd en toegelicht. Deze uitgangspunten vormen de basis van het model dat is gebruikt voor de predictie van de trillingen die in de toekomstige situatie door de tram worden veroorzaakt.

Het betreft de volgende uitgangspunten:

- Beschrijving van de bronsterkte.
- Het beschrijven van de verspreiding van de trillingen in de ondergrond.
- Het bepalen van een overdrachtsfactor tussen de trillingen in de grond en de trillingen die worden gemeten op de vloer in de bebouwing.
- Kenmerken van de bebouwing langs het tracé.

In hoofdstuk 6 worden de met behulp van het prognosemodel bepaalde trillingsniveaus in de eerste lijnsbebouwing langs het tracé gepresenteerd en getoetst aan de streefwaarden voor hinder op basis van de toetsingsmethode van de SBR-richtlijn trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen.

5.2 BRONSTERKTE

De bronwaarde van de trillingen in de grond is op basis van de meetresultaten in Den Haag vastgelegd. Op basis van de uitgevoerde analyse van de meetreeks is hierbij de bronsterkte op een referentieafstand van 10 m vanuit het spoor gehanteerd.

In de metingreeksen wordt een spreiding in de gemeten bronsterktes aangetroffen. Deze variatie is waarschijnlijk enerzijds een gevolg van een combinatie van passage gerelateerde factoren zoals verschil in rijgedrag van de trambestuurder en de rondheid van de wielen. Anderzijds dragen situationele factoren bij aan variaties tussen meetwaarden op verschillende locaties.

Op basis van statistische analyse van de dataset is in het meetrapport de gemiddelde trillingssterkte en de 95% bovengrenswaarde van de trillingssterkte op de referentieafstand 10 m bepaald.

De gehanteerde waarden zijn vermeld in Tabel 5-1.

In de trillingssterktes zoals vermeld in de tabel is de snelheidsfactor C_{snelheid} (zie formule in paragraaf 3.1) verwerkt. Of anders gezegd: de vermelde waarden in de kolommen 2 en 3 stellen de term $v_0 \times C_{\text{snelheid}}$ voor.

Rijsnelheid [km/uur]	$V_{eff,gem}$ [-]	$V_{eff,95}$ [-]
15	0,051	0,120
20	0,061	0,141
25	0,072	0,168
30	0,085	0,203
35	0,101	0,250
40	0,120	0,312

Tabel 5-1 bronwaarde trillingsintensiteit (gemiddeld en 95%-waarden) als functie van rijsnelheid.

Op basis van de tramsnelheden zoals vastgelegd in het referentieontwerp is per maatgevende locatie de maatgevende bronsterkte vastgelegd.

Hierbij is in de bochten in het tracé met een bochtstraal straal tot maximaal 45 m, rekening gehouden met een verhoogde bronsterkte middels bochtcorrectiefactor $C_{bocht} = 1,74$.

5.3 DEMPING VAN DE TRILLINGEN

Voor de prognose van de trillingen wordt een analytisch model gebruikt. Dit model is gebaseerd op twee principes, namelijk:

- Damping door verspreiding van de trilling in drie richtingen.
- Verzwakking door materiaal damping.

In de gebruikte vergelijking van de Barkan-curve is dit als volgt beschreven:

$$C_{bodem}(x) = \left(\frac{x_0}{x}\right)^n e^{-\alpha(x-x_0)}$$

Waarin:

$C_{bodem}(x)$	Factor voor de geometrische overdracht in de bodem (ruimtelijke en fysische damping) op afstand x van de bron [-].
x_0	Referentie-afstand tot de bron (= 10 m) [m].
x	Afstand tot de bron [m].
α	Karakteristieke dempingsconstante ten gevolge van materiaaldamping [m^{-1}].
n	Geometrische dempingsfactor [-].

Uit de valproefmetingen in Maastricht is afgeleid dat er nagenoeg geen materiaaldamping optreedt in de ondergrond. Uitgegaan is van een lage waarde van $\alpha = 0,005$.

Omdat de tram als een lijnvormige trillingsbron kan worden beschouwd is $n=0,3$ aangehouden.

5.4 OVERDRACHT TRILLING VAN GROND NAAR VLOEREN

Wanneer vloeren in trilling worden gebracht is het mogelijk dat de trilling een opslingering veroorzaakt. Dit betekent dat de trilling in plaats van verder uit te dempen beter voelbaar wordt. Uit de meetdata van dit onderzoek blijkt, dat er een opslingerende werking van de trilling in de panden is, globaal variërend tussen een factor 0,75 voor de begane grond tot een factor 3 voor de tweede en derde verdieping. Hierbij geldt voor deze factor dat:

- in geval factor = 0,75 dan zijn de trillingen op vloer niveau 75% van de trillingen die op maaiveldniveau bij het gebouw optreden.
- in geval factor = 1, dan is de trilling op vloerniveau gelijk aan de trilling op maaiveldniveau bij het pand.

- in geval factor = 3, dan vindt in het gebouw en in de vloer een verdrievoudiging plaats van de trillingen op de vloer ten opzichte van de trilling op maaiveldniveau bij het pand.

Er is een splitsing gemaakt in gebouwen met een relatief jonge leeftijd (jonger dan 40 jaar) en gebouwen met een relatief oude leeftijd, namelijk ouder dan 40 jaar. De gebouwen met een jonge leeftijd zijn voorzien van betonnen vloeren, zijn veelal zware gebouwen en hebben daardoor een lagere overdrachtsfactor dan de oudere bebouwing. Voor de nieuwere bebouwing is een overdrachtsfactor van 1 is aangehouden voor de overdracht van de trillingen via de fundering naar de vloeren.

Op een aantal locaties is aan de bebouwing met een leeftijd hoger dan 40 jaar gemeten. Deze panden zijn gesitueerd aan de Van Hasselkade en aan de St. Maartenslaan (zie voor een toelichting hoofdstuk 4).

Voor het tracé-gedeelte aan de westzijde van de Maas is de bebouwing aan de Van Hasselkade als representatief aangehouden. In drie panden zijn metingen uitgevoerd. De spreiding in de hierbij bepaalde overdrachtsfactoren is groot. Om de overdracht niet te onderschatten is voor alle bebouwing ouder dan 40 jaar de maximale waarde van de drie meetlocaties (panden Van Hasselkade 9, 10 en 12) aangehouden en is een overdrachtsfactor van 2,8 gehanteerd.

De drie panden aan de St. Maartenslaan (nummers 2, 6 en 29), zijn representatief voor de oudere bebouwing langs het tracé ten oosten van de Maas. Uit de metingen (zie meetrapport hoofdstuk 6) blijkt dat de overdrachtsfactor van maaiveld tot vloerveld een geringe spreiding vertoont en dat het verschil tussen de panden met houten vloeren en het gerenoveerde pand St. Maartenslaan 6, waarin de houten vloeren zijn vervangen door betonvloeren, relatief gering is.

Voor alle panden ouder dan 40 jaar ten oosten van de Maas wordt de hoogst gevonden waarde van 1,2 gehanteerd.

5.5 BEBOUWING

De maatgevende bebouwing langs het tramtracés geïnventariseerd en samengevat in Tabel 5-2. De gegevens ten aanzien van de ouderdom van de bebouwing is bepaald op basis van uiterlijke kenmerken.

Op basis van dezelfde beoordeling is vastgesteld dat de meeste panden een woonfunctie heeft (hieronder vallen ook gezondheidszorg of hotels), terwijl voor een beperkt aantal panden is vastgesteld dat deze een bedrijfsfunctie hebben.

Voor de bestemming wonen gelden de strengste richtlijnen met betrekking tot trillingshinder.

Locatie	Type bouw	Bestemming	Alignement	Rijsnelheid [km/uur]	Afstand van tram tot bebouwing [m]
Bedrijfspannen Boschstraat 1,5	> 40 jaar	bedrijven	recht	30	5
Boschstraat 23	< 40 jaar	kantoor	bocht r=42 m	20	13
Maasmolendijk 26 ¹⁾	> 40 jaar	bedrijven	recht	40	10
Maasmolendijk 24 ¹⁾	> 40 jaar	bedrijven	recht	40	5
Maasboulevard 1, 5	< 40 jaar	bedrijven	recht	40	5
St. Teunisstraat 2 tot en met 10	< 40 jaar	wonen	recht	30	15
Van Hasseltkade 3 tot en met 19	> 40 jaar	wonen	recht	25	9
Van Hasseltkade 20 tot en met 24	> 40 jaar	wonen	bocht r=30 m	16	10
Wilhelminasingel 1 -9, Maasresidentie	< 40 jaar	wonen	recht	30	11
Wilhelminasingel 39	< 40 jaar	bedrijven	bocht r=31 m	17	10
Wilhelminasingel 41	> 40 jaar	wonen	recht	20	6
St. Maartenslaan 26 tot en met 30	> 40 jaar	bedrijven	recht	30	8
St. Maartenslaan 3 tot en met 29, 4 tot en met 18	< 40 jaar	wonen	recht	30	9
St. Maartenslaan 1 en 2	> 40 jaar	wonen	bocht r=30 m	17	5
Parallelweg 42	> 40 jaar	bedrijven	bocht r=33 m	17	5
Parallelweg 44 en hoger	> 40 jaar	wonen	recht	30	22,5

Tabel 5-2 Beschouwde objecten voor beoordeling trillingshinder.

- 1) Op basis van aanvullende informatie van de Gemeente is aan deze panden de functie “bedrijfsactiviteiten” toegekend.

6

Toets trillingsintensiteit

6.1 SBR-RICHTLIJN TRILLINGEN DEEL B HINDER VOOR PERSONEN IN GEBOUWEN

Voor de toetsing van de geprognoseerde trillingsintensiteiten wordt de SBR-richtlijn "Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen" (SBR-B) gehanteerd, zoals toegelicht in hoofdstuk 2.

Voor de toetsing van de trillingen zijn de $v_{eff,max}$ (maximale effectieve waarde van de momentane trillingsintensiteit) en de v_{per} (kwadratisch gemiddelde van de effectieve waarde van de maxima) van belang. De maximale waarde van de $v_{eff,max}$ en de v_{per} zijn bekend, dit is namelijk de A2- en de A3-waarde uit richtlijn SBR-B.

Voor de toetsing van de geprognoseerde trillingen die de toekomstige tram zal gaan veroorzaken is gebruik gemaakt van de toetsingscriteria voor een nieuwe situatie. Voor de bebouwing met een bestemming wonen of gezondheidszorg wordt verschil gemaakt tussen de nachtsituatie en de dag- en avondsituatie. Aangezien gedurende de nacht dezelfde trams zullen gaan rijden als overdag is de nachtsituatie, waarin de piekwaarden lager moeten zijn maatgevend. Hiervoor zijn de volgende streefwaarden van toepassing:

- A1 = 0,1.
- A2 = 0,2.
- A3 = 0,05.

Voor kantoorpanden, bedrijfspanden en bijeenkomstruimten zijn de volgende streefwaarden van toepassing voor zowel de dag-, de avond- als de nachtsituatie van toepassing:

- A1 = 0,15.
- A2 = 0,6.
- A3 = 0,07.

6.2 TOETS PROGNOSE TRILLINGSNIVEAUS

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekende trillingsintensiteit $v_{eff,max}$ en v_{per} weergegeven, die zijn berekend op basis van de gemiddelde waarde van de bronsterkte.

Locatie	$v_{eff,max}$	$v_{per,dag}$	$v_{per,nacht}$	Toets in dagperiode	Maatgevend in dagperiode	Toets in nachtperiode	Maatgevend in nachtperiode
Bedrijfspanen Boschstraat 1,5	0,3	0,05	0,04	toelaatbaar		toelaatbaar	
Boschstraat 23	0,1	0,02	0,01	toelaatbaar		toelaatbaar	
Maasmolendijk 26	0,3	0,06	0,05	toelaatbaar		toelaatbaar	
Maasmolendijk 24	0,4	0,08	0,06	toelaatbaar		toelaatbaar	
Maasboulevard 1, 5	0,2	0,03	0,02	toelaatbaar		toelaatbaar	
St. Teunisstraat 2 tot en met 10	0,1	0,01	0,01	toelaatbaar		toelaatbaar	
Van Hasselkade 3 tot en met 19	0,2	0,04	0,03	toelaatbaar		toelaatbaar	
Van Hasselkade 20 tot en met 24	0,3	0,05	0,04	toelaatbaar		maatregelen toepassen	$v_{max} > 0,2$
Wilhelminasingel 1 -9, Maasresidentie	0,1	0,02	0,01	toelaatbaar		toelaatbaar	
Wilhelminasingel 39	0,1	0,02	0,02	toelaatbaar		toelaatbaar	
Wilhelminasingel 41	0,1	0,02	0,01	toelaatbaar		toelaatbaar	
St. Maartenslaan 26 tot en met 30	0,1	0,02	0,01	toelaatbaar		toelaatbaar	
St. Maartenslaan 3 tot en met 29, 4 tot en met 18	0,1	0,02	0,01	toelaatbaar		toelaatbaar	
St. Maartenslaan 1 en 2	0,1	0,03	0,02	toelaatbaar		toelaatbaar	
Parallelweg 42	0,1	0,03	0,02	toelaatbaar		toelaatbaar	
Parallelweg 44 en hoger	0,1	0,01	0,01	toelaatbaar		toelaatbaar	

Tabel 6-1 Toetsing aan streefwaarden op basis van gemiddelde bronsterkte.

De v_{per} is afhankelijk van de treinfrequentie en dus voor dag – en nachtperiode verschillend. De waarden zijn daarom voor dag- en nachtperiode vermeld. Tevens zijn in de tabel de resultaten van de toetsing aan de streefwaarden (zie Tabel 2-2) weergegeven.

Uit de tabel blijkt dat er in de dagperiode geen overschrijdingen optreden en in de nachtperiode op één locatie, van Hasseltkade 20-21 een overschrijding van de streefwaarde A₂ optreedt door de maximale effectieve waarde van de trillingsintensiteit $v_{\text{eff,max}}$.

Locatie	v_{eff}			Toets dagperiode	Maat- gevend in dagperiode	Toets nachtperiode	Maatgevend in nachtperiode
	max	$v_{\text{per,dag}}$	$v_{\text{per,nacht}}$				
Bedrijfspannen				maatregelen		maatregelen	
Boschstraat 1,5	0,7	0,13	0,10	toepassen	$v_{\text{per}} > 0,07$	toepassen	$v_{\text{per}} > 0,07$
Boschstraat 23	0,2	0,04	0,03	toelaatbaar		toelaatbaar	
Maasmolendijk 26	0,9	0,16	0,12	maatregelen toepassen	$v_{\text{per}} > 0,07$	maatregelen toepassen	$v_{\text{per}} > 0,07$
Maasmolendijk 24	1,1	0,20	0,15	maatregelen toepassen	$v_{\text{per}} > 0,07$	maatregelen toepassen	$v_{\text{per}} > 0,07$
Maasboulevard 1, 5	0,4	0,07	0,05	toelaatbaar		toelaatbaar	
St. Teunisstraat 2 tot en met 10	0,2	0,03	0,02	toelaatbaar		toelaatbaar	
Van Hasseltkade 3 tot en met 19	0,5	0,09	0,07	maatregelen toepassen	$v_{\text{per}} > 0,05$	maatregelen toepassen	$v_{\text{max}} > 0,2$
Van Hasseltkade 20 t/m 24	0,6	0,11	0,08	maatregelen toepassen	$v_{\text{per}} > 0,05$	maatregelen toepassen	$v_{\text{max}} > 0,2$
Wilhelminasingel 1 -9, Maasresidentie	0,2	0,04	0,03	toelaatbaar		toelaatbaar	
Wilhelminasingel 39	0,3	0,05	0,04	toelaatbaar		toelaatbaar	
Wilhelminasingel 41	0,2	0,04	0,03	toelaatbaar		toelaatbaar	
St. Maartenslaan 26 tot en met 30	0,2	0,03	0,02	toelaatbaar		toelaatbaar	
St. Maartenslaan 3 tot en met 29, 4 tot en met 18	0,2	0,03	0,02	toelaatbaar		toelaatbaar	
St. Maartenslaan 1 en 2	0,3	0,06	0,04	maatregelen toepassen	$v_{\text{per}} > 0,05$	maatregelen toepassen	$v_{\text{max}} > 0,2$
Parallelweg 42	0,3	0,06	0,04	toelaatbaar		toelaatbaar	
Parallelweg 44 en hoger	0,1	0,02	0,02	toelaatbaar		toelaatbaar	

Tabel 6-2 Toetsing aan streefwaarden op basis van 95% bronsterkte.

In Tabel 6-2 zijn, met als uitgangspunt de 95% bronsterkte, op dezelfde wijze de berekende trillingsintensiteiten en de toetsing voor de dag- en nachtperiode gepresenteerd.

Uit de tabel blijkt dat op basis van de 95% waarde van de bronsterkte op zes locaties in de dagperiode niet wordt voldaan aan de streefwaarden, waarbij de overschrijding van de v_{per} het grootst is.

In de nachtperiode, waarin de v_{per} afneemt als gevolg van een lagere frequentie van de trampassages, vindt op dezelfde locaties een overschrijding plaats van de streefwaarden, waarbij in drie gevallen de

$v_{\text{eff,max}}$ maatgevend wordt. Dit is een gevolg van de lagere A2-waarde in de nacht voor de gebouwfunctie wonen.

De SBR-richtlijn gaat uit van een statistische analyse van gemeten trillingen waarbij de maximale trillingssterkte v_{max} de 95% bovengrenswaarde is, die behoort bij de 95% bronsterkte.

In dit geval wordt uitgegaan van geprognosticeerde waarden en niet van waarden die met een meetreeks op locatie zijn bepaald. In de prognose is dezelfde benadering gevolgd als voor metingen door de optredende trillingsniveaus in de panden te bepalen die behoren bij de 95% waarde van de bronsterkte, zoals deze is afgeleid uit de metingen in Den Haag.

Daarnaast is voor de overdracht vanuit de ondergrond naar de woningen, voor de oudere woningen gerekend met de grootste overdrachtscoëfficiënt die per deelgebied is bepaald. Dat betekent dat er voor de overdracht een conservatieve benadering in de prognose is gevolgd.

Voor de gemiddelde effectieve trillingsintensiteit v_{per} geldt dat deze volgens de SBR-methodiek uit metingen moet worden afgeleid door het kwadratische gemiddelde van de maximale meetwaarden in de meetperiode te bepalen. Dat betekent dat deze waarde, mits gebaseerd op metingen, geen statistische bovengrenswaarde voorstelt, maar een uitgemiddelde verwachtingswaarde.

Deze benadering komt het beste overeen met de prognose-bepaling van de v_{per} -waarden op basis van de 50% waarde van de bronsterkte ("de gemiddelde waarde").

Bij deze benadering wordt echter geen rekening gehouden met de ruimtelijke variatie in de bronterm als gevolg van onderlinge verschillen in spoorligging en andere kleine locatie specifieke afwijkingen. Dit is niet erg realistisch, zoals ook blijkt bij vergelijking van metingen op ogenschijnlijk gelijke spoor situaties in Den Haag.

Om die reden wordt ook voor de beoordeling van de gemiddelde effectieve trillingsintensiteit v_{per} gerekend met de 95% bronsterkte.

Ter bepaling van de benodigde maatregelen is in Tabel 6-3 voor de locaties met overschrijding (95% bronsterkte) van de streefwaarden de vergelijking van berekende waarden van v_{max} en v_{per} nader geïllustreerd.

In de tabel zijn de berekende waarden die tot een overschrijding leiden vet en cursief weergegeven.

Zoals weergegeven in de tabel dienen er om te voldoen aan de streefwaarden maatregelen getroffen te worden waarmee een reductie variërend van 39 tot 67% moet worden gerealiseerd.

Locatie	V max [-]	A2-dag	Vmax/A2dag	A3-dag	Vper dag [-]	Vper/A3 dag	A2 nacht	Vmax/A2 nacht	A3-nacht	Vper nacht [-]	Vper/A3 nacht	Max overschrijder	Benodigde reductie van V0 %
Bedrijfs- panden Boschstraat 1,5	0,7	0,6	1,2	0,07	0,13	1,9	0,6	1,2	0,07	0,10	1,4	vper dag	48
Maasmolendijk 26	0,9	0,6	1,5	0,07	0,16	2,3	0,6	1,5	0,07	0,12	1,7	vper dag	56
Maasmolendijk 24	1,1	0,6	1,8	0,07	0,21	3,0	0,6	1,8	0,07	0,15	2,1	vper dag	67
Van Hasseltkade 3 tot en met 19	0,5	0,4	1,2	0,05	0,09	1,8	0,2	2,4	0,05	0,07	1,3	vmax nacht	59
Van Hasseltkade 20 tot en met 24	0,6	0,4	1,5	0,05	0,11	2,2	0,2	3,0	0,05	0,08	1,7	vmax nacht	67
St. Maartenslaan 1 en 2	0,3	0,4	0,8	0,05	0,06	1,2	0,2	1,7	0,05	0,05	0,9	vmax nacht	40

Tabel 6-3 Overzicht overschrijding streefwaarden en vereiste reductie.

7

Laagfrequent geluid

Naast hinder als gevolg van voelbare trillingen in de bebouwing kunnen de optredende trillingen in hetzelfde frequentiedomein (van trillingen tot 250 Hz) leiden tot hoorbare hinder in de vorm van laagfrequent geluid.

Dit aan de trillingsproblematiek gekoppelde fenomeen van laagfrequent geluid is op basis van de meetresultaten op locatie in Maastricht en de metingen bij trams in Den Haag nader geanalyseerd voor de panden waaraan in Maastricht gemeten is.

De beoordeling van hinder door laagfrequent geluid vindt plaats conform de methodiek-De Ruiter. Bij de gehanteerde aanpak is het geluidsdrukkniveau op de fundering bepaald aan de hand van het trillingsniveau op de fundering. Vervolgens is middels een kamerfactor het geluidsdrukkniveau in het gebouw bepaald. De gehanteerde methodiek vertoont hiermee een sterke gelijkenis met de aanpak voor trillingen.

De grenswaarden zoals gehanteerd in de methodiek De Ruiter zijn weergegeven in Tabel 6-4.

Frequentie(bereik)	L_{Lmax} per octaafband (dB)				L_{Amax} (dB(A))
	16 Hz	31.5 Hz	63.5 Hz	125 Hz	10 – 250 Hz
Grenswaarde	80	68	55	45	35

Tabel 6-4 Grenswaarden Laagfrequent Geluid volgens methodiek De Ruiter.

Voor een nadere toelichting op de aanpak wordt verwezen naar Bijlage 3, waarin ook de kwantificering van de geluidsniveaus is uitgewerkt.

Uit de predictie (zie Bijlage 3, tabel 2) blijkt dat op alle meetlocaties, uitgezonderd St. Maartenslaan 29, een overschrijding van het beoordelingskader voor laagfrequent geluid wordt verwacht, zodat maatregelen noodzakelijk zijn.

Vervolgens is voor de locaties waar een overschrijding is vastgesteld een hernieuwde predictie gemaakt waarbij het effect van een constructie met elastische matten onder de spoorconstructie is beschouwd.

De predictie voor deze situatie is samengevat in Tabel 6-5.

In deze tabel is per gemeten locatie de berekende geluidsdrukkniveau voor de octaafbanden van 16, 31.5, 63.5 en 125 Hz bepaald (kolommen 2 tot en met 4), alsook het totale, energetisch gesommeerde en A-gewogen geluidsdrukkniveau voor het frequentiebereik van 10 tot 250 Hz (kolom 5).

Locatie	LLmax per octaafband (dB)				LAmx (dB(A))
	16 Hz	31.5 Hz	63.5 Hz	125 Hz	10 – 250 Hz
St. Maartenslaan 2	63	58	32	42	38
St. Maartenslaan 6 (beneden)	57	54	37	20	20
St. Maartenslaan 6 (boven)	66	68	43	39	36
Van Hasseltkade 9	68	55	35	26	18
Van Hasseltkade 10	66	61	38	32	24
Van Hasseltkade 12	46	54	31	28	19

Tabel 6-5 Predictie laagfrequent geluid bij toepassing elastische matten onder de spoorconstructie.

Uit de vergelijking van de waarden in Tabel 6-5 met de grenswaarden in Tabel 6-4 blijkt dat het gesommeerde en gewogen gemiddelde geluidsdrukkniveau (uitgedrukt in dB(A)) op de locaties St. Maartenslaan 2 en 6 nog steeds boven de streefwaarde van 35 dB(A) ligt. Dit betekent dat vanuit de optiek van laagfrequent geluid hier zwaardere maatregelen noodzakelijk zijn. In hoofdstuk 8 wordt hier nader op ingegaan.

8

Mitigerende maatregelen

8.1 BESCHRIJVING VAN MOGELIJKE MAATREGELLEN

Wanneer trillingen, hetzij voelbaar of hoorbaar, hinder veroorzaken kunnen er maatregelen worden getroffen de trillingen te dempen tot een niveau dat deze niet meer worden waargenomen. Het dempen van de trillingen kan op drie plaatsen in het systeem:

- Ter plaatse van de bron.
- In het gebied tussen de sporen en de bebouwing.
- Aan de bebouwing.

Onderstaand wordt een korte toelichting gegeven op de trillingsdempende maatregelen.

Maatregelen aan de bron

In het voorliggende geval betreft de bron de tram op het spoor. Zowel aan de tram, door de keuze van een licht voertuig, naar analogie van de Regio Citadis, als aan het spoor worden dan maatregelen getroffen.

Hierbij kan aan de volgende maatregelen worden gedacht:

- Aanbrengen trillingsdempende matten onder de spoorconstructie.
- Aanpassen spoorconstructie door aanbrengen betonnen plaat onder het spoor.
- Toepassen van een 'Floating-slab' constructie.

De bovengenoemde maatregelen zijn allen goed toepasbaar.

Met (een combinatie van) de bovengenoemde oplossingen kan de trillingsintensiteit voldoende worden verlaagd om wel aan de SBR-richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen te voldoen. Ook zijn de maatregelen toepasbaar ter voorkoming van hinder door laagfrequent geluid.

Maatregelen tussen bron en gebouw

Wanneer trillingen aan de bron niet voldoende kunnen worden gedempt kan ook worden gezocht naar een trillingsdempende oplossing tussen de bron en het gebouw in. In het algemeen zijn de volgende maatregelen hiervoor toepasbaar:

- Trillingsdempend scherm.
- Sloot.

In de stedelijke omgeving, met aanwezigheid van veel kabels en leidingen in de ondergrond, is er langs de sporen van de tram waarschijnlijk geen tot weinig ruimte beschikbaar om maatregelen in de vorm van een scherm nabij de bron structureel toe te passen.

Deze maatregel kan in principe ook ter plaatse van de woning worden toegepast. De effectiviteit van de maatregel wordt echter op lange termijn bepaald door de duurzaamheid van de voorziening. Met name bij woningen kan beschadiging door werkzaamheden als aanleg kabels en leidingen en andere graafwerkzaamheden gemakkelijk optreden. Om deze reden wordt deze maatregel niet als duurzaam beschouwd.

Maatregelen aan gebouw

Aan een pand kunnen trillingsdempende maatregelen worden getroffen. De volgende mogelijkheden kunnen hiervoor een oplossing vormen:

- Verstijven van vloeren (met name houten vloeren).
- Trillingsdempende constructie aanbrengen tussen vloer en fundering.

Bij de metingen in Maastricht zijn in de St. Maartenslaan 2 metingen uitgevoerd in panden met houten vloeren (St. Maartenslaan 2 en 29) en in één woning (St. Maartenslaan 6) met betonnen vloeren.

Uit de metingen (zie tabel 3 in bijlage 2) is afgeleid dat de overdrachtsfactor van het pand met betonnen vloer in de orde 10-25% gunstiger is in vergelijking tot de overdrachtsfactor van de nabijgelegen panden met houten vloeren.

Het aanbrengen van een trillingsdempende constructie in de bebouwing is bij bestaande bebouwing een dure en lastige maatregel. Daarnaast brengt realisatie van een dergelijke constructie overlast voor de bewoners of gebruikers met zich mee. Toepassing van bovengenoemde maatregel vereist een individuele benadering van elk pand op technische haalbaarheid en uitvoeringstechnische mogelijkheden.

Deze maatregel wordt gezien de complexiteit van ontwerp en de hinder bij realisatie niet als een geschikte maatregel beschouwd.

8.2 MAATREGELEN ANALYSE VOOR TRILLINGSHINDER

In hoofdstuk 6.2 is bepaald dat om hinderbeleving door trillingen in de bebouwing te voorkomen op enkele locaties een trillingsreductie noodzakelijk is ,waarbij reducties variërend van 40 tot 67% vereist zijn.

Door Glickman² worden de volgende kentallen aan maatregelen toegekend.

Maatregel	Trillingsreductie (dB)
Elastische bevestiging	4-8
Betonnen plaat met elastomeer laag	6-12
Floating slab	15-18

Tabel 8-1 Overzicht effectiviteit maatregelen ter reductie van trillingsniveaus bron.

De bandbreedte die door Glickman wordt aangegeven heeft betrekking op de variatie in de praktijkervaringen. Gezien deze onzekerheid wordt uitgegaan van de lage reductiewaarden zoals vermeld in de tabel.

De eenheid dB is hierbij een eenheid waarmee trillingsniveaus naar een logaritmische schaal worden geconverteerd. Een reductie van 6dB komt overeen met een halvering van de trillingsniveaus (dat wil zeggen een reductie van de niveaus tot 50%). Een reductie van 18 dB resulteert overeenkomstig in een afname tot $0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 100 = 12,5$ % van de oorspronkelijke niveaus.

² Glickman, G..M. The benefits and Limitations of Floatings Slab Track for Controlling Groundborne Noise and Vibration, APTA Railconference 2012

Voor de locaties Maasmolendijk en Van Hasseltlaan is een reductie van de trillingsniveaus van meer dan 50% vereist. Dit betekent dat ten behoeve van de beperking van voelbare trillingshinder op deze locaties een floating slab constructie noodzakelijk is (er is dus meer dan 6 dB reductie vereist, zie Tabel 8-1).

Voor de locaties Boschstraat en St Maartenslaan is een reductie met minder dan 50% vereist waardoor voor de vermindering van de voelbare trillingshinder een betonnen plaat toepasbaar is.

In onderstaande tabel zijn de benodigde maatregelen langs het tracé samen gevat

Locatie	Voorgestelde maatregel	Lengte van maatregel
Bedrijfspannen Boschstraat 1,5	Spoor op betonnen plaat	100 m
Maasmolendijk 24, 26	Floating slab	75 m
Van Hasseltkade 3 tot en met 19 en 20 tot en met 24	Floating slab	250 m
St. Maartenslaan 1, 2 en 6	Spoor op betonnen plaat	25 m

Tabel 8-2 Overzicht van benodigde maatregelen trillingshinder.

8.3 MAATREGELEN ANALYSE VOOR LAAGFREQUENT GELUID

Om het laagfrequente geluid te reduceren zijn diverse maatregelen mogelijk, waarvan het principe is beschreven in hoofdstuk 8.1.

Voorbeelden zijn een lichte maatregel als een super-elastische railbevestiging, een middel zware maatregel als elastische matten of zware maatregel als een floating slab. Superelastische railbevestigingen reduceren vanaf 40 Hz in de range van 4 tot 8 dB³. Met een constructie van elastische matten onder de spoorconstructie kan vanaf 20 Hz een reductie van 6 tot 12 dB worden behaald. Een floating slab track is de meest ingrijpende maatregel die aan de bron kan worden getroffen en reduceert het laagfrequent geluid tot 15 à 25 dB vanaf 8 Hz.

In Tabel 6-5 is voor een constructie met elastische matten onder de spoorconstructie een predictie gemaakt van het resterende laag frequent geluid. De resterende overschrijdingen van de grenswaarden zijn hierin vet en cursief gemarkeerd.

Uit de tabel blijkt dat het gesommeerde en gewogen gemiddelde geluidsdruk niveau (uitgedrukt in dB(A)) op de locaties St Maartenslaan 2 en 6(boven) nog steeds boven de streefwaarde van 35 dB(A) ligt.

Voor deze locatie is een zware maatregel voor het mitigeren van laagfrequent geluid dus noodzakelijk. Dit betekent in dit geval dat het toepassen van een floating slab constructie wenselijk is. De beoordeelde panden zijn representatief voor de panden St Maartenslaan 2 t/m 18 (even)

De panden van Hasseltkade 9,10 en 12 zijn representatief voor de panden van Hasseltkade 5 t/m 19A

In Tabel 8-3 zijn de benodigde maatregelen voor laagfrequent geluid samengevat.

Locatie	Voorgestelde maatregel	Lengte van maatregel
Van Hasseltkade 5 tot en met 19	Elastische matten onder spoorconstructie	150 m
St. Maartenslaan 2 -6	Floating slab	75 m

Tabel 8-3 Overzicht van benodigde maatregelen laagfrequent geluid.

^{3,3} Zie onder andere G.M. Glickman, The Benefits and Limitations of Floating Slab Track for Controlling Groundborne Noise and Vibration, APTA 2012 Rail Conference.

8.4 NOODZAKELIJKE MITIGERENDE MAATREGELEN

In hoofdstuk 8.2 en 8.3 zijn de mitigerende maatregelen uitgewerkt die afzonderlijk voor trillingshinder en laagfrequent geluid noodzakelijk zijn.

Om voor beide fenomenen te voldoen aan het beoogde reductieniveau is per locatie door onderlinge vergelijking van de maatregelen de zwaarste maatregel vastgesteld. Anders gezegd is de maatregel die tot de grootste reductie leidt bepalend.

Op de locatie (van Hasseltkade 3 tot en met 24) is een zwaardere maatregel vanuit het aspect trillingshinder vereist dan voor het aspect laagfrequent geluid. Op de andere locatie waar de maatregelen elkaar overlappen (St. Maartenslaan) is de noodzaak om laagfrequent geluid te mitigeren dominant en bepaalt de maatregel..

In onderstaande Tabel 8-4 zijn de noodzakelijke maatregelen samengevoegd tot een set maatregelen.

Locatie	Voorgestelde maatregel	Lengte van maatregel
Bedrijfspannen Boschstraat 1,5	Spoor op betonnen plaat	100 m
Maasmolendijk 24,26	Floating slab	75 m
Van Hasseltkade 3 tot en met 19 en 20 tot en met 24	Floating slab	250 m
St. Maartenslaan 1, 2 en 6	Floating slab	75 m

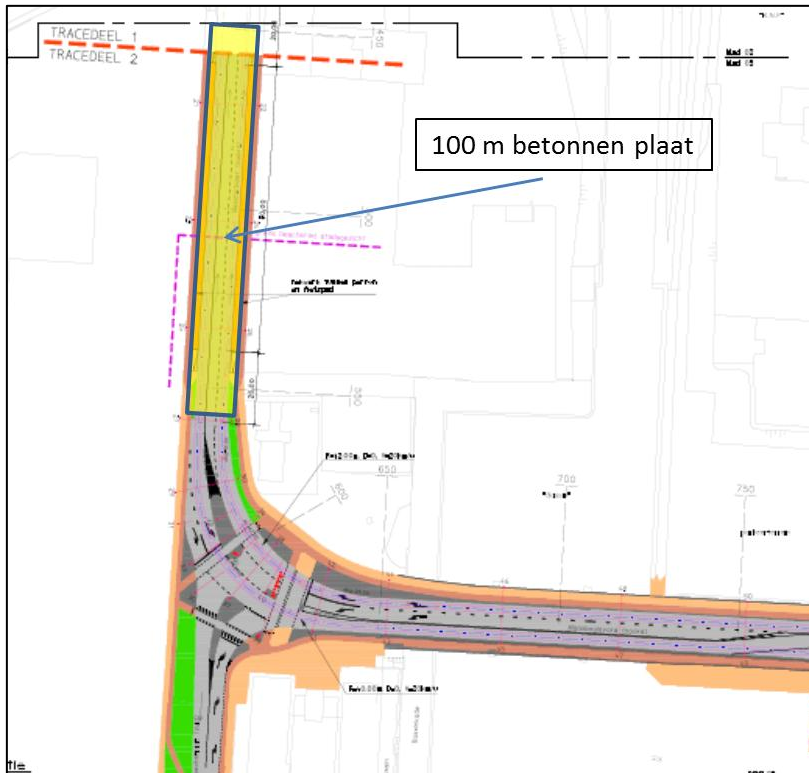
Tabel 8-4 Overzicht van benodigde maatregelen trillingshinder en laagfrequent geluid.

De locaties waar maatregelen toegepast moeten worden zijn weergegeven in de figuren 3 tot en met 6. Hierin is schematisch het gebied aangegeven waar de maatregel moet worden toegepast.

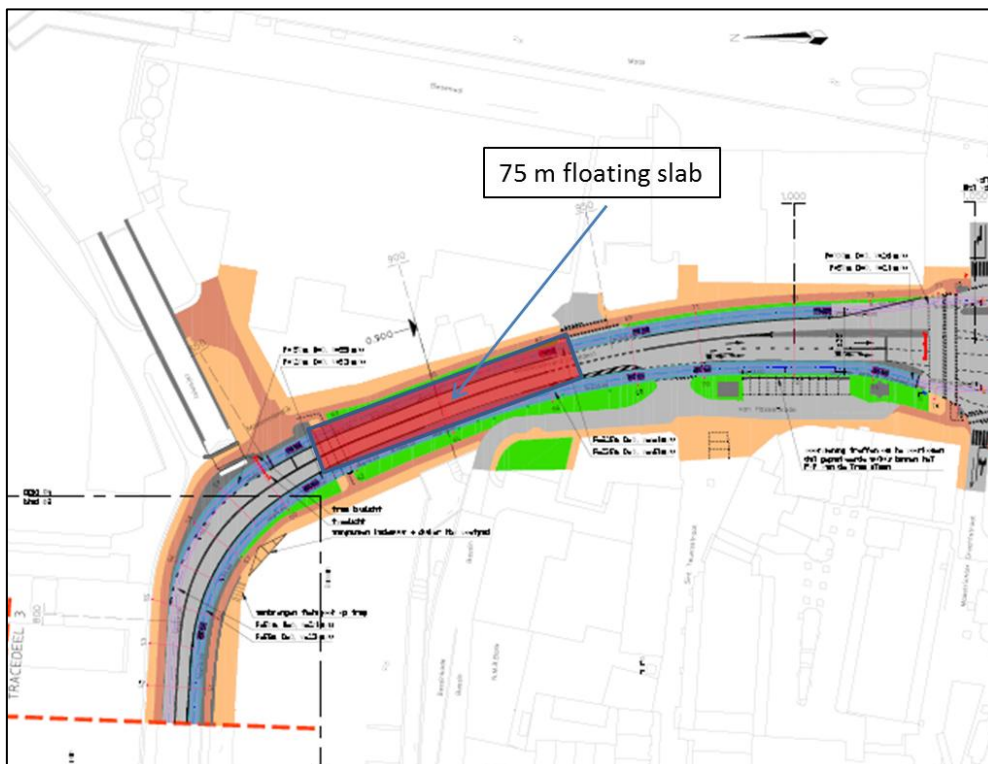
In de ontwerpfase dient de constructie nader te worden uitgewerkt in samenhang met de uitwerking van de gehele spoorconstructie. Door de juiste afstemming van het spoor met de onderliggende componenten kan een optimaal resultaat gehaald worden.

Per situatie dienen de verschillende mogelijkheden van een te kiezen constructie te worden doorgerekend en worden vergeleken met de standaard constructie.

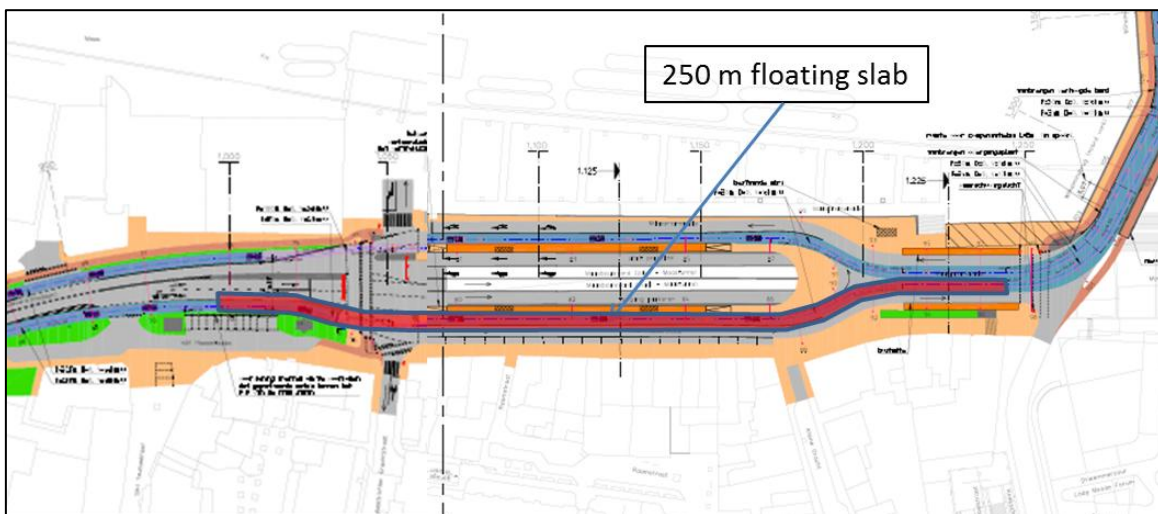
Voor deze laatste wordt uitgegaan van een constructie die vergelijkbaar is met de spoorconstructie in Den Haag (spoorondersteuning door kleine betonpoertjes op gestabiliseerd zand).



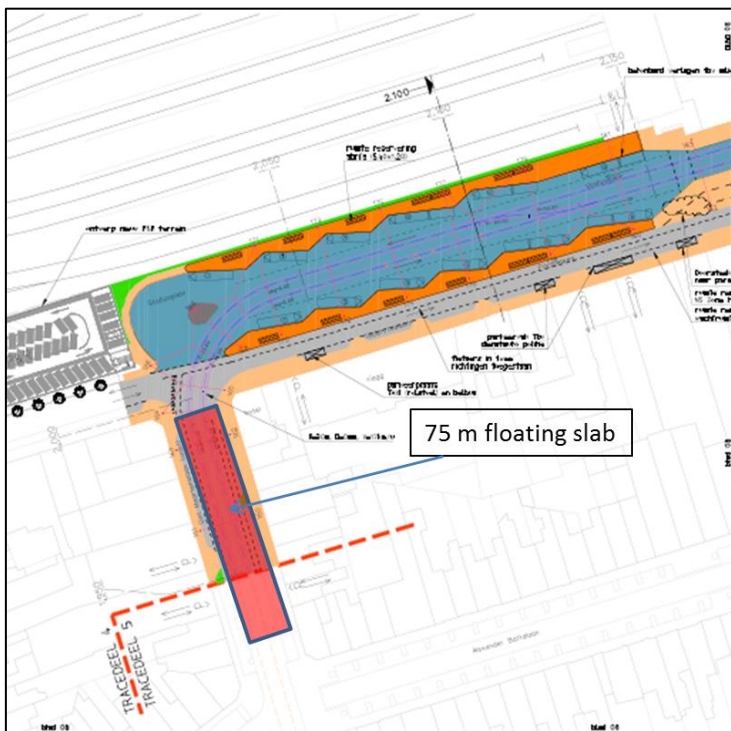
Figuur 4 Situatie Boschstraat met trillingsbeperkende maatregel.



Figuur 5 Situatie Maasmolendijk met trillingsbeperkende maatregel.



Figuur 6 Situatie Van Hasseltkade met trillingsbeperkende maatregel.



Figuur 7 Situatie St. Maartenslaan met trillingsbeperkende maatregel.

Bijlage 1

SBR-Richtlijn Trillingen deel B Hinder voor personen in gebouwen

Richtlijn Trillingen

Voor de beoordeling van trillingen wordt gebruik gemaakt van SBR-richtlijn deel A, B en C:

1. In de SBR-richtlijn deel A, schade aan gebouwen, worden criteria/grenswaarden van maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om schade aan gebouwen te voorkomen.
1. SBR-richtlijn deel B, hinder voor personen, definieert grenswaarden voor trillingen voor hinder voor personen.
2. SBR-richtlijn deel C, storing aan apparatuur, worden grenswaarden voor maximaal toelaatbare trillingen weergegeven om storingen aan apparatuur te voorkomen.

SBR-Richtlijn Trillingen deel A (schade aan gebouwen)

In de SBR-richtlijn deel A, schade aan gebouwen, worden afhankelijk van het type gebouw, de bouwkundige staat, het type trillingsbron en het type trillingsmeting grenswaarden voor trillingsniveaus genoemd, om schade aan de bebouwing ten gevolge van trillingen te voorkomen. Gezien de mogelijke trillingsniveaus ten gevolge van de verkeerstrillingen door spoorverkeer en de geconstateerde afstanden, wordt schade, aan in goede staat verkerende gebouwen of onderdelen van gebouwen, niet verwacht.

Daarom wordt in het kader van dit rapport alleen ingegaan op gebouwen die onder categorie 3 vallen volgens de SBR deel A. Dit zijn in slechte staat verkerende gebouwen (onderdelen) uit metselwerk of monumentale gebouwen.

Voor de beoordeling van de trillingen in gebouwen (een monumentaal of een in slechte staat verkerend gebouw) wordt van de volgende toelaatbare trillingsniveaus (rekenwaarde) uitgegaan:

$v_{max, deel A} = 1,5 \text{ à } 1,8 \text{ mm/s}$. Bij de genoemde grenswaarden is rekening gehouden met:

- Een partiële factor voor een indicatieve meting, die in het geval van een predictie gehanteerd kan worden.
- Een partiële factor voor herhaald kortdurende trillingen.
- De dominante frequentie van de trillingen in de grond tussen 10 Hz tot 36 Hz.

SBR-Richtlijn Trillingen deel B (hinder voor personen in gebouwen)

De SBR-richtlijn deel B geeft streefwaarden voor trillingshinder voor personen in gebouwen. Deze streefwaarden kunnen in drie categorieën worden opgesplitst, namelijk:

Categorie	
Wonen	Woonhuizen, gezondheidszorggebouwen.
Werken	Kantoor-, onderwijs- en bijeenkomstgebouwen.
Kritische werkruimte	Bepaalde ruimten in laboratoria, operatiekamers, studiezalen.

Tabel B1-1, beoordeling categorieën trillingshinder.

De SBR-Richtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen) geeft drie verschillende streefwaarden A_1 , A_2 en A_3 voor trillingen per categorie op.

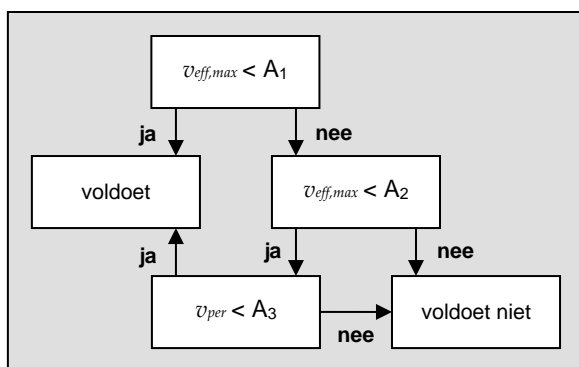
Tijdens gebruik moet worden voldaan aan streefwaarde A_1 of een combinatie van A_2 en A_3 , waarbij A_1 de onderste streefwaarde, A_2 de bovenste streefwaarde en A_3 de gemiddelde streefwaarde over een bepaalde periode is.

Het volgende stroomschema geeft een overzicht van de beoordelingsprocedure van de trillingssterkte op basis van streefwaarden.

A_1 en A_2 wordt op basis van trillingssterkte $v_{eff,max}$ beoordeeld en A_3 op basis van v_{per} .

Hierbij is $v_{eff,max}$ de 95%-overschrijdingskans van de trillingssterkte in de beoordelingsperiode.

De v_{per} is de gemiddelde trillingssterkte over de beoordelingsperiode en als zodanig een functie van de effectieve waarde van de trilling, de tijdsduur dat een trillingsbron in bedrijf is en de totale tijdsduur van de beoordelingsperiode.



In de twee navolgende weergegeven tabellen B1-2 en B1-3 staan de te hanteren streefwaarden in verband met herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd, zoals railverkeer, voor een aanpassing van een bestaande situatie en de aanleg van een nieuwe situatie voor de gebouwfuncties wonen/gezondheidszorg en onderwijs/kantoor, weergegeven.

Er wordt bij de streefwaarden onderscheid gemaakt tussen de dag-/avondperiode (7.00 tot 23.00 uur) en de nachtperiode (23.00 tot 7.00 uur). De streefwaarden in een nieuwe situatie zijn twee keer zo streng als in een bestaande situatie.

Gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
Gezondheidszorg	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Wonen	0,1	0,4	0,05	0,1	0,2	0,05
Onderwijs en kantoor	0,15	0,6	0,07	0,15	0,6	0,07

Tabel B1-8-5, Grens- en streefwaarden voor een nieuwe situatie.

Gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A_1	A_2	A_3	A_1	A_2	A_3
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
Onderwijs en kantoor	0,3	1,2	0,15	0,3	1,2	0,15

Tabel B1-3, Grens- en streefwaarden voor een bestaande situatie.

Indien niet aan de streefwaarden wordt voldaan, wordt aan de methode uit de bijlage 5 van de SBR getoetst. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat mensen die nu een huis langs het spoor of de weg hebben niet meer hinder mogen ondervinden in de toekomstige situatie dan in de huidige situatie, een 'stand still'-principe.

De SBR-richtlijn deel B biedt hiervoor een hinderkwalificatie aan in bijlage 5 van deze richtlijn.

Het 'stand still'-principe werkt als volgt. De trillingen die hinder veroorzaken voor personen in de gebouwen langs het spoor zijn ingedeeld in vijf categorieën. Wanneer deze gebouwen, zowel in de oude als in de toekomstige situatie in de gelijke categorie blijven, is er geen sprake van (extra) hinder voor personen. Wanneer de trillingen voor de personen in de gebouwen in de nieuwe situatie, in een andere categorie vallen dan in de oude, is er wel sprake van trillingshinder.

In onderstaande tabel zijn de categorieën van de hinderkwalificatie weergegeven.

$v_{eff,max}$	Hinderkwalificatie
< 0,1	Geen hinder
0,1 – 0,2	Weinig hinder
0,2 – 0,8	Matige hinder
0,8 – 3,2	Hinder
> 3,2	Ernstige hinder

Tabel B1-4, Hinderkwalificatie voor railverkeer volgens bijlage 5 SBR-B.

De bovengrenswaarde voor de kwalificatie "geen hinder" komt overeen met de streefwaarde A_1 voor wonen en gezondheidszorg voor een nieuwe situatie, terwijl de bovengrens van de kwalificatie "weinig hinder" overeenkomt met de streefwaarde A_1 voor wonen en gezondheidszorg voor bestaande situaties. Voor de gebouwfunctie "onderwijs en kantoor" liggen de grenswaarden 50% hoger dan voor de gebouwfuncties "wonen" en "gezondheidszorg".

Dit betekent dat voor deze gebouwfuncties de grenswaarde bij toepassing van het "stand still"-principe voor de categorieën "geen hinder" en "weinig hinder" 1,5 keer de in tabel 3.3 vermelde waarde bedragen.

SBR-richtlijn Trillingen deel C (storing aan apparatuur)

Nabij de spoorlijn staan naast woonhuizen op specifieke locaties ook bedrijfspanden.

Daarmee is de kans aanwezig dat er trillingsgevoelige apparatuur in de omgeving van de spoorbaan aanwezig is.

Daarom dienen de trillingen eveneens op basis van SBR-richtlijn deel C, storing aan apparatuur te worden beoordeeld. Opgemerkt wordt dat in het kader van dit rapport ervan wordt uitgegaan dat dit in wezen computersystemen zijn.

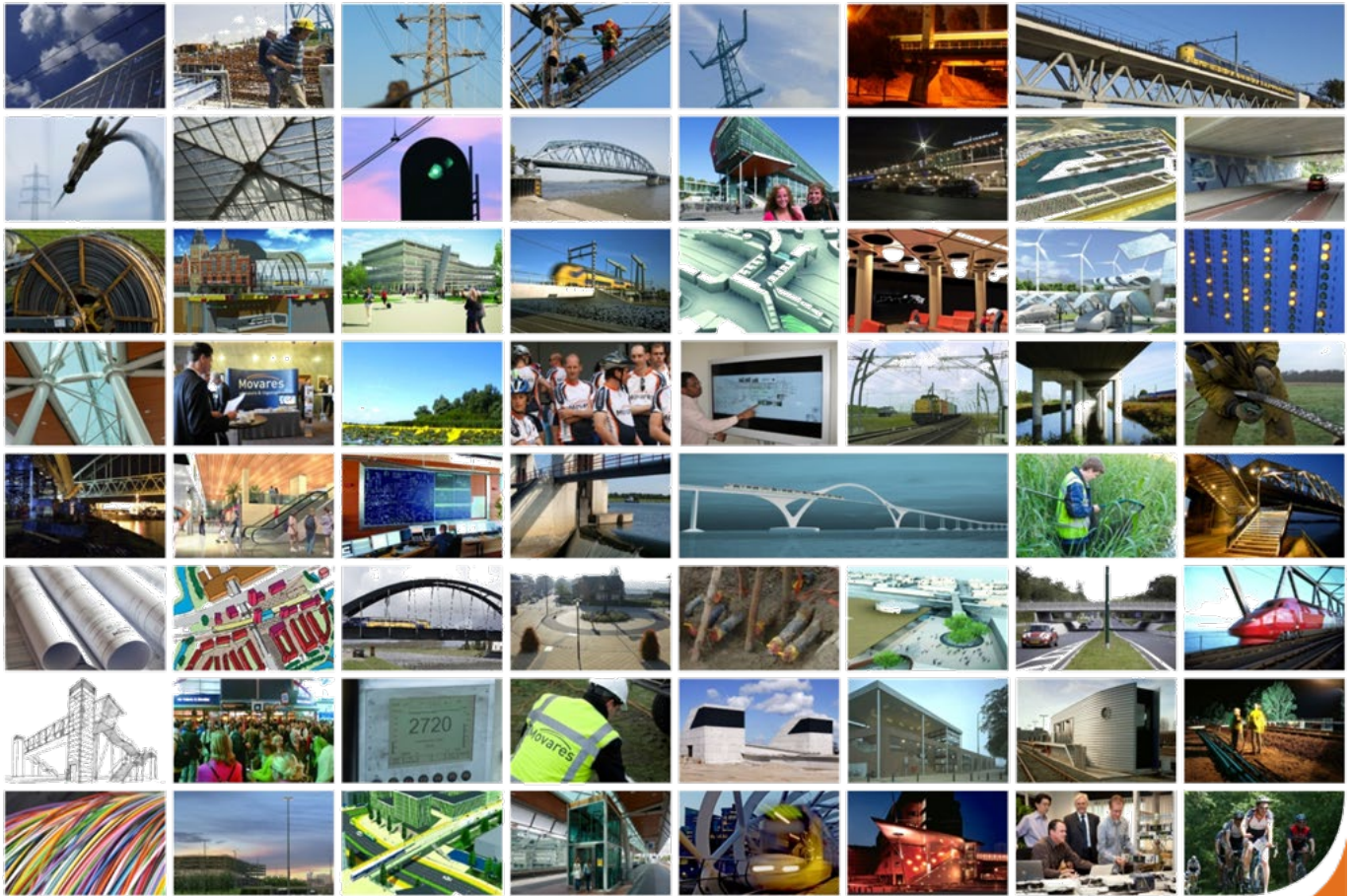
Specifieke trillingsgevoelige apparatuur kan bestaan uit: optische instrumenten, microscopen, et cetera.

Richtlijn deel C kijkt qua karakter af van de twee andere richtlijnen. Dit omdat voor storingen aan apparatuur geen echte "harde" grenswaarden in de richtlijn deel C gedefinieerd zijn.

In het kader van dit rapport worden computersystemen in kantoorgebouwen nader beoordeeld. Daarmee is van de volgende grenswaarden uitgegaan die op de SBR-richtlijn is gebaseerd: v_{max} , deel C = 0,2 mm/s.

Bijlage 2

Meetrapportage MOVARES



Trillingsmetingen in Den Haag en Maastricht

17 september 2014- Versie 0.5

Autorisatieblad

Trillingssterkte van een tram

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	Bouwma		
Controle door	Stuit		
Vrijgave door	Stuit		

Samenvatting

Doelstelling

Ten behoeve van het project Tram Vlaanderen Maastricht (TVM) wordt een tramlijn door Maastricht aangelegd. Deze tram zal op verschillende locaties langs woningen komen te rijden. Afhankelijk van rijsnelheid van de tram, of deze door een bocht rijdt, de afstand vanaf de trambaan en de trillingsgevoeligheid van het gebouw bepaald in hoeverre in de trillingssterkte van de tram de streefwaarden overschrijdt. Het voorliggende rapport bevat de trillingsmetingen die zijn uitgevoerd voor het bepalen van de verschillende parameters voor het bepalen van de trillingssterkte.

Werkwijze

Per parameter die van invloed is voor het bepalen van de trillingssterkte is apart een goed mogelijk situatie gekozen waarop deze parameter kan worden gemeten.

De bronsterkte en de afhankelijkheid van de rijsnelheid is bij een bestaande tramlijn waarop vergelijkbaar materieel rijdt als voorzien voor de TVM gemeten. Op basis van metingen bij passages van Regio Citadis trams in Den Haag zijn de bronkarakteristieken bepaald, die representatief zijn voor het samenspel van tram en spoorconstructie, zoals deze in Maastricht kunnen worden verwacht. Door middel van valproeven is geverifieerd of de bodemeigenschappen van de meetlocaties in Den Haag vergelijkbaar met de bodemeigenschappen in Maastricht.

Voor het effect van (krappe) bogen is bij de tramlijn in Den Haag gemeten wat het verschil is trillingssterkte wanneer een door een bocht rijdt en rechtdoor.

In Maastricht is aanvullend in en bij een aantal panden in Maastricht trillingen gemeten. Hiermee zijn de overdrachtsfactoren voor trillingen die vanuit de ondergrond worden overgebracht in de belendingen bepaald. Met valproefmetingen is verder nog het effect van de ruimtelijke demping van opgewekte trillingen in Maastricht nader geanalyseerd.

Conclusies

Op basis van de resultaten van de bovengenoemde praktijkproeven is het predictiemodel uit januari 2014 verder verfijnd en is een prognose gemaakt van de te verwachten trillingen in de belendingen langs het tracé van de TVM. Hiervoor zijn de parameters v_0 de basistrillingssterkte, C_{snelheid} is de snelheidstoetslag op de basistrillingssterkte, C_{bodem} is de afstandsinvloed, C_{woning} is de toeslag van trillingen op maaiveld naar midden vloerveld op de hoogst bewoonbare verdieping en $C_{\text{correctie}}$ is een correctiefactor voor een verschil in ondergrond tussen Den Haag en Maastricht afgeleid. De waarden voor de factoren zijn samengevat in de onderstaande tabel.

Parameter	Hoofdstuk	Parameter in formule	Waarde	Opmerking
v_0	H2	v_0	0.0308	Gezamenlijke sigma
C_{snelheid}	H3	B	0.034	
C_{bocht}	H4	C_{bocht}	1.74	
C_{bodem}	H5	α en n		Afstandsafhankelijk
C_{woning}	H6	C_{woning}	2.1	Westoever (Van Hasselkade)
			1.0	Oostoever (Sint Maartenslaan)
$C_{\text{correctie}}$	H7	$C_{\text{correctie}}$	1	

Op basis van bovenstaande resultaten van de bovengenoemde praktijkproeven kan het predictiemodel uit januari 2014 worden verfijnd en een prognose gemaakt worden van de te verwachten trillingen in de belendingen langs het tracé van de TVM.

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
1 Inleiding	4
1.1 Aanpak	4
1.2 Rapportopbouw	5
1.3 Eindformule	5
2 Bron	6
2.1 Aanpak	6
2.2 Methode	6
2.3 Resultaten	7
2.4 Eindwaarde	8
3 Snelheidsrelatie	9
3.1 Aanpak	9
3.2 Methode	9
3.3 Resultaten	10
3.4 Eindwaarde	11
4 Bodemfactoren	12
4.1 Aanpak	12
4.2 Methode	12
4.3 Resultaten	13
4.4 Eindwaarde	14
5 Bochttoeslag	15
5.1 Aanpak	15
5.2 Methode	15
5.3 Resultaten	16
5.4 Eindwaarde	16
6 Overdracht woningen	17
6.1 Aanpak	17
6.2 Methode	17
6.3 Resultaten	17
6.4 Eindwaarden	18
7 Bodemparameters Den Haag en Maastricht	19
7.1 Aanpak	19
7.2 Methode	19
7.3 Resultaten	20
7.4 Conclusie	21
Colofon	22
Bijlage 1 – Meetlocaties Den Haag en Maastricht	2

1 Inleiding



Figuur 1 - Tram passeert trillingsensor op de Aaltje Noorderwierstraat

1.1 Aanpak

Een rijdende tram veroorzaakt trillingen in de directe omgeving van het spoor. Trillingen verplaatsen zich door de grond naar onder andere woningen. Personen die zich in de woningen bevinden kunnen deze trillingen als hinderlijk ervaren. Hoe sterker de trillingen, des te groter de overlast. Algemeen geldt dat de trillingssterkte toeneemt wanneer:

- een tram harder rijdt;
- een tram door een bocht gaat;
- een woning dichterbij het spoor staat;
- een woning trillingsgevoelig is.

Voor de beschrijving van de trillingssterkte is een formule opgesteld waarin bovenstaande factoren zijn meegenomen. De formule bevat een beginterm (v_0), een snelheidsinvloed ($C_{snelheid}$), een afstandscoefficiënt ten opzichte van een referentieafstand (C_{bodem}) en een woningoverdracht (C_{woning}).

De parameters van deze factoren zijn zo nauwkeurig mogelijk bepaald door metingen te verrichten in een vergelijkbare situatie. Deze vergelijkbare situatie is onder andere aanwezig bij de RandstadRail-trams in Den Haag. Lijn 3 rijdt door het westen van Den Haag, over een zandgrond die qua gedrag vergelijkbaar is met de bodem in Maastricht. De trams op lijn 3 zijn van het type RegioCitadis, en hebben vergelijkbare eigenschappen als het trammaterieel dat in de toekomst in Maastricht zal gaan rijden.

Wanneer uit de metingen blijkt dat er toch significante verschillen zijn in bodemeigenschappen tussen de metingen in Den Haag en Maastricht, dan wordt de formule uitgebreid met een correctiefactor voor de ondergrond ($C_{correctie}$).

De totale formule staat uitgeschreven in vergelijking 1.

$$v = v_0 \cdot C_{\text{snelheid}} \cdot C_{\text{bocht}} \cdot C_{\text{bodem}} \cdot C_{\text{woning}} \cdot C_{\text{correctie}}$$

$$C_{\text{snelheid}} = e^{B \cdot v_{\text{tram}}}$$

$$C_{\text{bodem}} = \left(\frac{x_0}{x}\right)^n \cdot e^{-\alpha \cdot (x-x_0)}$$

C_{bocht} = factor voor (krappe) bogen

C_{woning} = overdracht maaiveld voor de woning naar verdiepingsvloer

$C_{\text{correctie}}$ = correctiefactor voor verschil Den Haag en Maastricht

v = trillingssterkte in de woning

v_0 = trillingssterkte op referentie afstand x_0

x_0 = referentieafstand tot de bron [m]

x = afstand woning tot de bron [m]

v_{tram} = rijsnelheid van de tram [km/uur]

n = factor voor geometrische spreiding van de trillingen

α = dempingconstante ten gevolge van materiaaldemping van de bodem

Vergelijking 1 – Formule voor de beschrijving van de trillingssterkte van een tram

Het doel van dit rapport is om de verschillende parameters en het betrouwbaarheidsinterval van deze parameters te bepalen om zo een complete formule te krijgen voor de trillingssterkte in een woning in Maastricht.

1.2 Rapportopbouw

De opbouw van dit onderzoek is als volgt: elk hoofdstuk beschrijft een factor uit vergelijking 1. In hoofdstuk 2 wordt de brontrillingssterkte beschreven. In het derde hoofdstuk staat de relatie tussen de trillingssterkte (v) en de tramsnelheid (v_{tram}) beschreven. Hoofdstuk 4 gaat over de afstandsverzwakking, op basis van bodemproeven. Hoofdstuk 5 beschrijft de bochttoeslag, de verhouding van de trillingssterkte in de bocht en doorgaand spoor. De bochttoeslag is 1 voor rechte stukken spoor, maar heeft een waarde groter dan één indien de tram door een bocht gaat. Hoofdstuk 6 gaat over de trillingsgevoeligheid van de woningen. De overdracht tussen maaiveld en de woning is voor zes woningen in het toekomstige plangebied bepaald. Het zevende hoofdstuk geeft een vergelijking van de bodemparameters tussen Maastricht en Den Haag.

1.3 Eindformule

De onderzoeken in Den Haag en Maastricht geven de parameterwaarden zoals ze in Tabel 1 staan.

Tabel 1 – Lijst met formulewaarden

Parameter	Hoofdstuk	Parameter in formule	Waarde	Opmerking
v_0	H2	v_0	0.0308	Gezamenlijke sigma
C_{snelheid}	H3	B	0.034	
C_{bocht}	H4	C_{bocht}	1.74	
C_{bodem}	H5	α en n		Afstandafhankelijk
$C_{\text{woning, west}}$	H6	C_{woning}	2.1	Westoever (Van Hasseltkade)
$C_{\text{woning, oost}}$	H6	C_{woning}	1.0	Oostoever (Sint Maartenslaan)
$C_{\text{correctie}}$	H7	$C_{\text{correctie}}$	1	

2 Bron



Figuur 2 – Tram passeert sensoren (rode cirkels) op de Laan van Meerdervoort

2.1 Aanpak

Een rijdende tram produceert trillingen. De trillingen nemen toe bij bijvoorbeeld een bocht of een hogere tramsnelheid, zie ook paragraaf 1.1. De in paragraaf 1.1 genoemde factoren vormen vermenigvuldigingscorrecties op de basistrillingssterkte op referentieafstand (v_0), zoals in vergelijking 1 staat beschreven. Het doel van dit hoofdstuk is het vaststellen van de waarde van v_0 .

2.2 Methode

Het meten van v_0 als losse parameter is niet mogelijk, omdat deze afhankelijk is van de tramsnelheid, de afstand tot het spoor en de condities van het spoor. Wel is het mogelijk om een waarde van v_0 te bepalen uit het snelheidsverband op een vaste afstand van het tramspoor. Naast dit snelheidsverband zijn de overige toeslagparameters geëlimineerd uit de meting. Door het wegstrepen van de geëlimineerde parameters uit de formule van vergelijking 1, blijft vergelijking 2 over. Uit dit verband wordt v_0 bepaald.

$$v_0 = \frac{v}{e^{B \cdot v_{tram}}} \quad \text{of} \quad v = v_0 \cdot e^{B \cdot v_{tram}}$$

Vergelijking 2 – Formule voor de bepaling van de basistrillingsterkte op de referentieafstand op een recht stuk spoor

Tijdens de metingen aan de rechte stukken worden de verbanden tussen de tramsnelheid en de trillingssterkte zichtbaar. Uit dit verband is een v_0 en een waarde B te bepalen. Door dit te herhalen voor een groot aantal meetpunten kan de waarde van v_0 betrouwbaar worden vastgesteld.

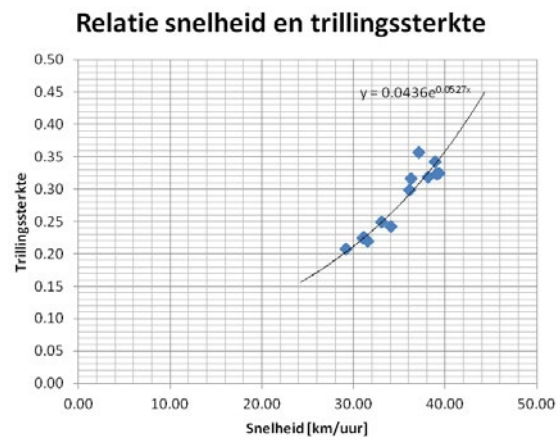
Het meten op de referentieafstand is niet altijd mogelijk door de lokale omstandigheden. Indien is afgeweken van deze referentieafstand, is de waarde van de gemeten trillingsterkte gecorrigeerd voor de afzwakking van de bodem. Hiervoor is gebruik gemaakt van de Barkanformule. De Barkanformule beschrijft de afname van de trillingssterkte met behulp van locatie- en trillingsbronspecifieke parameters.

2.3 Resultaten

De trillingssterkte per rijrichting en per sensor kent steeds een soortgelijke relatie als de exponentiële relatie zoals in Figuur 3, waar een van de locaties als voorbeeld wordt getoond. De trillingssterktes bij deze meetlocatie en rijrichting worden het best beschreven met een formule waarin de basistrillingssterkte en de snelheidsrelatie een getal krijgen, zie vergelijking 3

$$v = 0.0436 \cdot e^{0.0527 \cdot v_{tram}}$$

Vergelijking 3 – Voorbeeldvergelijking voor relatie tussen tramsnelheid en trillingssterkte



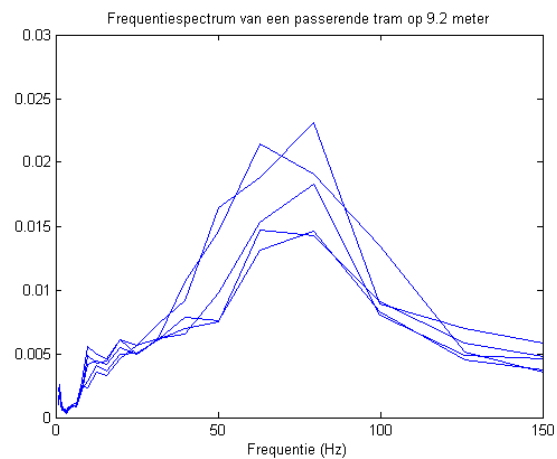
Figuur 3 – Relatie van de tramsnelheid en de trillingsterkte

In de ruwe resultaten van de snelheidsrelaties vertonen trillingswaarden op enkele meetlocaties afwijkend gedrag. Het eerste meetpunt na de halte Mozartlaan op het spoor richting Den Haag CS heeft hogere meetwaarden, omdat recht voor dit meetpunt een las ligt die voor verstoringen zorgt. Het meetpunt ligt op 4.5 meter van het hart van het spoor.

Dit meetpunt is dus een meetpunt dichtbij het spoor en dicht bij een puntbron. De invloed van een las is zeer lokaal, want de volgende sensor in de meetraai staat 10 meter verderop en pikt deze puntbron vrijwel niet op. Dit komt doordat een puntbron (las) anders uitdooft dat een lijnbron (tram doorgaand spoor)¹.

Daarnaast heeft de tram hoogfrequent veel trillingsenergie, ook bij de las. In Figuur 4 is het frequentiespectrum in verticale richting te zien van één tram die langs vijf sensoren rijdt op doorgaand spoor. Duidelijk zichtbaar is dat sommige curves een hoger trillingssignaal geven tussen de 40 en 80 Hz, dit komt door de aanwezigheid van een las. De bodemdemping zorgt ervoor dat dit hoogfrequente signaal niet ver draagt. Bij het omrekenen naar de referentieafstand is rekening gehouden met dit fenomeen. Er is dus gerekend met een frequentieafhankelijke demping van de bodem. Het volledige overzicht van resultaten van v_0 en B staan zowel in dit als in het volgende hoofdstuk.

¹ In het model wordt ervan uitgegaan dat lassen in het spoor aan goede kwaliteitseisen voldoen. In dat geval zorgen lassen niet voor een noemenswaardige toename in trilsnelheid.



Figuur 4 – Frequentiespectrum van een tram op doorgaand spoor op 9.2 meter

2.4 Eindwaarde

De gemiddelde waarde voor v_0 is 0.0308. De waarde voor de standaardafwijking van v_0 is gekoppeld aan de bepaling van de snelheid. De gezamenlijke sigma staat beschreven in paragraaf 3.4.

3 Snelheidsrelatie



Figuur 5 – Tram passeert meetsensor op de Laan van Meerdervoort

Dit hoofdstuk beschrijft de bepaling van $C_{snelheid}$ en een combineerde sigma van v_0 en $C_{snelheid}$.

3.1 Aanpak

Als een tram rijdt veroorzaakt deze trillingen en de bijbehorende trillingssterkte is afhankelijk van de gereden snelheid. Hoe sneller een tram rijdt, des te hoger is de trillingssterkte. Het verband tussen de snelheid en de trillingssterkte laat zich het best beschrijven door een exponentiële functie.

De functie is weergegeven in vergelijking 2. Hierbij is v de trillingssterkte, v_0 de theoretische trillingssterkte bij 0 km/uur. B is de coëfficiënt van de exponent en v_{tram} is de snelheid van de tram in km/uur. Het doel in dit hoofdstuk is de bepaling van de gemiddelde waarde van B en de gezamenlijke sigma van v_0 en B .

3.2 Methode

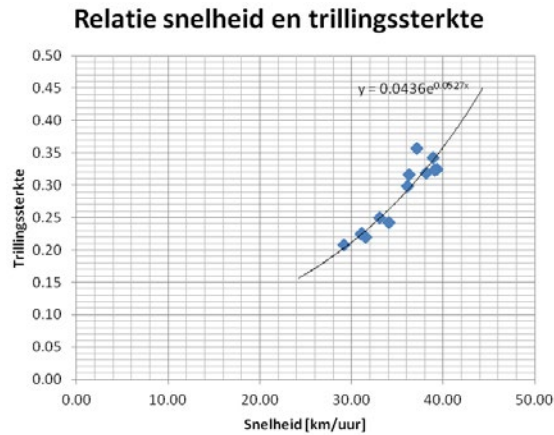
Voor de bepaling van de gemiddelde waarde en de standaardafwijking van v_0 en B zijn vier maaiveldmetingen uitgevoerd aan een stuk rechtdoorgaand spoor. Bij dit type meting is de invloed van bochten en lussen vermeden door voldoende afstand tot deze additionele trillingsbronnen te houden. Bij elke meting zijn meerdere sensoren gebruikt en is de tramsnelheid per trampassage ter hoogte van elke sensor vastgesteld.

De locaties van de metingen bevinden zich op enige afstand van haltes of bochten. De trams accelereren of remmen hier af, waardoor relatief gezien op deze meetlocaties de grootste spreiding is in rijsnelheid. Daardoor ontstaat een verband in een groter snelheidsgebied en kan de snelheidsrelatie nauwkeuriger worden vastgesteld.

Op alle meetlocaties is de sporenlay-out tweesporig. De trams rijden op verschillende afstanden en over verschillende sporen. De (lokale) omstandigheden verschillen en daarom is per rijrichting en per sensor een snelheid-trillingssterktesrelatie vastgesteld. De B -waarde is onafhankelijk van de afstand. De afstand tot het spoor is echter wel van invloed op v_0 . Een punt verder van het spoor af zal minder trillingen ervaren. Daarom zijn de resultaten omgerekend naar 10 meter aan de hand van de Barkan-formule met behulp van bodemparameters. De bodemparameters komen uit de bodemonderzoeken in de buurt van de meetlocaties.

3.3 Resultaten

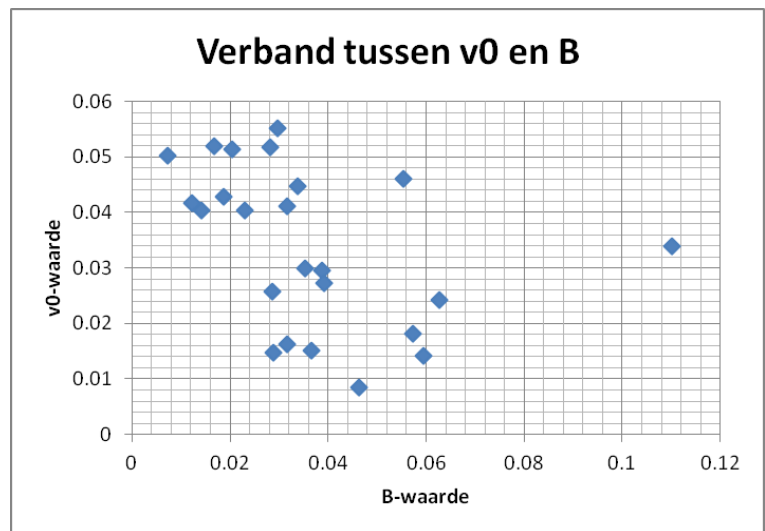
De resultaten bestaan uit twee verwerkingsstappen. De eerste is het bepalen van de exponentiële relatie tussen de snelheid en de trillingssterkte per sensor en per richting. Een voorbeeld voor een dergelijk relatie is opgenomen in Figuur 6.



Figuur 6 - Relatie van de tramsnelheid en de trillingsterkte

Van alle meegenomen verbanden levert dit de volgende tabel op, zie Figuur 7

v_0	B
0.0283	0.0518
0.0318	0.0411
0.0338	0.0447
0.0297	0.0551
0.0595	0.0141
0.0367	0.0152
0.0317	0.0162
0.0464	0.0084
0.0388	0.0295
0.0205	0.0514
0.0574	0.0181
0.0627	0.0243
0.0169	0.0519
0.0392	0.0273
0.0142	0.0403
0.0122	0.0418
0.0074	0.0502
0.029	0.0148
0.0354	0.0299
0.0188	0.0429
0.0231	0.0404
0.0287	0.0257
0.1103	0.034
0.0554	0.046



Figuur 7 – De vastgestelde relaties tussen de trillingssterkte en de snelheid per sensor en rijrichting (links) en het verband tussen v_0 en B (rechts)

De relatie tussen v_0 en B is niet onafhankelijk en daarom is er gekozen voor een gezamenlijke sigma op basis van een lognormale verdeling. De afhankelijkheid tussen v_0 en B is te verklaren aan de hand van Figuur 6. Het snelheidsbereik van de passerende trams op dit meetpunt ligt tussen 28 en 40 km/uur. De meest logische curve door deze punten is met een v_0 -waarde van 0.0436 en een B -waarde van 0.0527. Curves met bijna gelijke kwaliteit van de curvefit in dit snelheidsgebied kunnen worden samengesteld door een hogere v_0 en een lagere B of door een lagere v_0 en een hogere B . Hierdoor ontstaat een afhankelijkheid tussen v_0 en B . Dit verband is ook te zien in de grafiek van Figuur 7.

3.4 Eindwaarde

Uit de tabel van Figuur 7 volgt, op basis van een lognormale verdeling een beste schatting van 0.0308 voor v_0 en 0.0340 voor b . De gezamenlijke sigma (σ) is weergegeven in vergelijking 4. Belangrijke opmerking is dat de formule voor de sigma snelheidsafhankelijk is.

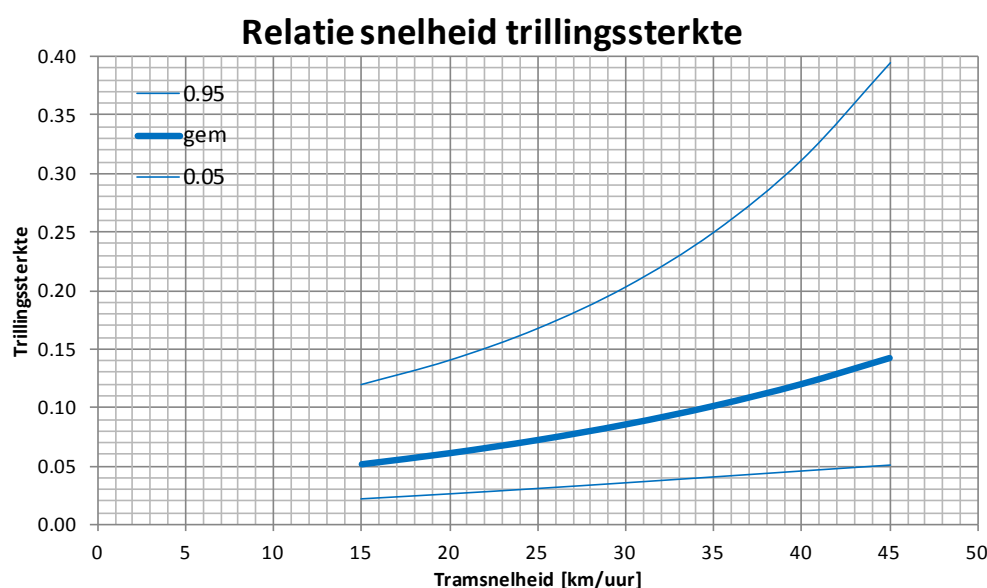
$$\sigma = 6 \cdot 10^{-1} - 9.03 \cdot 10^{-3} \cdot v_{tram} + 2.36 \cdot 10^{-4} \cdot v_{tram}^2 - 5.82 \cdot 10^{-7} \cdot v_{tram}^3$$

Vergelijking 4 – Formule voor de snelheidsafhankelijk sigma van v_0 en B

Gezien de complexiteit van de formule is de snelheidsafhankelijke sigma in Tabel 2 en in grafiekvorm in Figuur 8 gepresenteerd.

Tabel 2 - Tabel met de snelheidsafhankelijke en gezamenlijke standaardafwijking van v_0 en B

v_{tram} [km/uur]	Sigma	Gemiddelde	Bovengrens (95%)
15	0.516	0.051	0.120
20	0.510	0.061	0.141
25	0.513	0.072	0.168
30	0.526	0.085	0.203
35	0.549	0.101	0.250
40	0.580	0.120	0.312
45	0.619	0.142	0.394



Figuur 8 – Grafiek van de snelheidsafhankelijke trillingssterkte.

4 Bodemfactoren



Figuur 9 – Valproef op de Laan van Meerdervoort in Den Haag

Dit hoofdstuk bevat de uitwerking van de afstandscorrectie C_{bodem} en geeft de waarden van α en n uit de Barkanformule.

4.1 Aanpak

Tijdens metingen was het niet altijd mogelijk om sensoren consequent op dezelfde afstand te zetten van de trillingsbron. Bovendien staan niet alle woningen in Maastricht op dezelfde afstand van de tramlijn. Daarom moet de afstandsinvloed op de trillingssterkte worden bepaald. Door het bepalen van de bodemeigenschappen is het mogelijk om gemeten trillingssterktes op verschillende afstanden te berekenen. Het doel van dit hoofdstuk is het bepalen van C_{bodem} .

4.2 Methode

De beschrijving van de afstandsverzwakking van de trillingen, C_{bodem} gebeurt aan de hand van de Barkanformule. De formule staat beschreven in vergelijking 5.

$$C_{bodem} = \left(\frac{x_0}{x}\right)^n \cdot e^{-\alpha \cdot (x-x_0)}$$

Vergelijking 5 – Barkanformule voor de afname van de trillingssterkte in de afstand

In de formule is x_0 de referentieafstand van 10 meter, x de afstand van de woning tot hart spoor, n is de geometrische uitbreidingsfactor en α is de bodemdemping. De bodemdemping is frequentieafhankelijk. Trillingen met een hoge frequentie dempen sneller uit dan trillingen met een lage frequentie. Aangezien het model scalair is en geen onderscheid maakt in frequenties, zal de frequentieafhankelijkheid op een andere manier verwerkt worden.

Wanneer het trillingsspectrum van een tram wordt beschouwd, bestaat dit op korte afstand tot de trillingsbron vooral uit hoogfrequente trillingen. Deze dempen snel uit en daardoor zal de ervaren trillingssterkte v_{max} ook snel afnemen met de afstand tot de trillingsbron. Hierdoor blijft vooral het laagfrequente deel van het signaal over. Dit gedeelte van het trillingsspectrum dempt minder snel uit.

Door de sterke frequentieafhankelijkheid van de bodemparameters, zijn deze niet constant met de afstand in het hier gebruikte scalaire model. Daarom worden de

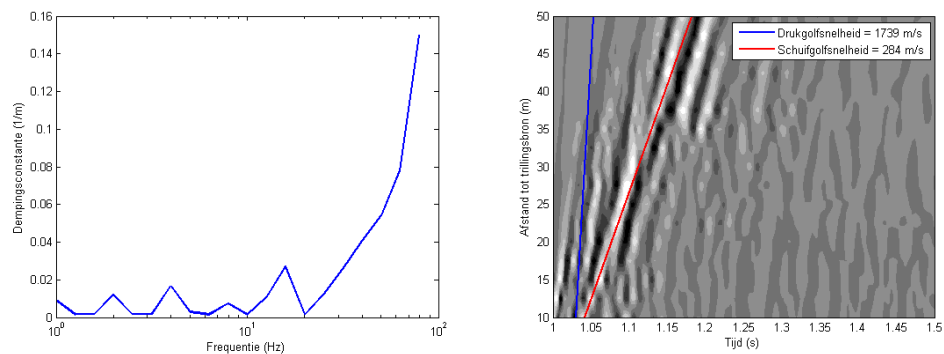
waarden van α en n weergegeven als functie van de afstand tot de bron. De waarden van deze parameters zijn bepaald aan de hand van valproeven.

De hoogfrequente trillingen zorgen voor een hoge v_{max} , maar zorgen er niet voor dat een gebouw in beweging komt. De hoogfrequente trillingen worden door de fundering van een gebouw sterk uitgedempt. De lineaire overdrachtsparameter uit hoofdstuk 6 neemt dit verschijnsel niet mee. Als dit niet gecorrigeerd wordt, dan volgt een overschatting van de trillingshinder in woningen.

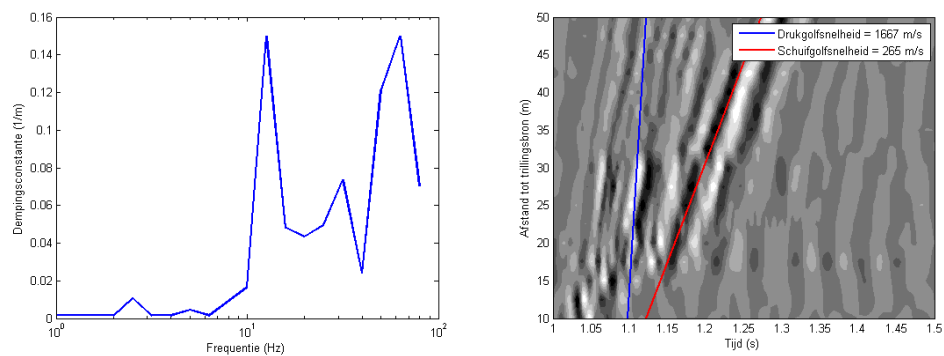
Omdat dit onderzoek als doel heeft om de trillingssterkte in gebouwen te bepalen, dient de C_{bodem} ook gecorrigeerd te worden voor de hoogfrequente demping van de fundering. Dit kan alleen bereikt worden in een scalair model door deze parameter afstandsafhankelijk te maken. De C_{bodem} is voor korte afstanden verlaagd. Door deze actie is de v_{max} representatief in woningen, maar is niet langer representatief op maaiveld.

4.3 Resultaten

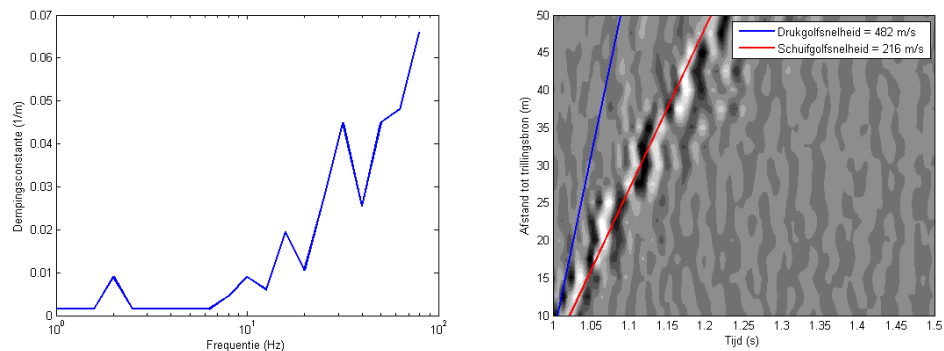
De resultaten van de valproeven zijn voor elke locatie weergegeven in twee plotjes. De linker geeft de bodemdemping en rechts een indicatie van de loopsnelheden van de dominante trillingsgolven in de bodem.



Figuur 10 – Valproefresultaten Sint Maartenslaan 2-6 (Maastricht)



Figuur 11 – Valproefresultaten Sint Maartenslaan 29 (Maastricht)



Figuur 12 – Valproefresultaten Van Hasseltkade (Maastricht)

Bij een valproef (puntbron) is de n 0.5. Met behulp van vergelijking 5 is vervolgens α bepaald. Voor de trams verandert de geometrische uitbreidingsfactor als het meetpunt verder van het spoor ligt. Voor de bepaling van de C_{bodem} wordt de eerste vijf meter buiten beschouwing gelaten. Er staan geen woningen binnen deze afstand. Voor het gebied buiten vijf meter is vooral het hoogfrequente signaal belangrijk voor de v_{max} . Op de eerste meters is daarom gekozen voor de alfa op basis van 80 Hz, verder weg op basis van 60 Hz en daarna op de alfa van 10 tot 20 Hz.

4.4 Eindwaarde

De variatie in bodemparameters is tamelijk groot in het onderzoeksgebied in Maastricht. Daarom is een conservatieve benadering aangehouden voor de waarde van C_{bodem} , zie Tabel 3. Van deze parameter is geen standaardafwijking bepaald.

Tabel 3 – De waarden van α en n en de bijbehorende C_{bodem} die hoort bij een trillingssterkte van 1.0 op referentieafstand 10 meter

Afstand [m]	α	n	C_{bodem}
5	0.03	0.2	1.33
6	0.03	0.2	1.25
7	0.03	0.2	1.18
8	0.03	0.2	1.11
9	0.03	0.2	1.05
10	0.03	0.3	1.00
11	0.005	0.3	0.97
12	0.005	0.3	0.94
13	0.005	0.3	0.91
14	0.005	0.3	0.89
15	0.005	0.3	0.86
16	0.005	0.3	0.84
17	0.005	0.3	0.82
18	0.005	0.3	0.81
19	0.005	0.3	0.79
20	0.005	0.3	0.77
21	0.005	0.3	0.76
22	0.005	0.3	0.74
23	0.005	0.3	0.73
24	0.005	0.3	0.72

5 Bochttoeslag



Figuur 13 - Tram rijdt door de bocht van de Aaltje Noorderwierstraat naar de Beethovenlaan

Dit hoofdstuk beschrijft de bochttoeslag (C_{bocht}).

5.1 Aanpak

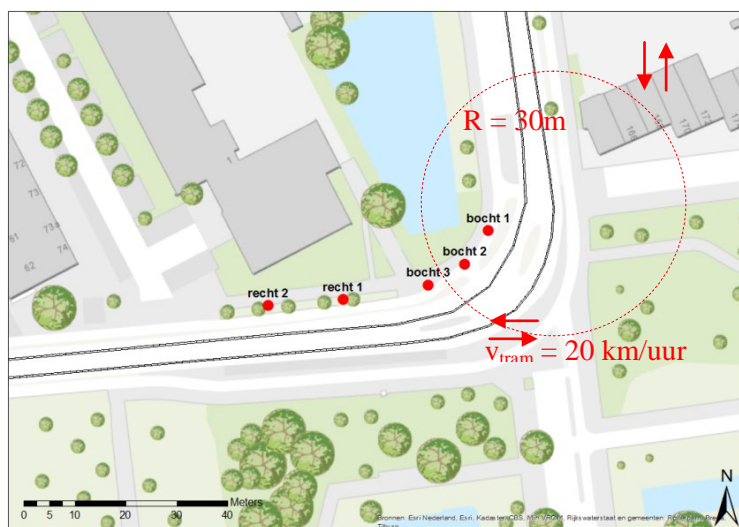
Als een tram door een bocht rijdt, veroorzaakt deze extra trillingen ten opzichte van een tram die met dezelfde snelheid over een recht stuk spoor rijdt. Om deze toename te beschrijven zijn in Den Haag twee bochtmetingen uitgevoerd. Het doel van de metingen is het bepalen van een bochttoeslag, die de verhouding beschrijft tussen de trillingssterkte in de bocht gedeeld door de trillingssterkte op een recht stuk spoor. De formule voor C_{bocht} is weergegeven in vergelijking 6.

$$C_{bocht} = \frac{v_{eff,bocht}}{v_{eff,recht}}$$

Vergelijking 6 – Formule voor de bochttoeslag

5.2 Methode

Bij de bochtmetingen is in twee bochten gemeten met op elke meetlocatie vijf sensoren. De metingen zijn uitgevoerd in de bocht tussen de Aaltje Noorderwierstraat en Beethovenlaan en de bocht tussen Aaltje Noorderwierstraat en de Laan van Meerdervoort. Beide bochten hebben een boogstraat van ongeveer 30 meter, vergelijkbaar met de krappe bogen in het ontwerp van de tramlijn in Maastricht. In de bocht staan drie sensoren en vlak voor of na de bocht de andere twee sensoren. De opstelling voor de bocht tussen de Aaltje Noorderwierstraat en Beethovenlaan is te zien in Figuur 14.



Figuur 14 – Plaatsing sensoren in de bocht Aaltje Noorderwierstraat en Beethovenlaan

5.3 Resultaten

De resultaten worden sterk beïnvloed door de rijnsnelheid van de tram. De snelheid in de bocht bedraagt ongeveer 20 km/uur, maar vlak na de bocht neemt dit snel toe door het accelereren van een tram. De trillingssterkte van de trams op het rechte stuk zijn daarom gecorrigeerd voor de snelheidstoename met behulp van de eerder bepaalde factoren in paragraaf 3.3.

Van de vier metingen (twee bochten met elk twee rijrichtingen) is één goede meet situatie voor de bepaling van de bochtfactor. Dat is de buitenbocht van Beethovenlaan en de Aaltje Noorderwierstraat. Hier rijden trams bij het ingaan van de bochten ongeveer 20 km/uur en ook in de bochten is dit de snelheid. In Tabel 4 staat de tabel meetwaarden op basis van de gemeten v_{max} . De waarden voor de C_{bocht} variëren tussen de 1.40 en de 2.61.

Tabel 4 – De waarden van v_{max} op 3 punten in de bocht en 1 punt net voor de bocht en de daaruit bepaalde bochttoeslag

v_{eff} bocht1	v_{eff} bocht2	v_{eff} bocht3	v_{eff} recht1	bocht1 / recht1	bocht2 / recht1	bocht3 / recht1
0.20	0.22	0.22	0.10	2.00	2.18	2.20
0.18	0.22	0.22	0.12	1.44	1.74	1.76
0.24	0.23	0.23	0.13	1.85	1.71	1.76
0.21	0.26	0.22	0.13	1.60	1.95	1.69
0.14	0.21	0.27	0.10	1.40	2.00	2.61
0.22	0.24	0.25	0.14	1.62	1.79	1.81
0.20	0.25	0.24	0.12	1.60	2.02	1.96
0.19	0.23	0.31	0.16	1.19	1.42	1.90
0.25	0.24	0.20	0.13	1.90	1.84	1.50
0.23	0.23	0.24	0.16	1.45	1.43	1.47

5.4 Eindwaarde

Op basis van een lognormale verdeling is de gemiddelde waarde voor C_{bocht} 1.74 en de standaardafwijking bedraagt 0.17.

6 Overdracht woningen



Figuur 15 – Kunstmatige trillingsbron op de plaats van de tram voor de woning aan de Van Hasselkade 12 voor de overdrachtsbepaling

6.1 Aanpak

In Den Haag is de trillingssterkte van de tram *op het maaiveld* gemeten. Uiteindelijk is het doel van dit onderzoek om de trillingshinder *in woningen* in Maastricht te bepalen ten gevolge van de passerende trams. Daarvoor is het nodig om een overdrachtsfactor te bepalen tussen maaiveld en de woning. Het doel van dit hoofdstuk is het bepalen van de overdrachtsfactor tussen maaiveld (voor de gevel) en in de woning (fundering en boven, in het midden van het vloerveld waar doorgaans de grootste trillingen optreden).

6.2 Methode

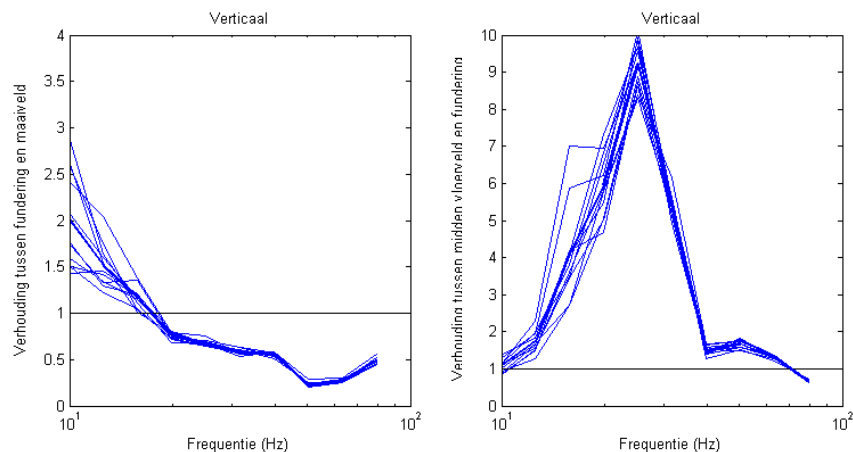
Om te bepalen tot welke trillingssterkte de tram in woningen leidt, zijn de overdrachten van maaiveld naar fundering en midden vloerveld in Maastricht gemeten. Op de plaats waar de tram gaat rijden is tenminste tienmaal een kunstmatig trillingssignaal gegenereerd met behulp van een kunstmatige trillingsbron. Sensoren op maaiveld voor de gevel en sensoren binnen in de woning registreren de trillingssterkte en geven daarmee de relatie tussen de trillingsspectra buiten en binnen. Op de foto van Figuur 15 is de buitenopstelling van de overdrachtsbepaling te zien.

Voor zes woningen is een overdrachtsmeting uitgevoerd. Het gaat om drie adressen op de Sint Maartenslaan (ten oosten van de Maas) en drie aan de Van Hasselkade (ten westen van de Maas). De adressen zijn aangegeven op de kaartjes van Maastricht in Bijlage 1. De zes adressen met het type vloer op de bovenste woonlaag zijn:

- Sint Maartenslaan 2 (hout)
- Sint Maartenslaan 6 (beton)
- Sint Maartenslaan 29 (hout)
- Van Hasselkade 9 (hout)
- Van Hasselkade 10 (hout)
- Van Hasselkade 12 (hout)

6.3 Resultaten

De resultaten zijn zowel scalair als spectraal bepaald. Voorbeeld van een spectrale plot van 10 tot 100 Hz is te zien in Figuur 16. Aangezien het model scalair is, zijn de spectrale parameters energetisch bij elkaar opgeteld en op die manier is de scalaire overdracht bepaald. De waarden van de overdrachten staan in Tabel 5.



Figuur 16 – Overdrachten Sint Maartenslaan 2

Tabel 5 – Overdrachtsfactoren van de woningen in Maastricht

		Maaiveld→ fundering	Fundering→ midden vloerveld	Maaiveld→ midden vloerveld gem	
Oost	Sint Maartenslaan 2	0.22	5.34	1.16	
	Sint Maartenslaan 6	0.67	1.33	0.88	1.0
	Sint Maartenslaan 29	0.40	2.45	0.97	
West	Van Hasselkade 9	0.62	4.22	2.63	
	Van Hasselkade 10	0.57	4.87	2.79	2.1
	Van Hasselkade 12	0.22	4.03	0.87	

De waarden in Tabel 5 verschillen per woning. Voor alle locaties valt op dat de Sint Maartenslaan 6, het gebouw met de betonnen vloeren, de laagste overdrachtsfactor tussen fundering en midden vloerveld heeft, een factor van ongeveer 1.3 terwijl voor de woningen met een houten vloeren deze factor gemiddeld 4.2 is. Qua orde van grootte zijn de overdrachtsfactoren in de Sint Maartenslaan vergelijkbaar met elkaar en de overdrachtsfactoren langs de van Hasselkade zijn ook onderling vergelijkbaar. Alleen Van Hasselkade 12 heeft een sterkere uitdemping van de fundering.

6.4 Eindwaarden

De overdrachtswaarden zijn woning-afhankelijk en zullen indien noodzakelijk per woning moeten worden vastgesteld. Om de woningoverdracht niet te onderschatten wordt voor het westelijke deel de hoogste waarde van de Van Hasselkade genomen. Dit is voor de formule de 95%-waarde. Voor het deel ten westen van de Maas is de overdracht 2.8. En voor het deel ten oosten van de Maas is de hoogste woningoverdracht van de Sint Maartenslaan 1.2. De gemiddelde waarde voor het westelijke deel is 2.1 en voor het oostelijke deel 1.0. De waarden zijn opgenomen in Tabel 6.

Tabel 6 – Eindwaarden voor de woningoverdracht

Locatie	Parameter	Overdracht (gem)	Overdracht (max)
Westoever Maas	$C_{woning,west}$	2.1	2.8
Oostoever Maas	$C_{woning,oost}$	1.0	1.2

7 Bodemparameters Den Haag en Maastricht



Figuur 17 - Valproef in Maastricht (links) en in Den Haag (rechts)

Dit hoofdstuk bevat de vergelijking van de grond in Maastricht en Den Haag en geeft een waarde voor de $C_{correctie}$.

7.1 Aanpak

De trams in Den Haag zijn gebruikt om de trillingssterkte in woningen in Maastricht te voorspellen. Maastricht en Den Haag liggen geografisch ver uit elkaar en daarom is het belangrijk dat de bodemeigenschappen van Den Haag en Maastricht óf overeenkomen of dat de signalen worden gecorrigeerd op basis van de bodemeigenschappen. De keuze is toch op Den Haag gevallen omdat het net als Maastricht een bodem heeft met een vergelijkbare stijfheid. Daarnaast is het ontwerp van de trambaan en het materieel, Regio Citadis, vergelijkbaar met het ontwerp in Maastricht.

De belangrijkste parameter waardoor het bronsignaal van een tram in Maastricht kan afwijken van de Haagse zijn de bodemparameters (de voortplantingssnelheid en de demping). Daarom zijn in de buurt van elke meetlocatie in zowel Den Haag als Maastricht bodemproeven gedaan. Bij de bodemproeven is gekeken of de bodemkarakteristieken voor Den Haag en Maastricht overeenkomen.

Het doel in dit hoofdstuk is tweeledig: enerzijds het vergelijken van de bodemkarakteristieken van Den Haag en Maastricht, anderzijds bepalen of een omrekenfactor nodig is om de gebruikte prognosemethode te corrigeren.

7.2 Methode

Het in kaart brengen van de bodem is uitgevoerd met een valproef. Een valgewicht wordt telkens vanaf dezelfde hoogte losgelaten en produceert zo een gestandaardiseerd trilsignaal. Door de trillingssterkte op verschillende afstanden te meten ontstaat een beeld van de voortplantingssnelheid van de drukgolf- en de schuifgolfsnelheid. Daarnaast geeft de proef ook inzicht in de (frequentieafhankelijke)parameters van de Barkanformule.

In zowel Den Haag als Maastricht zijn drie valproeven gedaan. De verschillende locaties zijn:

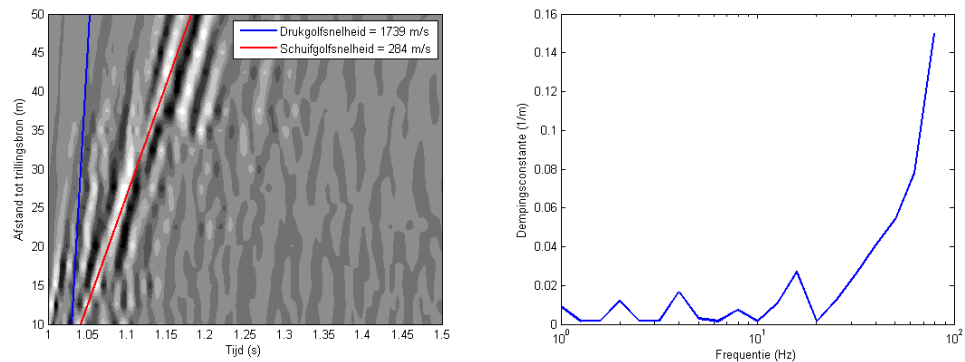
- Laan van Meerdervoort (Den Haag)
- Hoek Laan van Meerdervoort en Aaltje van Noorderwierstraat (Den Haag)

- Hoek Aaltje van Noorderwierstraat en Beethovenlaan (Den Haag)
- Sint Maartenslaan 2-6 (Maastricht)
- Sint Maartenslaan 29 (Maastricht)
- Van Hasselkade (Maastricht)

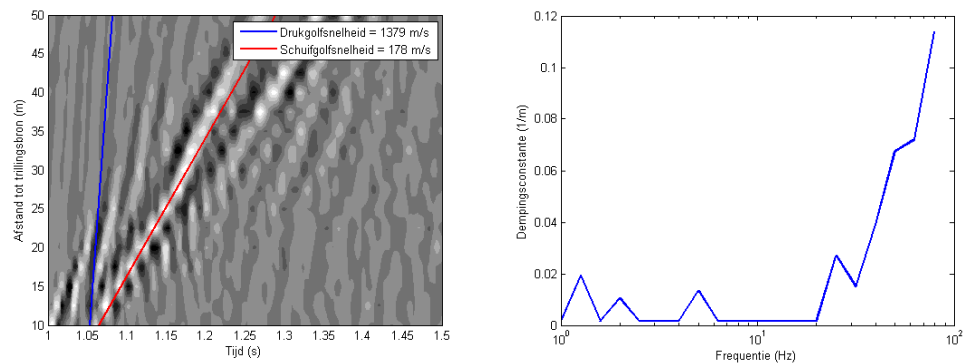
De locaties van de valproeven zijn ook terug te vinden in de kaarten van Bijlage 1.

7.3 Resultaten

De resultaten van de valproeven van de Sint Maartenslaan 2-6 in Maastricht en de Laan van Meerdervoort staan in Figuur 18 en Figuur 19. Deze resultaten komen voort uit dezelfde valproeven als de valproeven in hoofdstuk 4. Uit zowel het golfpatroon als de bodemdemping blijkt dat de bodem vergelijkbare karakteristieken heeft. De bodem in Den Haag is iets slapper dan de bodem in Maastricht, getuige de lagere schuifgolfsnelheid. Daardoor zal het bronsignaal van de trillingen op 10 meter afstand in Den Haag iets groter zijn dan in Maastricht. De gekozen referentielocatie in Den Haag geeft dus een conservatieve inschatting van de trillingssterkte in Maastricht. In dit onderzoek wordt een waarde van 1 gehanteerd voor $C_{correctie}$.



Figuur 18 - Resultaten van de valproef op de Sint Maartenslaan 2-6 met links de golfvoortplanting en rechts de frequentieafhankelijke dempingsconstante



Figuur 19 - Resultaten van de valproef op de Laan van Meerdervoort met links de golfvoortplanting en rechts de frequentieafhankelijke dempingsconstante

Om de bodemeigenschappen vast te stellen zijn de resultaten van de eerste paar afstanden, het dichtst bij het valgewicht, niet meegenomen. Doordat de trillingen hier nog niet volledig tot ontwikkeling zijn gekomen, zijn de resultaten op deze korte afstand niet goed bruikbaar. De factor voor geometrische spreiding van de trillingen in de bodem is vastgesteld op 0.5. Dit is de normale waarde voor de uitbreiding van een oppervlaktegolf vanuit een puntbron.

De valproeven van de overige locaties zijn niet gebruikt, omdat de golfpatronen en/of bodemdemping geen eenduidig beeld geeft. Mogelijke oorzaken zijn:

- Den Haag, Beethovenlaan: onwaarschijnlijk hoge snelheden golfvoortplanting, mogelijk beïnvloeding door stijve toplaag;
- Maastricht, Van Hasselkade: mogelijk meer gelaagde bodem dan overige bodems;
- Maastricht, Sint Maartenslaan 29: relatief lage C_p , mogelijk drogere bodem dan overige bodems, ook vreemde variatie in demping afhankelijk van frequentie.

Uit het onderzoek volgt dat:

- De stijfheid van de bodems in Den Haag en in Maastricht ligt in dezelfde range;
- De demping van de bodems in Den Haag en in Maastricht ligt in dezelfde range;
- Zowel in Den Haag als in Maastricht is er nog een significante variatie in bodemeigenschappen. Daarom is een conservatieve benadering aangehouden voor de waarde van C_{bodem} , in hoofdstuk 4

7.4 Conclusie

Het bronsignaal op korte afstand geeft geen aanleiding om het bronsignaal van de tram in Den Haag om te rekenen voor Maastricht. De waarde van $C_{correctie}$ is daarmee 1.

Colofon

Opdrachtgever Arcadis Nederland BV

Uitgave Movares Nederland B.V.

Daalse Kwint
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 06 51139045

Ondertekenaar Dr.ir. H.G. Stuit
consultant

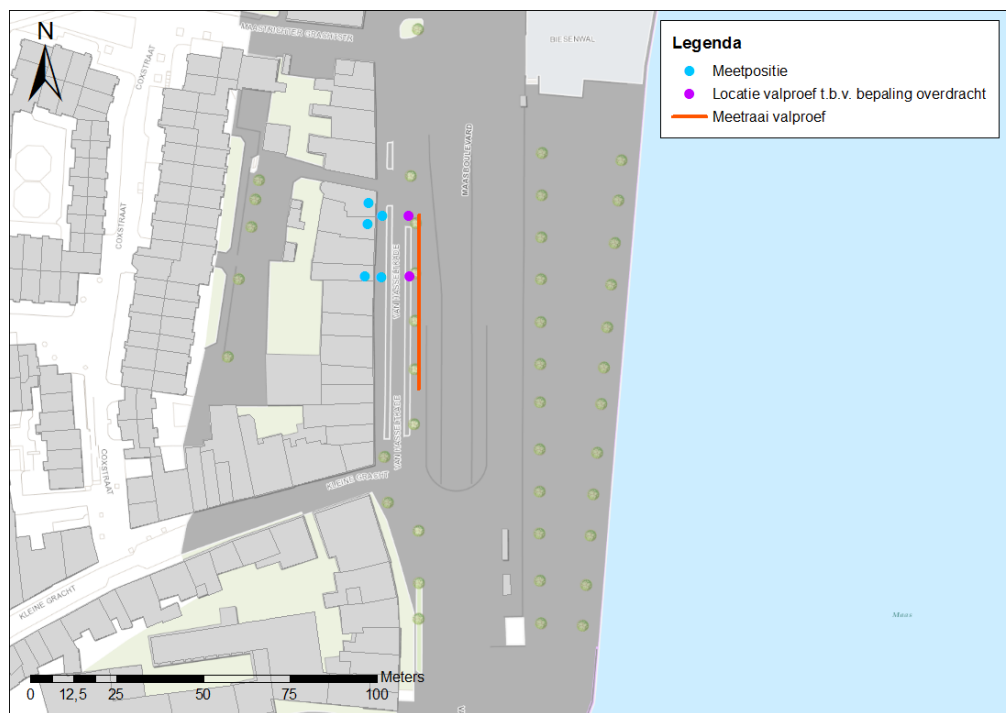
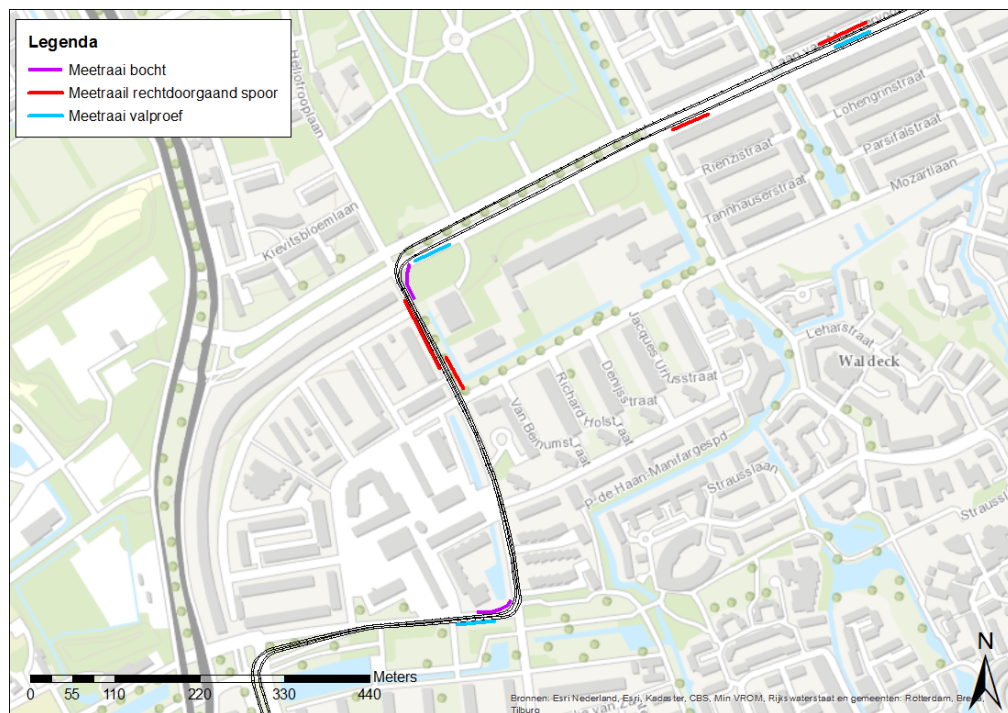
Projectnummer RM002538

Opgesteld door Bouwma

© 2014, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, 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 1 – Meetlocaties Den Haag en Maastricht





Bijlage 3

Laagfrequent geluid

Adviesnota

Aan
 Van Dr.ir. H.G. Stuit
 Telefoon 030 265 3661
 Kenmerk DYN-HS-140011856
 Projectnummer RM002538
 Onderwerp Laag frequent geluid TVM
 Datum 1 september 2014

Inleiding

In het StAB-verslag inzake de Tramlijn Vlaanderen-Maastricht wordt opgemerkt dat de gevolgen van het eventueel optreden van laagfrequent geluid onduidelijk zijn. Laagfrequent geluid is niet geadresseerd in de eerder uitgevoerde onderzoeken. Aan de hand van de uitgevoerde metingen in Den Haag en Maastricht wordt daarom in deze adviesnota de resultaten gegeven van een quick scan van het optredende laagfrequent geluid in de woningen. Beoordeling vindt plaats conform de methodiek-De Ruiter.

Aanpak

Aan de hand van de maaiveldmetingen in Den Haag en Maastricht en de metingen aan de woningen in Maastricht wordt voor de meetlocaties een predictie gegeven van het laagfrequente geluid. Hiervoor is het geluiddrukkniveau op de fundering bepaald volgens de formule:

$$L_p = 10 \cdot \log_{10}(v(f)^2) + 10 \cdot \log_{10}(\text{kamerfactor}) + 150.9$$

Hierin is $v(f)$ de RMS-waarde van de trilsnelheid op de fundering in meters per seconde, weergegeven als octaafbandspectrum. De kamerfactor hangt onder meer af van de vorm, afmetingen en materialen in de kamer, en is gemiddeld 0.1. In dit onderzoek wordt voor de gebouwen met een houten vloer een kamerfactor van 0.03 gehanteerd, en voor gebouwen met een betonnen vloer een kamerfactor van 0.3. Bij dit onderzoek had alleen Sint Maartenslaan 6 betonnen vloeren, alle andere gebouwen hadden houten vloeren.

Vervolgens wordt het geluiddrukkniveau L_{Lmax} in dB beoordeeld conform de methodiek van De Ruiter voor de octaafbanden van 16, 31.5, 63.5 en 125 Hz. De grenswaarden zijn opgenomen in Tabel 1. Ook het totale, energetisch gesommeerde en A-gewogen geluiddrukkniveau voor het frequentiebereik van 10 tot 250 Hz dient te voldoen aan de in Tabel 1 opgenomen grenswaarde van 35 dB(A).

Tabel 1 Grenswaarden conform methode De Ruiter

Frequentie(bereik)	L_{Lmax} per octaafband (dB)				L_{Amax} (dB(A))
	16 Hz	31.5 Hz	63.5 Hz	125 Hz	10 – 250 Hz
Grenswaarde	80	68	55	45	35

Resultaten

Het geluiddrukkniveau voor de relevante octaafbanden en het A-gewogen geluiddrukkniveau voor de beschouwde meetlocaties in Maastricht zijn weergegeven in Tabel 2. Overschrijdingen van de grenswaarden zijn oranje gearceerd. Op vrijwel alle locaties wordt een overschrijding van het beoordelingskader verwacht.

Adviesnota

Tabel 2 Predictie laagfrequent geluid in meetlocaties Maastricht

Locatie	L_{Lmax} per octaafband (dB)				L_{Amax} (dB(A))	Kans op overschrijden	
	16 Hz	31.5 Hz	63.5 Hz	125 Hz	10 – 250 Hz	L_{Lmax}	L_{Amax}
St. Maartenslaan 2	59	64	52	62	50	90%	91%
St. Maartenslaan 6 (beneden)	53	60	57	40	32	55%	39%
St. Maartenslaan 6 (boven)	62	74	63	59	48	85%	86%
St. Maartenslaan 29	55	52	45	43	24	45%	24%
Van Hasselkade 9	64	61	55	46	30	54%	35%
Van Hasselkade 10	62	67	58	52	36	70%	53%
Van Hasselkade 12	42	60	51	48	31	60%	38%

Om het laagfrequente geluid te reduceren zijn diverse maatregelen mogelijk. Voorbeelden zijn een lichte maatregel als een superelastische railbevestiging, een middel zware maatregel als elastische matten of zware maatregel als een floating slab track. Superelastische railbevestigingen reduceren vanaf 40 Hz in de range van 4 tot 8 dB. Met een constructie van elastische matten onder de spoorconstructie kan vanaf 20 Hz een reductie van 6 tot 12 dB worden behaald. Een floating slab track is de meest ingrijpende maatregel die aan de bron kan worden getroffen en reduceert het laagfrequent geluid tot 15 à 25 dB vanaf 8 Hz.

In de onderstaande tabel is voor een constructie met elastische matten onder de spoorconstructie een predictie gemaakt van het resterende laag frequent geluid. De resterende overschrijdingen van de grenswaarden zijn oranje gearceerd.

Tabel 3 Predictie laagfrequent geluid na elastische matten onder de spoorconstructie

Locatie	L_{Lmax} per octaafband (dB)				L_{Amax} (dB(A))
	16 Hz	31.5 Hz	63.5 Hz	125 Hz	10 – 250 Hz
St. Maartenslaan 2	63	58	32	42	38
St. Maartenslaan 6 (beneden)	57	54	37	20	20
St. Maartenslaan 6 (boven)	66	68	43	39	36
Van Hasselkade 9	68	55	35	26	18
Van Hasselkade 10	66	61	38	32	24
Van Hasselkade 12	46	54	31	28	19

Voor St Maartenslaan 2 en 6 is een elastische mat onder de spoorconstructie waarschijnlijk niet voldoende. Hiervoor komt een floating slab track in aanmerking. Voor de overige locaties volstaat in ieder geval een constructie met elastische matten onder de spoorconstructie

Conclusies en aanbevelingen

Aan de hand van de maaiveldmetingen en metingen in de woningen is een predictie gemaakt van laagfrequent geluid in de beschouwde meetlocaties tijdens exploitatie van de tramlijn. Uit dit onderzoek blijkt dat op alle locaties, uitgezonderd St. Maartenslaan 29, een overschrijding van het beoordelingskader voor laagfrequent geluid verwacht.

Adviesnota

Voor de locaties St. Maartenslaan 2 en 6 is een zware maatregel benodigd om het effect van laagfrequent geluid voldoende te reduceren. Voor de locaties aan de Hasselkade is een middel zware maatregel voldoende.

In de ontwerpfase dienen de constructies nader te worden uitgewerkt en zal moeten worden vastgesteld hoe lang langs het tracé de diverse maatregelen dienen te worden aangebracht.

Bijlage 4 Referentiedocumenten

De volgende documenten zijn als referentiedocument gehanteerd.

Titel	datum	organisatie	
SBR meet- en beoordelingsrichtlijn, deel A: schade aan gebouwen	Oktober 2003	Stichting Bouwresearch	[1]
SBR meet- en beoordelingsrichtlijn, deel B: hinder voor personen in gebouwen	Oktober 2003	Stichting Bouwresearch	[2]
SBR meet- en beoordelingsrichtlijn, deel C: storing aan apparatuur	Oktober 2003	Stichting Bouwresearch	[3]
Onderzoek trillingbeperkende maatregelen Regio Tram Groningen, Rapport 4121054.R01	7 mei 2012	WNP raadgevende ingenieurs	[4]
Noise and Vibration impact assessment region of Waterloo Rapid Transit System	January 9 2012	J.E. Coulter Associates Limited	[5]
RGLO MIT 4 BSL 3 WP 7.11 Trillingen, L3.7.11.1 Rapport Trillingen, 141222/EA7/1V6/260.061/nve	2 oktober 2007	ARCADIS	[6]
Rapport V.2009.1067.02.R001, RijnGouweLijn-Oost, Trillingsonderzoek 2009	15 januari 2010	dGmR	[7]
Tekeningen Referentieontwerp Tramlijn Vlaanderen Maastricht TVM-1-SP-31302 versie A TVM-1-SP-31303 versie A TVM-1-SP-31304 versie A TVM-1-SP-31305 versie A TVM-1-SP-31306 versie A TVM-1-SP-31307 versie A TVM-1-SP-31308 versie A TVM-1-SP-31309 versie A	12-04-2013	ARCADIS	[8]
Akoestisch onderzoek Tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM)	4-11-2013	ARCADIS	[9]
Rapport Tram Vlaanderen Maastricht, Prognose Trillingen, kenmerk 077493795:0.1-Definitief	9-01-2014	ARCADIS	[10]

Colofon

TRAM VLAANDEREN MAASTRICHT ACTUALISATIE PROGNOSE TRILLINGEN

OPDRACHTGEVER:

Gemeente Maastricht

STATUS:

Definitief

AUTEUR:

ir. C.P. Schouten

GECONTROLEERD DOOR:

Dr.ir. H. G. Stuit

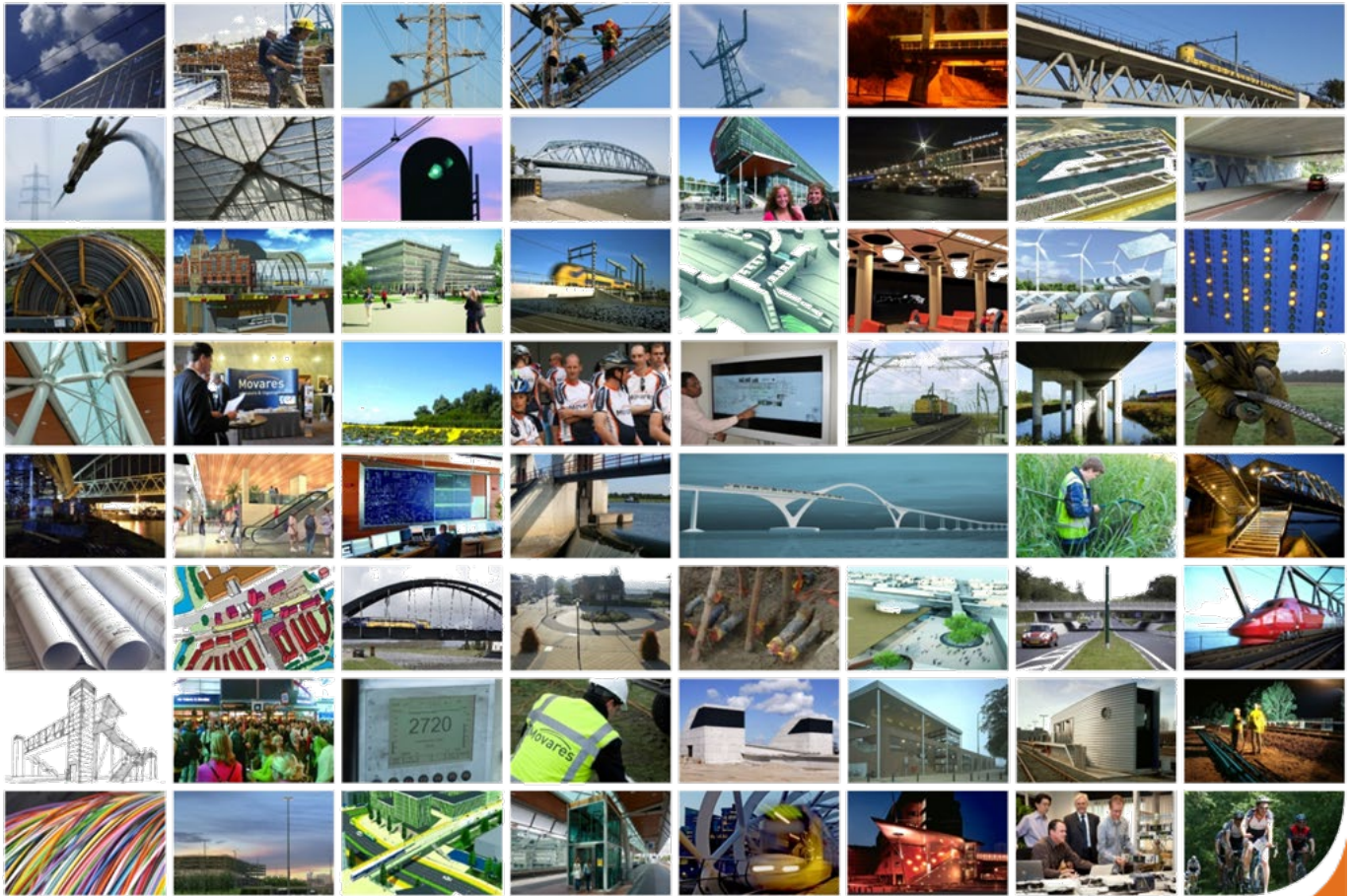
VRIJGEGEVEN DOOR:

ing. S.K.P. Kemps

27 oktober 2014

078107541:A

ARCADIS NEDERLAND BV
Piet Mondriaanlaan 26
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Tel 033 4771 000
Fax 033 4772 000
www.arcadis.nl
Handelsregister 09036504



Gemeente Maastricht

13 November 2014- Versie 1.1

Samenvatting

- De Tram Vlaanderen Maastricht (TVM) kent in het binnenstedelijke Maastricht enkele krappe bogen met boogstralen van 30-45m.
- Bij deze bogen is er zonder aanvullende maatregelen een gerede kans op booggeluid, waarbij voor de gevels geluidniveaus mogelijk zijn van maximaal 80-90 dB(A). Deze niveaus kunnen, mede door het scherp klinkende karakter, als hinderlijk worden ervaren.
- Hoewel er geen wetgeving voor dit booggeluid is, is het vanuit een goede ruimtelijke ordening gewenst met de beste technische middelen (Best Technical Means) deze geluidniveaus te beperken en te voorkomen.
- Er zijn technieken voorhanden om booggeluid, ook bij krappe bogen, effectief te bestrijden. Dit vergt maatregelen bij de infra en de vervoerder, in combinatie met goed en regelmatig onderhoud en een beheerst rijgedrag.

Inhoudsopgave

Samenvatting	1
Inleiding	3
1.1 Algemeen	3
1.2 Scope van het project	3
1.3 Methodiek	4
2 Booggeluid	5
3 Inventarisatie bogen Maastricht	7
3.1 Uitgangspunten	7
3.2 Ligging bogen	7
4 Geluidniveaus	9
4.1 Metingen aan materieel	9
4.2 Opmerkingen bij de geluidmeting	11
5 Geluid naar omgeving	13
5.1 Geluidniveaus nabij objecten	13
5.2 Beoordeling	13
6 Mogelijke maatregelen	15
6.1 Ruimere bogen	15
6.2 Smering	15
6.2.1. Voertuiggebonden installaties	15
6.2.2. SSCS, Spoor Staaf Conditionerings Systeem	16
6.3 Onderhoud.	17
6.4 Wieldempers	18
6.5 Rijgedrag	18
7 Geluidniveaus na maatregelen	19
8 Conclusies	20
Colofon	21

Bijlage I: Bogen Tram Vlaanderen Maastricht

Bijlage II : Meetmethode en meetapparatuur

Inleiding

1.1 Algemeen

Om de bereikbaarheid tussen Belgisch en Nederlands Limburg (in het bijzonder Maastricht) te verbeteren heeft de Belgische vervoerder De Lijn in mei 2004 een tramverbinding tussen Hasselt en Maastricht voorgesteld. Dit als onderdeel van haar Spartacusplan om het Openbaar Vervoer (hierna te noemen OV) in Belgisch Limburg een kwaliteitsimpuls te geven en een volwaardig alternatief te bieden voor de auto.

Belgische en Nederlandse overheden en vervoermaatschappij De Lijn werken sindsdien gezamenlijk aan het tot stand brengen van een tramverbinding tussen Hasselt en Maastricht. De provincie Limburg werkt met de gemeente Maastricht binnen de Projectorganisatie TVM aan de uitwerking en invulling van het Nederlandse deel van het Vlaamse Spartacusplan; de Tram Vlaanderen-Maastricht (TVM).

TVM valt uiteen in een buitenstedelijk tracé en een binnenstedelijk tracé (Boschstraat-Bassin-Maasboulevard-Wilhelminabrug-St. Maartenslaan-Centraal Station).

In het referentieontwerp is het tracé vastgelegd van de circa vijf kilometer geëlektrificeerde tramverbinding op Nederlands grondgebied met drie haltes; ter hoogte van Belvédère, de Van Hasseltkade en het Centraal Station van Maastricht. Buitenstedelijk wordt gebruik gemaakt van het bestaande goederenspoor. Binnenstedelijk wordt een nieuwe railverbinding aangelegd.

Bij dit binnenstedelijke deel komen bochten voor met een krappe boogstraal waarbij booggeluid niet is uit te sluiten. Het onderhavige onderzoek is erop gericht het mogelijke booggeluid bij de (maatgevende) gevels/posities langs het binnenstedelijke traject inzichtelijk te maken.

1.2 Scope van het project

Het projectgebied, dat in de voorliggende studie is beschouwd, is het binnenstedelijk tracé van de tramlijn, vanaf de aftakking van het goederenspoor aan de Noordzijde van Maastricht (Bosscherweg) tot aan het eindpunt van de lijn op het NS-station Maastricht. Het beschouwde binnenstedelijke tracé is in Figuur 1 ingekaderd.



Figuur 1: Binnenstedelijk tracé tramlijn Vlaanderen- Maastricht

1.3 Methodiek

Het onderzoek start met een korte uitleg van het fenomeen booggeluid.

Het onderzoek gaat daarna verder met het inzichtelijk maken van de locaties met krappe bogen, waar mogelijk booggeluid zou kunnen optreden.

Vervolgens is bezien welke geluidniveaus bij deze bogen te verwachten zijn als gevolg van booggeluid. Hiertoe zijn geluidmetingen verricht met vergelijkbaar materieel en vergelijkbare bochten in Den Haag. Daarnaast is informatie gehanteerd uit de literatuur, kennis en ervaring en van andere vervoerders.

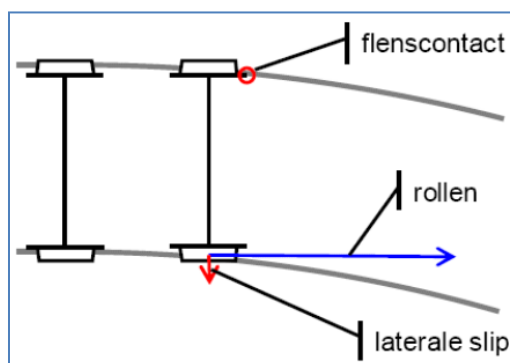
De gevonden uitgangspunten voor het booggeluid zijn vervolgens vertaald naar de situatie te Maastricht en een prognose is opgesteld voor de te verwachten geluidniveaus indien er booggeluid optreedt.

De beoordeling van booggeluid is niet in de Wet geluidhinder (Wgh) geregeld. Een toets aan het wettelijke kader is derhalve niet mogelijk. Vanuit goede ruimtelijke ordening is evenwel een aanvullende beoordeling gewenst.

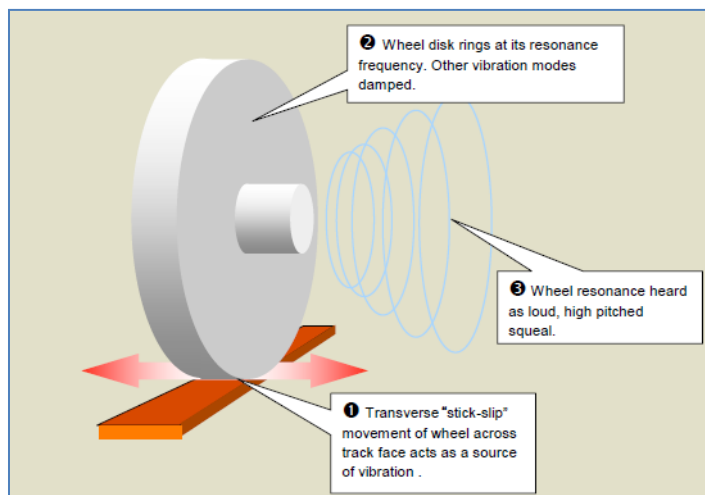
Op basis van beschikbare kennis en ervaring wordt ingegaan op de beleving van het geluid en de mogelijkheden van mitigerende maatregelen.

2 Booggeluid

Bij het rijden door krappe bogen, kan booggeluid ontstaan. Dit is een snerpnd, piepend geluid met een hoge toon. Het wordt veroorzaakt, doordat de star aan elkaar bevestigde wielen door een bocht moeten rijden. Hierbij loopt de wielflens van het buitenste wiel tegen de spoorstaaf of strijkregel (laterale slip) aan en is de beweging schoksgewijs met een zijdelingse stick-slip beweging, zie ook Figuur 2 en Figuur 3. Booggeluid bestaat veelal uit een combinatie van flensgeluid ("flange noise") afkomstig van het hoge been als gevolg van het aanlopen van de wielflens tegen de railkop en squeal-geluid afkomstig van het lage been als gevolg van door stick-slip geïnduceerde trillingen in het wiel-railcontact bovenop de spoorstaafkop.



Figuur 2: Laterale slip van het voorste binnenwiel en flenscontact van het voorste buitenwiel met de railkop of strijkregel, kunnen tot booggeluid leiden



Figuur 3: Laterale slip veroorzaakt een "stick-slip" beweging van het wiel haaks op de rails, waardoor trillingen kunnen ontstaan die het wiel en de rails in trilling brengen, met geluid als gevolg.

Mogelijkheden om dit hinderlijke booggeluid te voorkomen zijn met name gelegen op het gebied van smering en onderhoud en profilering van de rails.

Booggeluid komt met name voor bij krappe bogen. Daarnaast is een goed baanontwerp van de bocht van belang.

Of en in welke mate booggeluid op kan treden bij passage van trams is op voorhand moeilijk te voorspellen. Diverse parameters spelen hierbij een rol, waarbij de wrijving tussen de wiel en rails van groot belang is, maar ook de plaats waar het wiel exact op de rail rust. Met name bij boogstralen kleiner dan 100 meter neemt de kans op booggeluid toe.

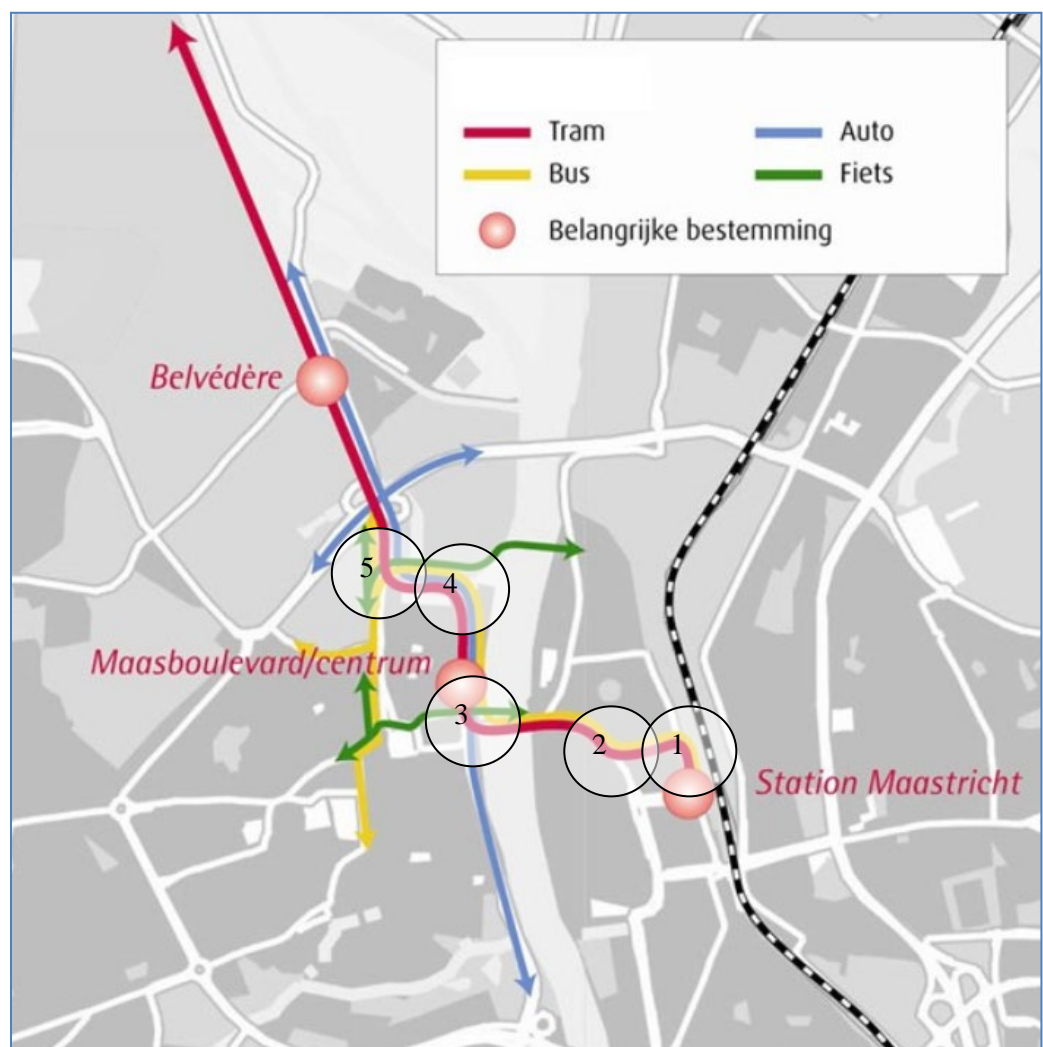
3 Inventarisatie bogen Maastricht

3.1 Uitgangspunten

Voor de uitgangspunten van dit rapport wordt de referentie variant gehanteerd.

3.2 Ligging bogen

In totaal wordt de tramlijn tussen Hasselt en Maastricht zo'n 35 kilometer lang. Het Nederlandse gedeelte ligt helemaal op het grondgebied van de gemeente Maastricht en bestaat uit ongeveer 5 kilometer spoor en drie haltes: Boschstraat, Centrum (Maasboulevard) en Centraal Station. In Figuur 4 is het tracédeel van de TVM in Maastricht weergegeven, tezamen met de bochten.



Figuur 4: Tracédeel van de TVM in Maastricht en de nummering van de bochten in dit tracédeel.

De omschrijving van de bochten is als volgt:

1. St. Maartenslaan/Stationplein;
2. Wilhelminasingel/St. Maartenslaan;
3. Wilhelminabrug/ Maasboulevard;
4. Maasboulevard – Maasmolendijk;
5. Maasboulevard /Boschstraat;

In Tabel 1 zijn de boogstralen van de bogen gegeven tezamen met de snelheid uit het referentieontwerp.

Tabel 1 : Ligging en radius van de bochten en rijsnelheid

Nummer boog	Hectometer	Radius Binnenboog [m]	Snelheid* [km/u]	Radius Buitenboog [m]
1	2,000	30	15	33
2	1,800	31	15	31
3	1,300	30	15	34
4	0,850	44	20	45
5	0,600	43	20	40

* Afgerond naar eenheden van 5 km/uur

Details van de bogen zijn opgenomen in bijlage 1.

4 Geluidniveaus

4.1 Metingen aan materieel

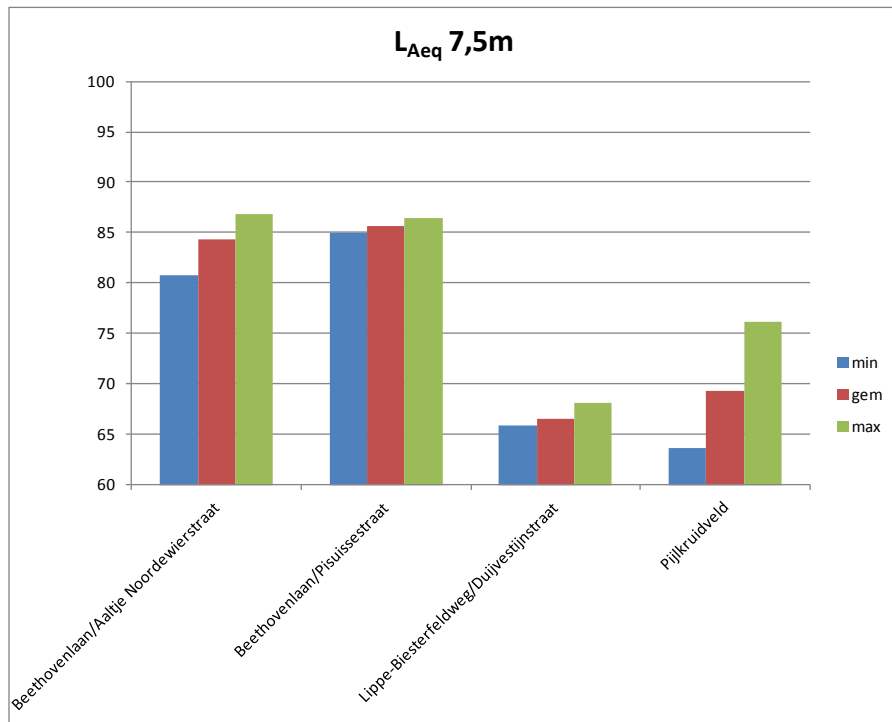
In Maastricht zal lage vloer light rail materieel worden toegepast. Dit materieel betreft mogelijk Regio Citadis materieel van fabrikant Alstom of vergelijkbaar. Om de prognose voor de in Maastricht optredende geluidniveaus te kunnen onderbouwen zijn geluidmetingen aan Regio Citadis materieel uitgevoerd. Dit materieel wordt op dit moment ingezet op enkele lijnen van Randstadrail te Den Haag, onder andere op de lijnen 2,3 en 19. Deze lijnen verbinden Den Haag met Zoetermeer.

De geluidmetingen in Den Haag zijn uitgevoerd op 1 november 2014. In Tabel 2 is een samenvatting gegeven van de resultaten van de geluidmetingen, zie verder ook Bijlage II. In deze bijlage is ook in een figuur de meetafstand aangegeven.

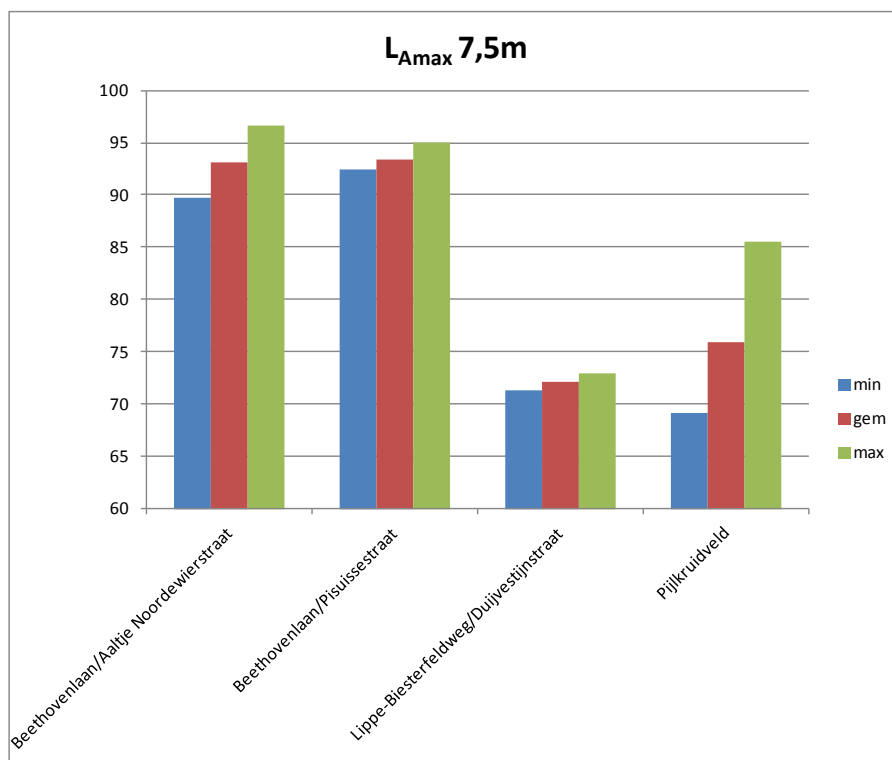
Tabel 2 : Samenvatting meetresultaten op 7,5m afstand van een in een boog passerende tram.

Locatie te Den Haag								
nr	Omschrijving	Lijn	baan	Boogstraal ([meter])	snelheid km/u		LAeq	LAmx
1	Beethovenlaan Aaltje Noordewierstraat	3	Boog in asfalt	25	15-20	gem	84	93
						min	81	90
						max	87	97
2	Beethovenlaan Pissuissestraat	3	Boog asfalt/gras	25	20	gem	86	93
						min	85	92
						max	86	95
3	Lippe- Biesterfeldweg Duijvestijnstraat	2	Boog in gras	27	20	gem	67	72
						min	66	71
						max	68	73
4	Pijlkruidveld	19	Boog in ballast	50	25-30	gem	69	76
						min	64	69
						max	76	85

Een grafisch overzicht van de samenvatting van de meetresultaten is weergegeven in Figuur 5 en Figuur 6.



Figuur 5: Geluidniveaus, uitgedrukt in L_{Aeq} op 7,5m afstand van een in een boog passerende tram.



Figuur 6: Geluidniveaus, uitgedrukt in L_{Amax} op 7,5m afstand van een in een boog passerende tram.

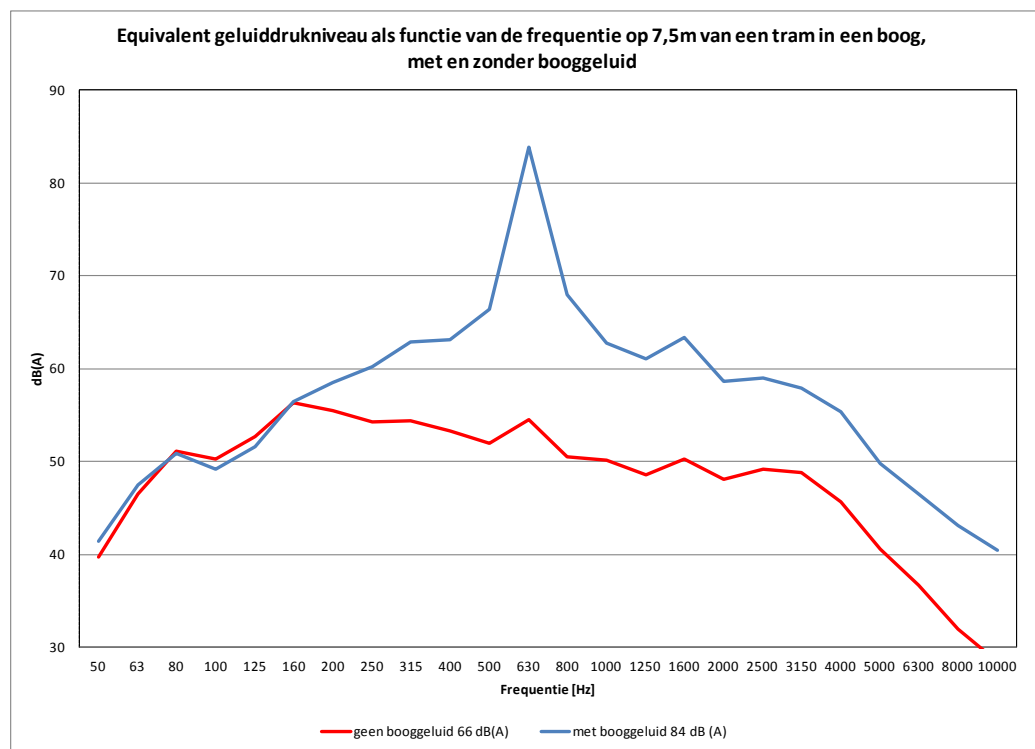
4.2 Opmerkingen bij de geluidmeting

Bij meetposities 1 en 2 treedt booggeluid op. Bij het aanrijden van de boog treedt dit verschijnsel op en is waarneembaar door een sterke toename bij hoge frequenties. In Den Haag treedt met name bij de terts van 630 Hz een hoge piek op. In Figuur 7 zijn de gemiddelde spectra van een aantal trampassages gegeven.

Uit de metingen te Den Haag blijkt, dat er 2 locaties zijn waar duidelijk booggeluid optreedt en 2 niet, of in veel mindere mate. Uit de getoonde spectra blijkt het verschil in geluidproductie tussen de situatie met en zonder booggeluid. Een verklaring van waarom de ene locatie wel booggeluid toont en de andere niet heeft onder andere te maken met de conditie en de staat van onderhoud van de rails en de wielen, de boogstraal en hoe de rails bereden wordt, met al dan niet een verkanting en de juiste snelheid.

De gemeten waarden zijn in overeenstemming met gegevens van AEAT Technology uit 2004¹ bij het tramPlusproject IJsselmonde met Regio Citadis materieel.

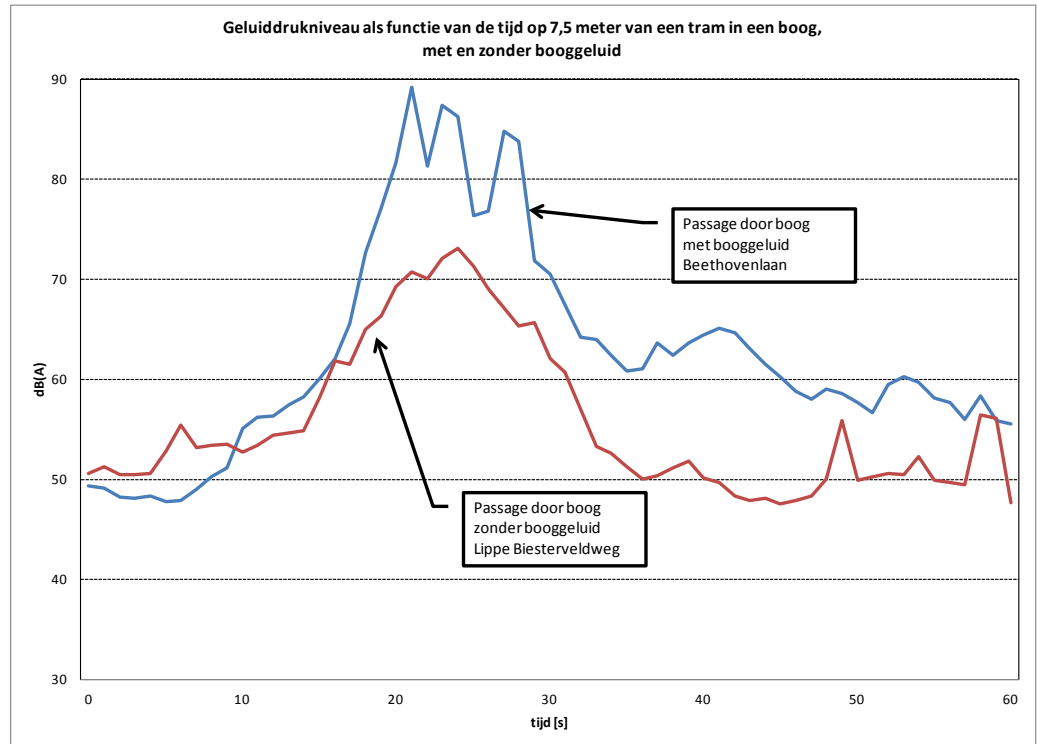
Als uitgangspunt voor het mogelijk optredende booggeluid op 7,5 meter afstand van een tram bij een krappe boog zal verder de gemiddelde waarde gehanteerd worden van de gemeten maximale geluidniveaus, dit maximale geluidniveau bedraagt 93 dB(A). Indien geen booggeluid optreedt reduceren deze niveaus met circa 20 dB tot 73 dB(A) op 7,5 meter van de tram. De metingen te Den Haag tonen geen significante verschillen tussen de binnen- en de buitenboog. Voor de prognose te Maastricht wordt er dan ook geen onderscheid gemaakt naar de zijde van de boog.



Figuur 7 : Equivalent geluidrukniveau als functie van de frequentie op 7,5m van een tram in een boog, met en zonder booggeluid

¹ AEAT Technology, Booggeluidemissie Citadis, Booggeluidmetingen 25 mei 2004, Kenmerk AEAT/04/00003/010 van september 2004

In Figuur 8 zijn enkele typerende passages door een boog gegeven, als functie van de tijd.



Figuur 8 : Kenmerkende geluidniveaus bij passages van bogen

5 Geluid naar omgeving

5.1 Geluidniveaus nabij objecten

Uit de metingen te Den Haag en de literatuur is naar voren gekomen dat er bij de krappe bogen zoals deze in het referentieontwerp van de TVM te Maastricht zijn voorzien met boogstralen van 30-45m, er een gereede kans is dat, zonder dat er maatregelen worden genomen, er booggeluid zal optreden.

Ervan uitgaande dat er booggeluid optreedt en de gemeten waarden bij de Regio Citadis te Den Haag wordt hierbij een waarde voor de maximale geluidniveaus op 7,5m van een tram in een boog aangehouden van 93 dB(A). De extrapolatie naar andere afstanden bij de gevel van de meest kritische geluidgevoelige objecten nabij de beschouwde bogen is in Tabel 3 vermeld.

Tabel 3: Geluidprognose maximaal geluidniveau nabij de gevel van geluidgevoelige objecten indien booggeluid optreedt

Boog		Geluidgevoelige bestemming	afstand tot boog [m]	L _{Amax} ¹⁾
1	St. Maartenslaan/ Stationplein	Sint Maartenlaan 1	12	89
		Sint Maartenlaan 2B	25	83
		Parallelweg 44	17	86
2	Wilhelminasingel/ St. Maartenslaan	Antoon Lipkensstraat 32	45	77
		Wilhelminasingel 40B	30	81
		Wilhelminasingel 41B	25	83
		Sint Maartenlaan 31A	20	84
3	Wilhelminabrug/ Maasboulevard	Gubbelstraat 2	30	81
		van Hasseltkade 20	30	81
4	Maasboulevard/ Maasmolendijk	Bassin 180	90	71
5	Maasboulevard/ Boschstraat	Maasboulevard 2-22	35	80

1) Uitgaande van de situatie dat er geen specifieke maatregelen tegen booggeluid zijn getroffen.

5.2 Beoordeling

Booggeluid ten gevolge van trampassages valt buiten het kader van de Wet geluidhinder.

Vanuit goede ruimtelijke ordening is evenwel een aanvullende beoordeling gewenst.

In het akoestisch onderzoek tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM) van Arcadis² is aangetoond dat bij het binnenstedelijk tramtracé er ter plaatse van geen enkele geluidgevoelige bestemmingen sprake is van een reconstructie in de zin van de Wet geluidhinder. De toename van de geluidsbelasting ten opzichte van de grenswaarde bedraagt maximaal 1 dB. De trams gaan op in het binnenstedelijke geluidbeeld. Hierbij hoort dat de trams hoorbaar zijn evenals andere binnenstedelijke geluiden zoals langrijdende auto's, bussen, brommers, et cetera. Bij de bogen doet zich evenwel de situatie voor dat er bij de krappe bogen een gereede kans is op booggeluid, zie Tabel 3, met maximale waarden bij de gevels van 80-90 dB(A)

² Akoestisch onderzoek tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM), Arcadis 10 juni 2013, kenmerk 077146317:A.3 - Definitief B02046.000017.0200 en memo floating slab van november 2014, eveneens van Arcadis.

afhankelijk van de bocht en de beschouwde woning c.q. geluidgevoelig object en het geluid van de trams duidelijk boven het binnenstedelijke geluid uitstijgt.

De ervaring bij reeds bestaande tram en lightrail verbinding is, dat deze geluidniveaus tot hinder en klachten kunnen leiden. Niet alleen de hoogte van de geluidniveaus speelt hierbij een rol, maar ook het tonale karakter, hetgeen de hinderlijkheid vergroot.

Vanuit een goede ruimtelijke ordening dient er dan ook maximaal ingezet te worden op het treffen van maatregelen om het booggeluid bij deze krappe bogen te voorkomen c.q. zo veel mogelijk te beperken. In de situatie van een nieuwe lijn bestaat de mogelijkheid hierbij pro actief te handelen.

6 Mogelijke maatregelen

Om het booggeluid zoveel mogelijk te beperken wordt voorgesteld maximaal in te zetten op het treffen van maatregelen om booggeluid bij deze krappe bogen te voorkomen, waarbij ingezet wordt op de Best Mogelijke Technieken (Best Technical Means).

6.1 Ruimere bogen

Aan de verdere uitwerking van de plannen wordt het advies meegegeven om, voor zover dit qua infrastructuur mogelijk is, de bochten, daar waar mogelijk te verruimen. Ruimere bochten betekenen niet alleen minder (kans op) booggeluid, maar ook minder slijtage van de rails en daarmee minder frequent onderhoud.

6.2 Smering

Als maatregel om booggeluid effectief te bestrijden is spoorstaafconditionering met smering van het contact tussen wiel en rail, de maatregel die breed wordt toegepast door zowel ProRail als regionale vervoerders, in binnen en buitenland. Deze maatregel is als effectief naar voren gekomen in de CROW studie naar booggeluid³.

Bij smering van het contact tussen wiel en rail heeft men de keuze tussen een vaste installatie of een voertuiggebonden installatie. Vaste installaties hebben het voordeel dat deze lokaal zeer gericht ingezet kunnen worden. Een nadeel is, dat er enkel lokale dekking is en indien er meerdere probleem locaties zijn, het systeem minder efficiënt is. Voertuiggebonden installaties hebben het voordeel dat ze over de gehele lijn effectief kunnen zijn.

6.2.1. Voertuiggebonden installaties

Voor een effectieve smering met frictieverbeteraar wordt zowel de flens van het wiel als de kop van de rails gesmeerd (flens- en kopsmering). In Figuur 9 en Figuur 10 wordt een voorbeeld getoond van voertuiggebonden smering. Uit onderzoek dat voor de HTM is uitgevoerd, is naar voren gekomen dat flenssmering bij al de voertuigen kan worden aangebracht, maar kopsmering bij niet meer dan 20% van het materieel moet worden aangebracht om de rails niet te glad te maken. Voor een vervoerder als de HTM met meerdere lijnen in gebruik, is dit een technisch bezwaar bij voertuiggebonden installaties, voor de exploitatie van de TVM lijkt deze randvoorwaarde geen beperking, daar het maar een lijn betreft.

Met kop en flenssmering neemt het aantal passages waarbij booggeluid optreedt significant af. Algemeen geldt dat de grootte van het effect afhankelijk is van de ernst van de problematiek; voor locaties met een grote instabiliteit (grote geluidsproblemen) kan het aantal voertuigpassages waarbij booggeluid optreedt sterk worden verminderd, voor locaties met een geringere instabiliteit kan booggeluid veelal geheel verdwijnen.

³ CROW rapport 03-03 'Maatregelen booggeluid railverkeer' van april 2003
RMI-VDD-10F0BBG001 / Proj.nr. RM002538 / vrijgegeven / Versie 1.1 /



Figuur 9: Voertuiggebonden kop smering, ook wel aangeduid als TOR smering, Top-Of-Rail



Figuur 10: Voertuiggebonden flenssmering

6.2.2. *SSCS, Spoor Staaf
Conditionerings
Systeem*

Naast voertuiggebonden smering kan ook gebruik gemaakt worden van vaste installaties waarmee gericht het booggeluid bij specifieke bogen kan worden aangepakt.

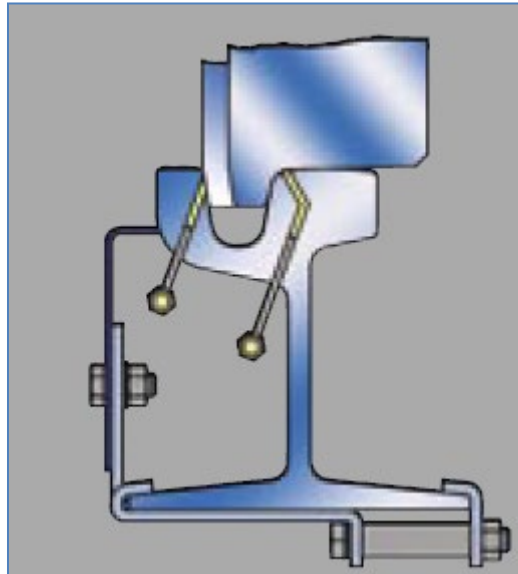
Bij spoor in ballast zijn dit losse installaties. Deze maatregel is door ProRail grootschalig geïmplementeerd op haar emplacementen met spoorstaaf conditionerings systemen. Daarnaast wordt deze maatregel ook door regionale vervoerders toegepast. In wordt Figuur 11 een voorbeeld getoond.



Figuur 11 Spoorstaaf Conditioneringssysteem bij regulier spoor. De kast bevat de regelapparatuur en de voorraad frictieverbeteraar, de elementen bij de rails brengen de frictieverbeteraar bij de rails aan.

Voor lightrail met overrijdbare trambanen in binnenstedelijke situaties zijn deze systemen niet één op één toepasbaar, hier zijn andere oplossingen nodig. Een techniek

die hier wordt toegepast is het toevoegen van het smeermiddel bij de kop en de flens via smeerkkanalen vanuit de rails en het ondergronds plaatsen van het reservoir met smeermiddel. De rail wordt via een speciale boortechniek uitgerust met kanalen, waarvan de openingen exact zijn geplaatst aan de rijflank, geleiderand of aan de railkop. Voor de smering van de achterzijde van het wiel worden bij de geleiderails, eventueel ook achteraf, smeerkkanalen ingebracht. Bovendien zijn er beweeglijke (blokkeerbare) smeerstrips beschikbaar. Deze kunnen in combinatie met groefrails, ook in de afgedekte rail, worden gebruikt. Zie ook Figuur 12 en Figuur 13



Figuur 12: Plaatsing van de smeerkkanalen bij het railprofiel



Figuur 13: Locatie met smering van kop en flens via smeerkkanalen bij het railprofiel

6.3 Onderhoud.

Een belangrijk aspect bij bogen en het voorkomen van booggeluid, is het onderhoud van de rails bij de bogen. Bij het berijden van een boog treden grote krachten op die slijtage in de hand werken en bijgevolg ook het ontstaan van booggeluid. Zo kan gemakkelijk golfslijtage voorkomen hetgeen het ontstaan van extra geluid bespoedigd. Doordat de rails van bochten veelal uit zachter staal wordt geconstrueerd om de rails te buigen, is het slijtage effect extra groot.

Het onderhoud kan verbeterd worden door de kop van de rails te verharderen met een coating of met laser cladding. Daarnaast zal regelmatig herprofilering van het profiel

met slijpen aan de orde zijn. Indien het profiel hierbij asymmetrisch geslepen wordt vermindert eveneens de kans op het optreden van booggeluid.

6.4 Wioldempers

Bij wioldempers wordt het wiel van het lightrail voertuig met speciale blokken verzwaaard zodat het minder geluid zal afstralen, waarmee de geluidproductie verminderd. Een voorwaarde is dat deze maatregel door de vervoerder moet worden uitgevoerd en pas effectief is indien al de voertuigen voorzien zijn van de stillere wielen.



Figuur 14: Wioldempers

6.5 Rijgedrag

De krachten die tijdens het rijden door een bocht tussen wiel en rails optreden, zijn afhankelijk van de snelheid. Belangrijk is dat de bochten met de juiste snelheid en rustig bereden worden. De krappe bochten in de binnenstedelijke situaties initiëren een dergelijk rijgedrag.

7 Geluidniveaus na maatregelen

Met de in het vorige hoofdstuk beschreven maatregelen van:

- smering van kop en flens van rail en wiel;
- wioldempers;
- regelmatig onderhoud;

is het mogelijk booggeluid significant met ca 20 dB te reduceren, waarmee de geluidniveaus passen binnen het heersende binnenstedelijke geluidbeeld en de situatie als aanvaardbaar wordt beoordeeld.

Daarnaast wordt geadviseerd om daar waar het ontwerp nog vrijheid kent, te streven naar ruimere bogen.

8 Conclusies

- De Tram Vlaanderen Maastricht (TVM) kent in het binnenstedelijke Maastricht enkele krappe bogen met boogstralen van 30-45m.
- Bij deze bogen is er zonder aanvullende maatregelen een gerede kans op booggeluid, waarbij voor de gevels geluidniveaus mogelijk zijn van maximaal 80-90 dB(A). Deze niveaus kunnen, mede door het scherp klinkende karakter, als hinderlijk worden ervaren.
- Hoewel er geen wetgeving voor dit booggeluid is, is het vanuit een goede ruimtelijke ordening gewenst met de beste technische middelen (Best Technical Means) deze geluidniveaus te beperken en te voorkomen.
- Er zijn technieken voorhanden om booggeluid, ook bij krappe bogen, effectief te bestrijden. Dit vergt maatregelen bij de infra en de vervoerder, in combinatie met goed en regelmatig onderhoud en een beheerst rijgedrag.

Colofon

Opdrachtgever Arcadis Nederland BV
Divisie M&R Arnhem

Uitgave Movares Nederland B.V.
Daalseplein 101
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 0302653739

Ondertekenaar ir. Ph.H. van den Dool
Senior Adviseur

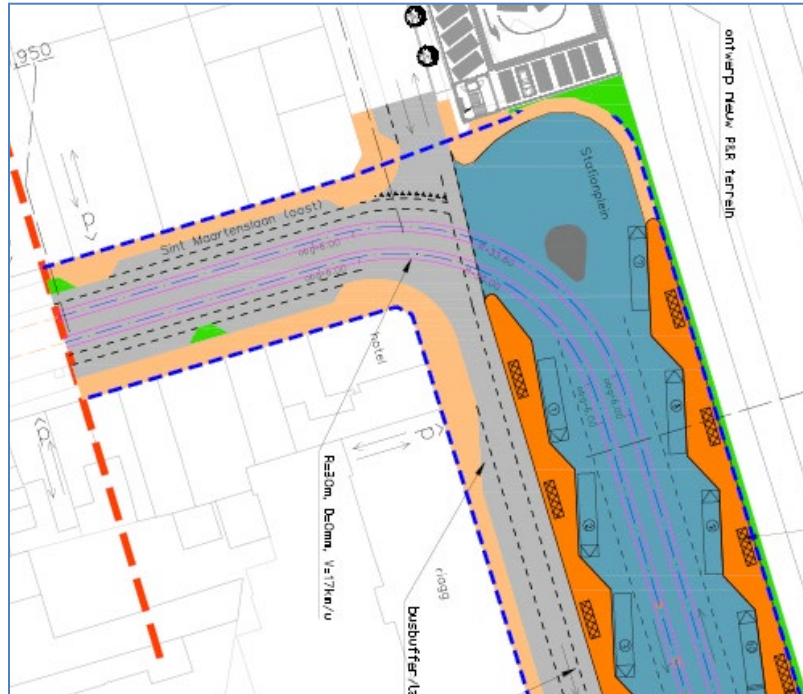
Projectnummer RM002538

Opgesteld door ir. Ph.H. van den Dool

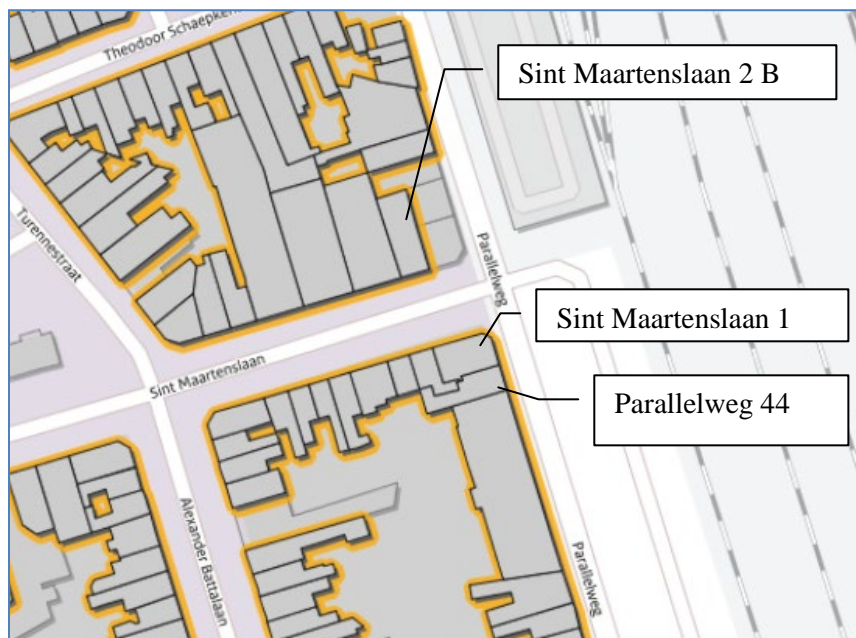
© 2014, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, 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.

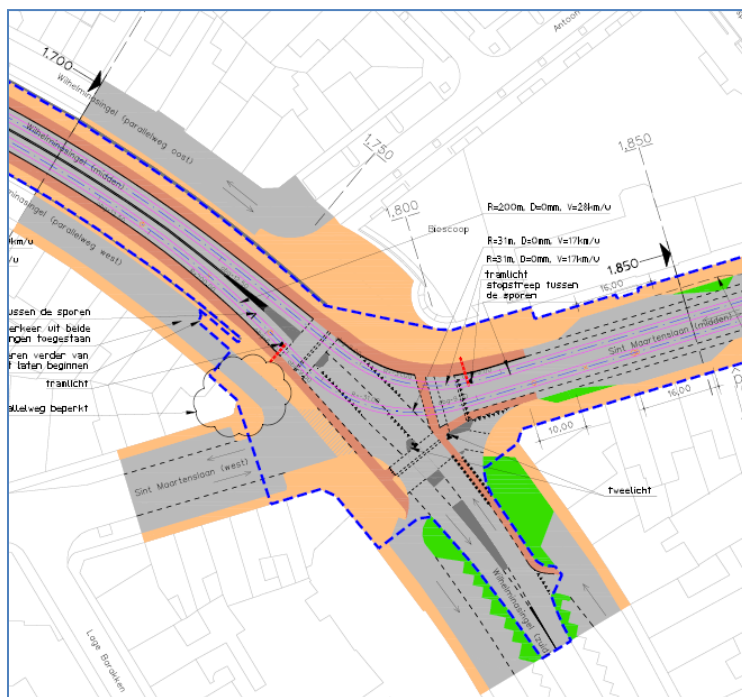
Bijlage I: Bogen Tram Vlaanderen Maastricht



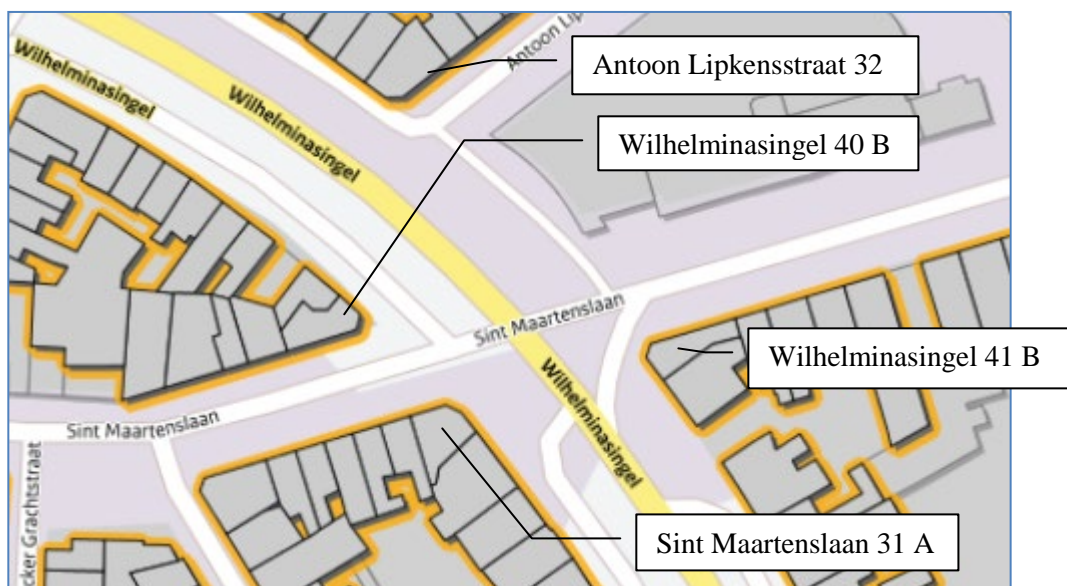
Figuur 15: Boog 1, St. Maartenslaan/Stationplein



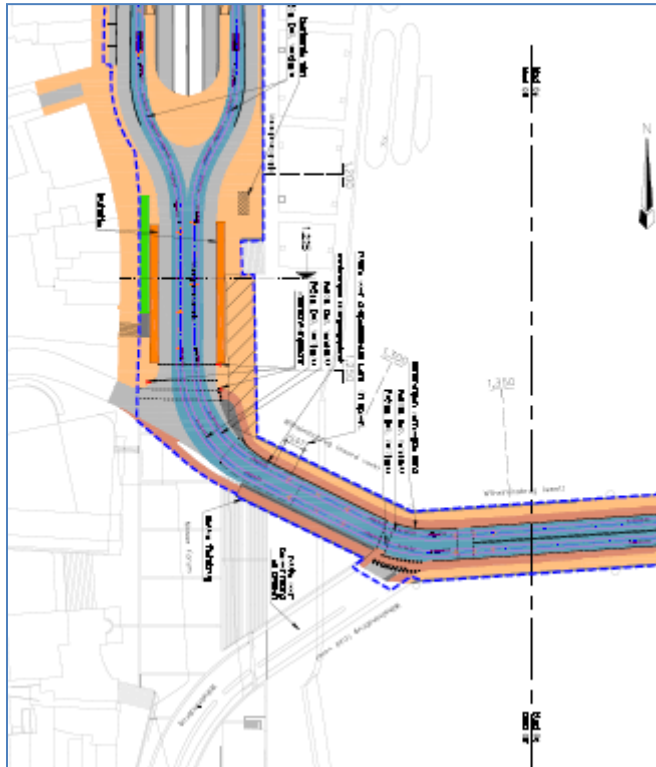
Afstand Sint Maartenslaan 1, tot dichts bijgelegen bocht Afstand 12m
Afstand Sint Maartenslaan 2B, tot dichts bijgelegen bocht Afstand 25m
Afstand Parallelweg 44, tot dichts bijgelegen bocht Afstand 17m



Figuur 16: Boog 2, Wilhelminasingel/St. Maartenslaan



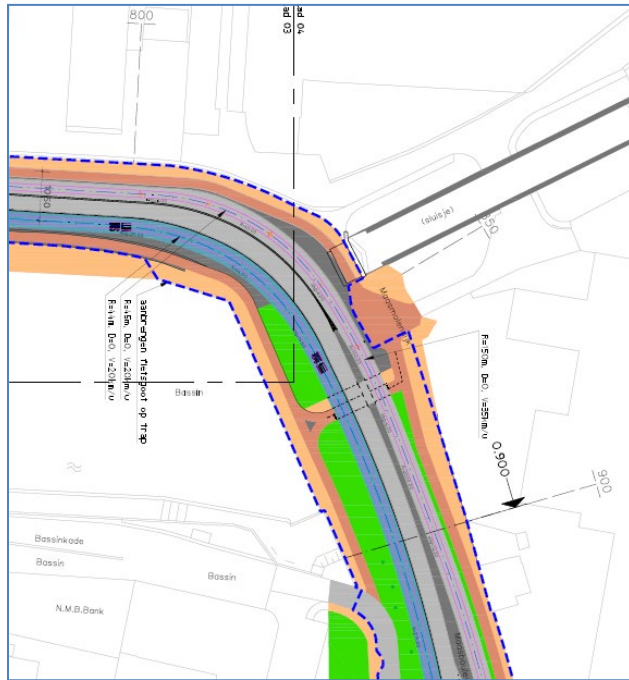
Afstand Antoon Lipkensstraat 32, tot dichtsbijgelegen bocht Afstand 45m
 Afstand Wilhelminasingel 40 B, tot dichtsbijgelegen bocht Afstand 30m
 Afstand Sint Maartenslaan 31 A, tot dichtsbijgelegen bocht Afstand 20m
 Afstand Wilhelminasingel 41 B, tot dichtsbijgelegen bocht Afstand 25m



Figuur 17 Boog 3, Wilhelminabrug/ Maasboulevard



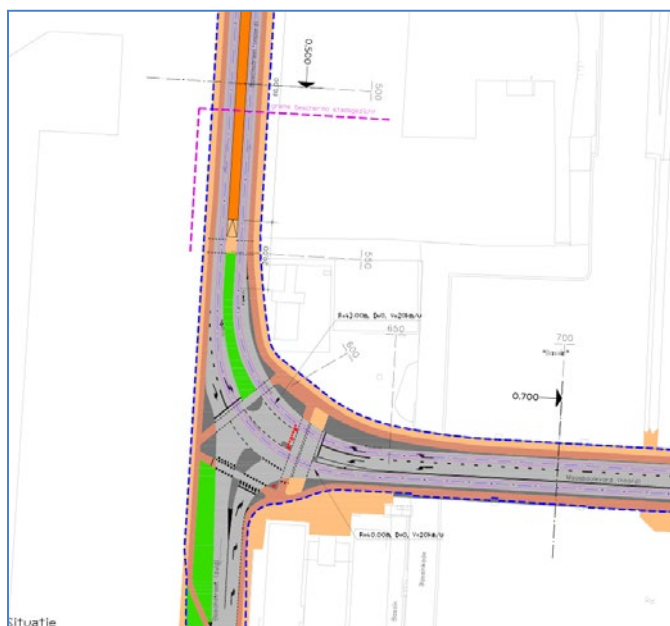
Afstand van Gubbelstraat 2 en van Hasseltkade 20-24 tot dichtsbijgelegen bocht 30m



Figuur 18: Boog 4, Maasboulevard - Maasmolendijk



Afstand Bassin 180 tot dichtsbijgelegen bocht 90m



Figuur 19: Boog 5, Maasboulevard /Boschstraat



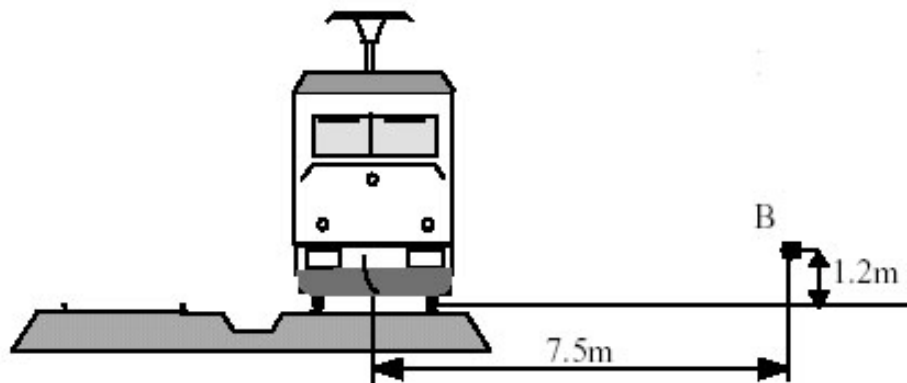
Figuur 20 : Bocht 5, locatie geluidgevoelige objecten

Afstand Maasboulevard 2-22 tot dichtsbijgelegen bocht 35m

Bijlage II : Meetmethode en meetapparatuur

Meetmethode

De metingen zijn, waar mogelijk, uitgevoerd volgens ISO 3095 en het meetprotocol booggeluid. De metingen worden uitgevoerd op 7,5 meter van het hart van het spoor, waarbij de microfoons op een hoogte van 1,20 meter boven de bovenzijde spoorstaaf zijn opgesteld. Van de passage door de boog wordt het equivalente geluidsdruk niveau (L_{Aeq}) gemeten alsmede de maximale optredende geluidsdruk (L_{Amax}).



Gebruikte apparatuur

De geluidmetingen zijn uitgevoerd met de volgende apparatuur:

- Analyzer 2250, fabrikaat Brüel & Kjaer (binnenbogen);
- ½ inch microfoon 4189, firma Brüel & Kjaer (idem);
- Brüel & Kjaer Analyzer 2250 firma Brüel & Kjaer (buitenbogen);
- ½ inch microfoon 4189, firma Brüel & Kjaer (idem);
- Statieven Manfrotto;
- Brüel & Kjaer ijctoongenerator 9230.

Kalibratie

De laatste kalibratie is uitgevoerd op 30 juni 2014 door de firma Brüel & Kjaer.

Gebruikte software

De metingen zijn verwerkt en geanalyseerd met behulp van het verwerkingsprogramma Evaluator 7820 van de firma Brüel & Kjaer. De resultaten zijn verder met Excel (Microsoft) bewerkt.

Meteocondities

Datum	Tijd [uren]	Temperatuur [°C]	Windsnelheid [m/s]	Richting
01-11-2014	10.20 - 13.30	18-20	1-2	Zuid

MEMO

Onderwerp:
Resultaten aanvullend geluidonderzoek "Floating
Slab" op basis locaties trillingsonderzoek

Arnhem,
13 november 2014

Projectnummer:
B02046.000017.0200

DIVISIE WATER & MILIEU

Van:
Erik Leushuis

Opgesteld door:
Erik Leushuis

Afdeling:
Divisie Water & Milieu

Ons kenmerk:
078147594:A

Aan:
Gemeente Maastricht

Kopieën aan:

Inleiding

In het kader van het bestemmingsplan "Tramverbinding Vlaanderen Maastricht (TVM)" is een akoestisch rapport opgesteld (4 november 2013, kenmerk 077146317:C - Definitief) waarin de akoestische gevolgen van de nieuw te realiseren tramverbinding zijn beschreven. Naast het geluidsonderzoek is er (naderhand) ook een trillingsonderzoek voor het bestemmingsplan uitgevoerd. De bevindingen uit het trillingsonderzoek zijn gerapporteerd in het rapport "Tram Vlaanderen Maastricht, Actualisatie prognose trillingen", 27-10-2014, Arcadis, projectnummer C.05057.000014, kenmerk 078107541:A, status Definitief. In het rapport wordt geadviseerd op een drietal locaties de maatregel "floating slab" toe te passen. De locaties zijn in deze memo weergegeven in bijlage 1.

Toepassen "floating slab" als trillingsmaatregel

Voor de Regiotram Groningen is destijds ook onderzoek naar de effecten van geluid- en trillingen uitgevoerd. Binnen dit Groningse project is destijds ook op de delen van het tramtracé geadviseerd voor de trambaan gebruik te maken van een "floating slab" constructie. In het onderzoek wordt door adviesbureau Dgmr aangegeven dat de geluidsuitstraling vanwege de "floating slab" constructie ter plaatse toeneemt met 2 dB bij een snelheid van circa 15 km/uur en met 3 dB bij hogere snelheden (tot 70 km/uur). Bij de geluidadviseur (Dgmr) is in het kader van dit onderzoek navraag gedaan naar de manier waarop de veronderstelde toeslagen zijn bepaald (hoe is er gemeten, welke "floating slab" constructie, welk materieel, welke omstandigheden etc.). De adviseur heeft aangegeven dat de toeslag voor "floating slab" is gebaseerd op meetexpertise binnen diverse andere projecten, zonder hiervoor concrete gegevens te kunnen overleggen.

Op basis van deze informatie is voor de drie trajectdelen/locaties van het binnenstedelijke tracé waar "floating slab" als maatregel voor trillingen wordt toegepast, rekening gehouden met een toeslag van 3 dB op de geluidemissie van de tram. Deze locaties zijn weergegeven in bijlage 1.

Aanpassen rijnsnelheid tram op de Maasboulevard

Inmiddels blijkt uit reistijdberekeningen dat er op het binnenstedelijk tramtracé nergens een snelheid wordt gereden die hoger is dan 30 km/uur. In het akoestisch onderzoek dat ten behoeve van het bestemmingsplan “Tramverbinding Vlaanderen Maastricht” is opgesteld, is met uitzondering van de Maasboulevard uitgegaan van een snelheid van maximaal 30 km/uur (of lager) voor de tram. De snelheid van de tram op de Maasboulevard is voor dit aanvullende onderzoek aangepast op 30 km/uur. De verlaging van de rijnsnelheid op de Maasboulevard levert een verlaging van de geluidemissie van de tram op van 3 dB (zie bijlage 2).

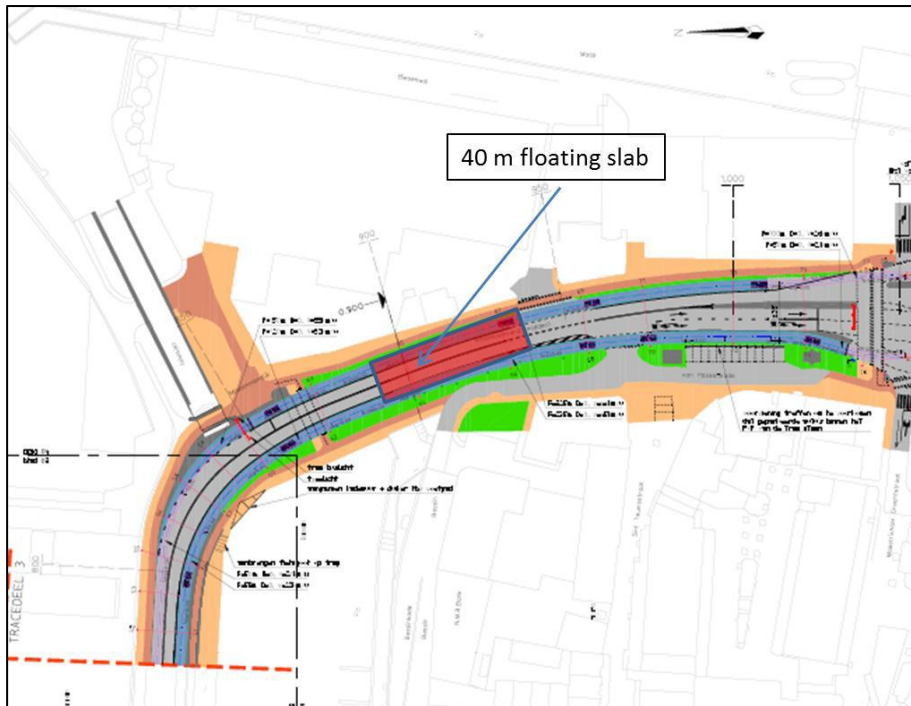
Aanvullende akoestische berekeningen en resultaten

Op basis van de actuele inzichten is onderzocht of bij een toeslag van 3 dB op de locaties waar floating slab als trillingsmaatregel nodig is, er zich langs het tramtracé een reconstructiesituatie in de zin van de Wet geluidhinder (Wgh) voordoet. Omdat het tramlawaai samen met het wegverkeer wordt beoordeeld kan het zo zijn dat bij relatief drukke wegen met een relatief hoge verkeersintensiteit de tram een ondergeschikte bijdrage levert. Hierdoor is het mogelijk dat er bij een extra toeslag van 3 dB vanwege de “floating slab” constructie er geen reconstructie in de zin van de Wgh optreedt. Bij wegen waar de intensiteit van het wegverkeer lager is en de tram een maatgevender bijdrage levert, kan er wel sprake zijn van een reconstructie, maar kunnen wellicht geluidseffecten ook weggenomen worden door bv het ter plaatse toepassen van geluidsarm asfalt voor (met name) het wegverkeer.

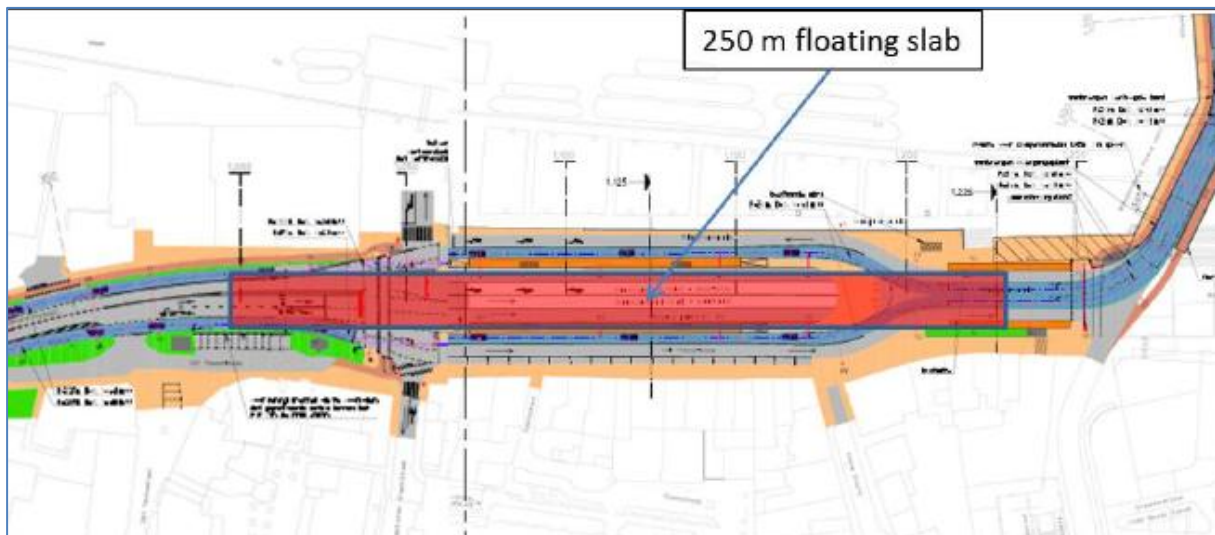
Uit de resultaten blijkt dat er nergens een reconstructie in de zin van de Wet geluidhinder optreedt. De grootste toename bedraagt afgerond 1 dB (1,47 dB) voor de woning van Hasseltkade 22 en blijft daarmee onder de reconstructiegrens. De berekeningsresultaten zijn weergegeven in bijlage 3.

Omdat er voor geen enkele geluidsgevoelige bestemming een reconstructie in de zin van de Wet geluidhinder aanwezig is, is het niet nodig aanvullende geluidmaatregelen te treffen, zoals bv het toepassen van geluidsarm asfalt.

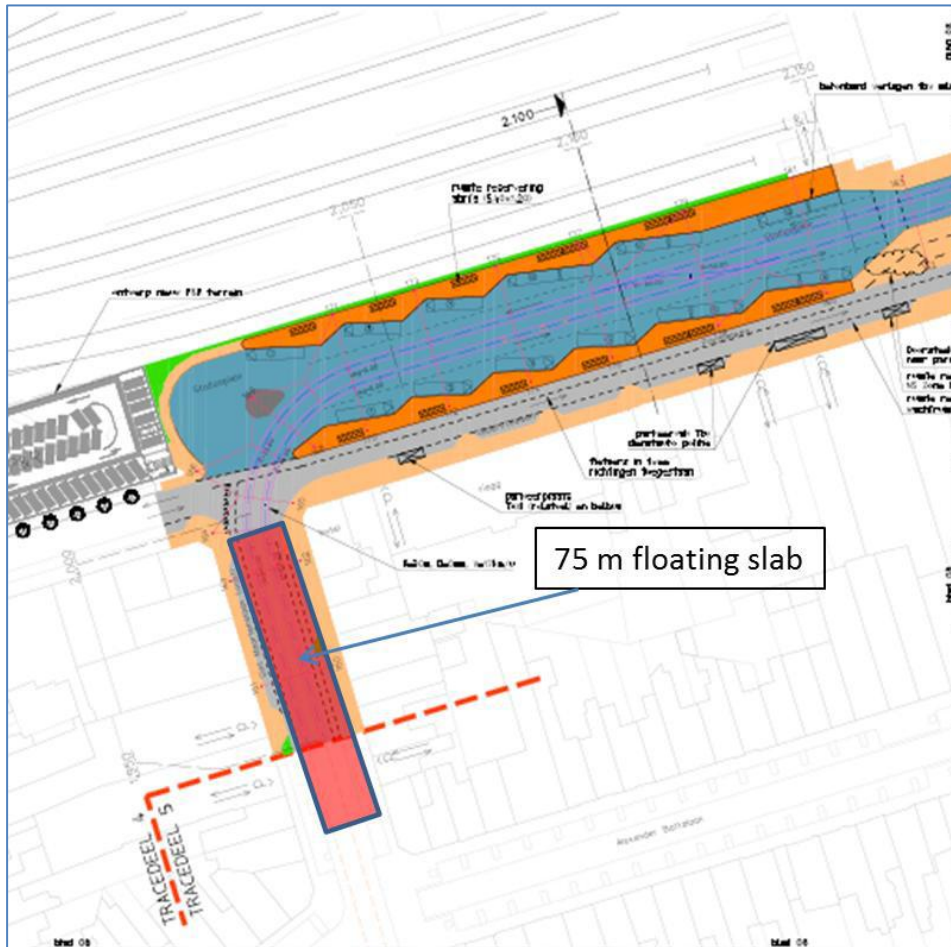
Bijlage 1: Locaties waar “floating slab” als trillingsmaatregel wordt toegepast



Figuur B1.1 Situatie Maasmolendijk met trillingsbeperkende maatregel (floating slab).



Figuur B1.2 Situatie Van Hasseltkade met trillingsbeperkende maatregel (floating slab).



Figuur B1.3 Situatie St. Maartenslaan met trillingsbeperkende maatregel (floating slab).

Bijlage 2: Aanpassen bronvermogens Tram Maasboulevard

In navolgende tabellen zijn per wegdeel de geluidemissies van de trambaan, gebaseerd op respectievelijk 2 trams in de dagperiode, 1,25 trams in de avondperiode en 1,125 trams in de nachtperiode per uur per richting, weergegeven. Op basis van uitgevoerde reistijdberekeningen blijkt dat er op het binnenstedelijk tramtracé nergens een snelheid wordt gereden die hoger is dan 30 km/uur. Omdat in het oorspronkelijke onderzoek voor de Maasboulevard is uitgegaan van een rijnsnelheid van 40 km/uur, is deze snelheid op gewijzigd in maximaal 30 km/uur. De verlaging van de rijnsnelheid op de Maasboulevard houdt in dat de geluidemissie van de tram met circa 3 dB afneemt. Voor de overige wegen is een snelheid voor de tram gehanteerd van 30 km/uur of lager.

Tabel B2.1: Uitgangspunten en geluidemissie per weg(deel) voor 2 trams per uur per richting in de dagperiode

Weg(deel)	Gem. snelheid [km/h]	Wegdek	Emissie [in dB(A)]								
			63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Tot.
Maasboulevard, 30 km/h	30	Asfalt	64.0	79.0	84.0	88.0	88.0	85.0	77.0	68.0	93.0
Maasboulevard, 40 km/h	40	Asfalt	65.0	81.0	86.0	90.0	92.0	89.0	81.0	71.0	96.0

Tabel B2.2: Uitgangspunten en geluidemissie per weg(deel) voor 1,25 trams per uur per richting in de avondperiode

Weg(deel)	Gem. snelheid [km/h]	Wegdek	Emissie [in dB(A)]								
			63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Tot.
Maasboulevard, 30 km/h	30	Asfalt	62.0	77.0	82.0	86.0	86.0	83.0	75.0	66.0	91.0
Maasboulevard, 40 km/h	40	Asfalt	63.0	79.0	84.0	88.0	90.0	87.0	79.0	69.0	94.0

Tabel B2.3: Uitgangspunten en geluidemissie per weg(deel) voor 1,125 trams per uur per richting in de nachtperiode

Weg(deel)	Gem. snelheid [km/h]	Wegdek	Emissie [in dB(A)]								
			63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	Tot.
Maasboulevard, 30 km/h	30	Asfalt	61.5	76.5	81.5	85.5	85.5	82.5	74.5	65.5	90.5
Maasboulevard, 40 km/h	40	Asfalt	62.5	78.5	83.5	87.5	89.5	86.5	78.5	68.5	93.5

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
0001_A	Maasmolendijk 24	1.5	--	64.9	64.9	62.5	(61.5)	(55.7)	-2.4	Nee
0001_B	Maasmolendijk 24	4.5	--	64.9	64.9	62.5	(61.6)	(55.1)	-2.4	Nee
0001_C	Maasmolendijk 24	7.5	--	64.3	64.3	62.0	(61.3)	(54.0)	-2.3	Nee
0010a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	42.0	48.0	40.0	(39.6)	(29.6)	-8.0	Nee
0010a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	46.0	48.0	44.1	(43.8)	(33.0)	-3.9	Nee
0010a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	47.9	48.0	45.8	(45.5)	(34.7)	-2.2	Nee
0010a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	48.9	48.9	47.0	(46.6)	(36.0)	-1.9	Nee
0010a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	49.9	49.9	47.8	(47.5)	(36.8)	-2.1	Nee
0010a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	50.2	50.2	48.1	(47.7)	(37.1)	-2.1	Nee
0010b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	50.2	50.2	48.1	(47.7)	(37.2)	-2.1	Nee
0011a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	44.4	48.0	42.1	(41.7)	(31.2)	-5.9	Nee
0011a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	47.7	48.0	45.4	(45.0)	(34.5)	-2.6	Nee
0011a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	49.0	49.0	46.9	(46.5)	(35.9)	-2.1	Nee
0011a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	49.5	49.5	47.4	(47.0)	(36.4)	-2.1	Nee
0011a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	49.7	54.0	47.6	(47.2)	(36.7)	-6.4	Nee
0011a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	49.8	54.0	47.8	(47.4)	(36.9)	-6.2	Nee
0011b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	49.8	50.0	47.7	(47.3)	(36.8)	-2.3	Nee
0012a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	45.4	52.0	43.1	(42.8)	(32.2)	-8.9	Nee
0012a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	48.8	53.0	46.6	(46.2)	(35.5)	-6.4	Nee
0012a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	50.3	53.0	48.0	(47.7)	(37.0)	-5.0	Nee
0012a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	50.8	53.0	48.5	(48.1)	(37.5)	-4.5	Nee
0012a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	50.2	53.0	47.9	(47.5)	(37.0)	-5.1	Nee
0012a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	50.2	51.0	47.9	(47.5)	(37.0)	-3.1	Nee
0012b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	50.2	51.0	47.9	(47.5)	(37.0)	-3.2	Nee
0013a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	45.6	52.0	43.4	(43.0)	(32.5)	-8.6	Nee
0013a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	49.1	52.0	47.1	(46.8)	(35.9)	-4.9	Nee
0013a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	50.6	51.0	48.5	(48.1)	(37.2)	-2.5	Nee
0013a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	51.0	49.0	48.9	(48.6)	(37.7)	-0.1	Nee
0013a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	51.2	50.0	48.3	(48.0)	(37.4)	-1.7	Nee
0013a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	50.6	50.0	48.3	(48.0)	(37.4)	-1.7	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
0013b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	50.7	50.0	48.4	(48.0)	(37.6)	-1.6	Nee
0014a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	46.6	50.0	44.2	(43.8)	(33.5)	-5.8	Nee
0014a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	50.2	49.0	47.7	(47.4)	(36.8)	-1.3	Nee
0014a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	51.2	49.0	48.8	(48.4)	(37.8)	-0.3	Nee
0014a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	51.4	50.0	49.1	(48.8)	(38.0)	-0.9	Nee
0014a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	51.5	50.0	49.2	(48.9)	(38.2)	-0.8	Nee
0014a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	51.1	51.1	48.8	(48.5)	(38.0)	-2.3	Nee
0014b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	51.2	51.2	48.9	(48.5)	(38.1)	-2.3	Nee
0015a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	47.2	48.0	44.9	(44.5)	(34.2)	-3.1	Nee
0015a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	50.7	50.7	48.5	(48.1)	(37.4)	-2.3	Nee
0015a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	51.7	51.7	49.5	(49.1)	(38.4)	-2.2	Nee
0015a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	51.5	51.5	49.3	(48.9)	(38.2)	-2.2	Nee
0015a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	51.6	51.6	49.3	(49.0)	(38.3)	-2.2	Nee
0015a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	51.6	51.6	49.3	(49.0)	(38.3)	-2.3	Nee
0015b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	51.4	51.4	49.3	(48.9)	(38.3)	-2.2	Nee
0016a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	48.0	48.0	45.5	(45.1)	(34.9)	-2.5	Nee
0016a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	51.1	51.1	48.9	(48.6)	(37.9)	-2.1	Nee
0016a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	52.1	52.1	49.9	(49.5)	(38.8)	-2.2	Nee
0016a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	52.2	52.2	50.1	(49.7)	(39.0)	-2.2	Nee
0016a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	51.8	51.8	49.6	(49.3)	(38.6)	-2.1	Nee
0016a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	51.8	51.8	49.7	(49.3)	(38.7)	-2.1	Nee
0016b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	51.8	51.8	49.6	(49.2)	(38.8)	-2.2	Nee
0017a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	48.0	48.0	45.4	(45.0)	(34.7)	-2.7	Nee
0017a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	51.0	51.0	48.7	(48.3)	(37.9)	-2.3	Nee
0017a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	51.9	51.9	49.7	(49.3)	(38.9)	-2.2	Nee
0017a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	52.1	52.1	49.9	(49.5)	(39.1)	-2.2	Nee
0017a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	51.6	51.6	49.4	(49.0)	(38.9)	-2.2	Nee
0017a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	51.6	51.6	49.5	(49.1)	(38.8)	-2.2	Nee
0017b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	51.7	51.7	49.5	(49.1)	(38.9)	-2.2	Nee
0018a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	46.7	48.0	44.7	(44.3)	(34.1)	-3.3	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
0018a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	50.2	50.2	48.2	(47.8)	(37.4)	-2.0	Nee
0018a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	51.2	51.2	49.2	(48.8)	(38.5)	-2.0	Nee
0018a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	51.5	51.5	49.4	(49.0)	(38.7)	-2.1	Nee
0018a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	51.5	51.5	49.4	(49.0)	(38.7)	-2.1	Nee
0018a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	51.1	51.1	49.0	(48.6)	(38.4)	-2.1	Nee
0018b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	51.1	51.1	49.1	(48.7)	(38.5)	-2.0	Nee
0019a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	45.9	48.0	44.0	(43.6)	(33.0)	-4.0	Nee
0019a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	49.4	49.4	47.5	(47.2)	(36.5)	-1.9	Nee
0019a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	50.4	50.4	48.5	(48.2)	(37.6)	-1.9	Nee
0019a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	50.6	50.6	48.6	(48.2)	(37.8)	-2.0	Nee
0019a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	50.6	50.6	48.6	(48.3)	(37.8)	-2.0	Nee
0019a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	50.5	50.5	48.3	(47.9)	(37.8)	-2.2	Nee
0019b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	50.4	50.4	48.5	(48.1)	(37.7)	-1.9	Nee
0020a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	42.6	48.0	40.4	(40.1)	(29.7)	-7.6	Nee
0020a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	46.8	48.0	44.8	(44.4)	(33.5)	-3.2	Nee
0020a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	48.0	48.0	45.9	(45.6)	(34.8)	-2.1	Nee
0020a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	48.4	48.4	46.1	(45.8)	(35.2)	-2.2	Nee
0020a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	48.4	48.4	46.3	(45.9)	(35.4)	-2.2	Nee
0020a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	48.9	48.9	46.7	(46.3)	(35.9)	-2.2	Nee
0020b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	48.4	48.4	46.3	(45.8)	(36.0)	-2.1	Nee
0021a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	40.5	48.0	38.4	(38.1)	(27.5)	-9.6	Nee
0021a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	44.9	48.0	42.8	(42.4)	(31.4)	-5.2	Nee
0021a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	46.3	48.0	44.1	(43.7)	(32.8)	-3.9	Nee
0021a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	46.7	48.0	44.5	(44.2)	(33.3)	-3.5	Nee
0021a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	46.9	48.0	44.4	(44.1)	(33.5)	-3.6	Nee
0021a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	47.2	48.0	45.0	(44.6)	(34.2)	-3.0	Nee
0021b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	47.7	48.0	45.5	(45.1)	(34.7)	-2.5	Nee
0022a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	39.5	48.0	37.3	(36.9)	(26.4)	-10.8	Nee
0022a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	43.4	48.0	41.0	(40.7)	(29.5)	-7.0	Nee
0022a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	44.8	48.0	42.3	(42.0)	(31.0)	-5.7	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Bijlage 3

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
0022a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	45.3	48.0	42.9	(42.5)	(31.7)	-5.2	Nee
0022a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	45.6	48.0	43.2	(42.8)	(32.1)	-4.8	Nee
0022a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	46.0	48.0	43.6	(43.3)	(32.7)	-4.4	Nee
0022b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	46.4	48.0	44.1	(43.7)	(33.4)	-3.9	Nee
0023a_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	7.5	--	38.8	48.0	36.5	(36.1)	(25.8)	-11.5	Nee
0023a_B	Nieuwbouw locatie Sphinx	10.5	--	42.2	48.0	39.9	(39.6)	(28.2)	-8.1	Nee
0023a_C	Nieuwbouw locatie Sphinx	13.5	--	43.4	48.0	41.1	(40.8)	(29.6)	-6.9	Nee
0023a_D	Nieuwbouw locatie Sphinx	16.5	--	44.0	48.0	41.8	(41.4)	(30.4)	-6.2	Nee
0023a_E	Nieuwbouw locatie Sphinx	19.5	--	44.4	48.0	42.1	(41.8)	(30.8)	-5.9	Nee
0023a_F	Nieuwbouw locatie Sphinx	22.5	--	45.1	48.0	42.7	(42.3)	(31.6)	-5.3	Nee
0023b_A	Nieuwbouw locatie Sphinx	25.5	--	45.6	48.0	43.5	(43.2)	(32.5)	-4.5	Nee
0203_A	Sint Teunisstraat 12A t/m 24C	1.5	--	50.0	50.0	48.9	(48.4)	(39.3)	-1.1	Nee
0203_B	Sint Teunisstraat 12A t/m 24C	4.5	--	51.7	51.7	50.5	(50.0)	(41.0)	-1.2	Nee
0203_C	Sint Teunisstraat 12A t/m 24C	7.5	--	52.0	52.0	51.2	(50.7)	(41.6)	-0.7	Nee
0296_A	Bassin 186 - Onderwijsfunctie	1.5	--	56.8	56.8	55.1	(54.5)	(46.4)	-1.7	Nee
0296_B	Bassin 186 - Onderwijsfunctie	4.5	--	58.5	58.5	56.8	(56.1)	(48.3)	-1.8	Nee
0296_C	Bassin 186 - Onderwijsfunctie	7.5	--	58.5	58.5	56.8	(56.1)	(48.3)	-1.8	Nee
0297_A	Bassin 184 - Onderwijsfunctie	1.5	--	54.6	54.6	52.5	(52.1)	(42.3)	-2.1	Nee
0297_B	Bassin 184 - Onderwijsfunctie	4.5	--	55.2	55.2	53.1	(52.7)	(43.0)	-2.1	Nee
0297_C	Bassin 184 - Onderwijsfunctie	7.5	--	55.5	55.5	53.4	(52.9)	(43.3)	-2.1	Nee
0453_B	Sint Teunisstraat 1 t/m 11B	4.5	--	56.5	56.5	55.3	(54.8)	(45.5)	-1.2	Nee
0453_C	Sint Teunisstraat 1 t/m 11B	7.5	--	56.4	56.4	55.2	(54.7)	(45.5)	-1.3	Nee
0453_D	Sint Teunisstraat 1 t/m 11B	10.5	--	56.1	56.1	54.9	(54.4)	(45.4)	-1.2	Nee
0484_A	Sint Teunisstraat 2A t/m 10D	1.5	--	60.9	60.9	59.3	(58.7)	(50.3)	-1.6	Nee
0484_B	Sint Teunisstraat 2A t/m 10D	4.5	--	61.6	61.6	60.0	(59.4)	(51.2)	-1.6	Nee
0484_C	Sint Teunisstraat 2A t/m 10D	7.5	--	61.4	61.4	59.9	(59.2)	(51.1)	-1.6	Nee
0484_D	Sint Teunisstraat 2A t/m 10D	10.5	--	61.2	61.2	59.6	(59.0)	(50.9)	-1.6	Nee
0521_A	Maastrichter Grachtstraat 1BC	1.5	--	54.9	54.9	54.4	(53.6)	(46.7)	-0.6	Nee
0521_B	Maastrichter Grachtstraat 1BC	4.5	--	56.1	56.1	55.6	(54.8)	(47.9)	-0.5	Nee
0745_A	Kleine Gracht 1	1.5	--	41.8	48.0	43.6	(42.0)	(38.5)	-4.4	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
0745_B	Kleine Gracht 1	4.5	--	43.3	48.0	45.1	(43.4)	(40.3)	-2.9	Nee
0745_C	Kleine Gracht 1	7.5	--	44.0	48.0	45.7	(44.0)	(40.7)	-2.3	Nee
0746_A	Kleine Gracht 7	1.5	--	35.5	48.0	37.1	(35.5)	(32.1)	-10.9	Nee
0746_B	Kleine Gracht 7	4.5	--	37.3	48.0	38.7	(37.1)	(33.5)	-9.3	Nee
0746_C	Kleine Gracht 7	7.5	--	38.5	48.0	39.8	(38.1)	(34.7)	-8.2	Nee
0766_A	Kleine Gracht 10D	1.5	--	39.3	48.0	40.9	(39.6)	(35.1)	-7.1	Nee
0766_B	Kleine Gracht 10D	4.5	--	41.2	48.0	42.8	(41.5)	(36.9)	-5.2	Nee
0766_C	Kleine Gracht 10D	7.5	--	41.8	48.0	43.3	(42.0)	(37.4)	-4.7	Nee
0777_A	Van Hasselkade 3A t/m 3K	1.5	--	59.6	59.6	58.7	(57.8)	(51.7)	-0.9	Nee
0777_B	Van Hasselkade 3A t/m 3K	4.5	--	60.5	60.5	59.8	(58.9)	(52.4)	-0.7	Nee
0777_C	Van Hasselkade 3A t/m 3K	7.5	--	60.1	60.1	59.5	(58.6)	(52.1)	-0.6	Nee
0778_A	Van Hasselkade 5	1.5	--	59.9	59.9	60.6	(60.0)	(52.1)	0.7	Nee
0778_B	Van Hasselkade 5	4.5	--	60.5	60.5	61.0	(60.3)	(52.6)	0.5	Nee
0778_C	Van Hasselkade 5	7.5	--	60.3	60.3	60.6	(59.9)	(52.3)	0.3	Nee
0779_A	Van Hasselkade 9	1.5	--	61.6	61.6	60.7	(60.0)	(52.5)	-0.9	Nee
0779_B	Van Hasselkade 9	4.5	--	61.9	61.9	60.9	(60.2)	(52.7)	-1.0	Nee
0779_C	Van Hasselkade 9	7.5	--	61.5	61.5	60.3	(59.6)	(52.3)	-1.1	Nee
0780_A	Van Hasselkade 11	1.5	--	60.4	60.4	60.0	(59.2)	(52.3)	-0.4	Nee
0780_B	Van Hasselkade 11	4.5	--	61.2	61.2	60.4	(59.6)	(52.5)	-0.8	Nee
0780_C	Van Hasselkade 11	7.5	--	60.8	60.8	59.9	(59.1)	(52.1)	-0.9	Nee
0781_A	Van Hasselkade 15	1.5	--	58.8	58.8	59.3	(58.3)	(52.1)	0.4	Nee
0781_B	Van Hasselkade 15	4.5	--	60.3	60.3	59.8	(59.0)	(52.3)	-0.5	Nee
0781_C	Van Hasselkade 15	7.5	--	59.9	59.9	59.4	(58.6)	(52.0)	-0.5	Nee
0782_A	Van Hasselkade 17	1.5	--	58.3	58.3	59.0	(58.1)	(52.0)	0.8	Nee
0782_B	Van Hasselkade 17	4.5	--	59.8	59.8	59.6	(58.7)	(52.3)	-0.3	Nee
0782_C	Van Hasselkade 17	7.5	--	59.5	59.5	59.2	(58.3)	(52.0)	-0.3	Nee
0786_A	Van Hasselkade 1A t/m D	1.5	--	60.4	60.4	59.1	(58.3)	(50.9)	-1.3	Nee
0786_B	Van Hasselkade 1A t/m D	4.5	--	61.0	61.0	60.1	(59.4)	(51.8)	-1.0	Nee
0786_C	Van Hasselkade 1A t/m D	7.5	--	60.7	60.7	59.6	(58.9)	(51.6)	-1.1	Nee
0790_A	Van Hasselkade 2	1.5	--	60.0	60.0	59.1	(58.2)	(51.8)	-0.9	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
0790_B	Van Hasselkade 2	4.5	--	60.8	60.8	60.1	(59.3)	(52.5)	-0.7	Nee
0790_C	Van Hasselkade 2	7.5	--	60.3	60.3	59.6	(58.8)	(52.2)	-0.7	Nee
0792_A	Van Hasselkade 4	1.5	--	59.5	59.5	58.6	(57.7)	(51.2)	-0.8	Nee
0792_B	Van Hasselkade 4	4.5	--	60.4	60.4	59.6	(58.8)	(52.1)	-0.7	Nee
0792_C	Van Hasselkade 4	7.5	--	60.1	60.1	59.4	(58.6)	(51.8)	-0.7	Nee
0793_A	Van Hasselkade 6	1.5	--	60.4	60.4	60.9	(60.2)	(52.1)	0.5	Nee
0793_B	Van Hasselkade 6	4.5	--	60.9	60.9	61.1	(60.5)	(52.6)	0.3	Nee
0793_C	Van Hasselkade 6	7.5	--	60.6	60.6	60.6	(59.9)	(52.2)	0.0	Nee
0794_A	Van Hasselkade 8	1.5	--	61.8	61.8	60.8	(60.1)	(52.3)	-1.0	Nee
0794_B	Van Hasselkade 8	4.5	--	62.0	62.0	61.0	(60.3)	(52.6)	-1.0	Nee
0794_C	Van Hasselkade 8	7.5	--	61.6	61.6	60.5	(59.8)	(52.3)	-1.2	Nee
0795_A	Van Hasselkade 10	1.5	--	61.1	61.1	60.4	(59.6)	(52.4)	-0.7	Nee
0795_B	Van Hasselkade 10	4.5	--	61.6	61.6	60.7	(59.9)	(52.6)	-0.9	Nee
0795_C	Van Hasselkade 10	7.5	--	61.1	61.1	60.1	(59.4)	(52.2)	-1.0	Nee
0796_A	Van Hasselkade 12	1.5	--	60.0	60.0	59.8	(58.9)	(52.2)	-0.2	Nee
0796_B	Van Hasselkade 12	4.5	--	61.0	61.0	60.2	(59.5)	(52.4)	-0.8	Nee
0796_C	Van Hasselkade 12	7.5	--	60.6	60.6	59.8	(59.0)	(52.0)	-0.8	Nee
0797_A	Van Hasselkade 14A t/m F	1.5	--	59.2	59.2	59.4	(58.5)	(52.1)	0.2	Nee
0797_B	Van Hasselkade 14A t/m F	4.5	--	60.5	60.5	59.9	(59.1)	(52.3)	-0.6	Nee
0797_C	Van Hasselkade 14A t/m F	7.5	--	60.1	60.1	59.5	(58.7)	(52.0)	-0.6	Nee
0963_A	Kleine Gracht 8ABCD	1.5	--	40.2	48.0	41.9	(40.6)	(36.2)	-6.1	Nee
0963_B	Kleine Gracht 8ABCD	4.5	--	42.0	48.0	43.7	(42.4)	(37.9)	-4.3	Nee
0963_C	Kleine Gracht 8ABCD	7.5	--	42.6	48.0	44.2	(42.9)	(38.2)	-3.8	Nee
0968_A	Kleine Gracht 12	1.5	--	38.3	48.0	40.0	(38.8)	(33.6)	-8.1	Nee
0968_B	Kleine Gracht 12	4.5	--	40.2	48.0	41.7	(40.6)	(35.2)	-6.3	Nee
0968_C	Kleine Gracht 12	7.5	--	41.0	48.0	42.4	(41.2)	(36.0)	-5.7	Nee
0969_A	Kleine Gracht 14	1.5	--	37.5	48.0	39.1	(37.8)	(33.3)	-8.9	Nee
0969_B	Kleine Gracht 14	4.5	--	39.3	48.0	40.8	(39.5)	(34.8)	-7.2	Nee
0969_C	Kleine Gracht 14	7.5	--	40.2	48.0	41.6	(40.3)	(35.9)	-6.4	Nee
0984_A	Kleine Gracht 6A t/m 6M	1.5	--	41.8	48.0	43.4	(41.9)	(38.1)	-4.6	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Bijlage 3

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
0984_B	Kleine Gracht 6A t/m 6M	4.5	--	43.5	48.0	45.1	(43.6)	(39.7)	-2.9	Nee
0984_C	Kleine Gracht 6A t/m 6M	7.5	--	44.5	48.0	45.6	(44.2)	(40.1)	-2.4	Nee
0992_A	Van Hasselkade 16A t/m D	1.5	--	58.5	58.5	59.1	(58.2)	(52.0)	0.6	Nee
0992_B	Van Hasselkade 16A t/m D	4.5	--	60.0	60.0	59.7	(58.8)	(52.3)	-0.3	Nee
0992_C	Van Hasselkade 16A t/m D	7.5	--	59.7	59.7	59.3	(58.4)	(52.0)	-0.4	Nee
0996_A	Van Hasselkade 18	1.5	--	58.0	58.0	58.8	(57.9)	(51.8)	0.9	Nee
0996_B	Van Hasselkade 18	4.5	--	59.5	59.5	59.4	(58.4)	(52.3)	-0.1	Nee
0996_C	Van Hasselkade 18	7.5	--	59.2	59.2	59.0	(58.0)	(52.0)	-0.2	Nee
0997_A	Van Hasselkade 21	1.5	--	52.2	52.2	53.3	(50.2)	(50.3)	1.0	Nee
0997_B	Van Hasselkade 21	4.5	--	53.4	53.4	54.3	(51.5)	(51.2)	0.9	Nee
0997_C	Van Hasselkade 21	7.5	--	53.7	53.7	54.4	(51.8)	(51.0)	0.7	Nee
0998_A	Van Hasselkade 21A	1.5	--	51.9	51.9	53.2	(49.9)	(50.4)	1.3	Nee
0998_B	Van Hasselkade 21A	4.5	--	52.8	52.8	54.0	(50.8)	(51.2)	1.3	Nee
0998_C	Van Hasselkade 21A	7.5	--	53.0	53.0	54.0	(51.1)	(50.9)	1.0	Nee
0999_A	Van Hasselkade 23	1.5	--	50.6	50.6	51.8	(48.7)	(49.0)	1.2	Nee
0999_B	Van Hasselkade 23	4.5	--	51.4	51.4	52.6	(49.4)	(49.8)	1.2	Nee
0999_C	Van Hasselkade 23	7.5	--	51.6	51.6	52.6	(49.6)	(49.6)	1.0	Nee
1000_A	Van Hasselkade 22	1.5	--	50.9	50.90	52.37	(49.0)	(49.7)	1.5	Nee
1000_B	Van Hasselkade 22	4.5	--	51.7	51.72	53.12	(49.7)	(50.5)	1.4	Nee
1000_C	Van Hasselkade 22	7.5	--	52.0	52.01	53.03	(49.8)	(50.2)	1.0	Nee
1044_A	Hoenderstraat 1B01 t/m D	1.5	--	25.7	48.0	25.2	(24.0)	(18.9)	-22.8	Nee
1044_B	Hoenderstraat 1B01 t/m D	4.5	--	26.6	48.0	26.3	(25.0)	(20.5)	-21.7	Nee
1044_C	Hoenderstraat 1B01 t/m D	7.5	--	27.9	48.0	28.0	(26.3)	(23.2)	-20.0	Nee
1078_A	Kesselskade 42B	1.5	--	39.6	48.0	38.9	(37.3)	(33.7)	-9.1	Nee
1078_B	Kesselskade 42B	4.5	--	40.6	48.0	39.9	(38.4)	(34.6)	-8.1	Nee
1078_C	Kesselskade 42B	7.5	--	40.9	48.0	40.2	(38.7)	(34.9)	-7.8	Nee
1208_A	Hoenderstraat 14	1.5	--	26.0	48.0	26.7	(25.7)	(19.6)	-21.4	Nee
1208_B	Hoenderstraat 14	4.5	--	27.4	48.0	27.4	(26.5)	(20.5)	-20.6	Nee
1208_C	Hoenderstraat 14	7.5	--	29.3	48.0	29.1	(28.0)	(22.6)	-18.9	Nee
1342_B	Maasboulevard 2B t/m 2F	4.5	--	59.8	59.8	58.4	(58.0)	(47.4)	-1.4	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
1342_C	Maasboulevard 2B t/m 2F	7.5	--	59.8	59.8	58.3	(57.9)	(47.3)	-1.5	Nee
1342_D	Maasboulevard 2B t/m 2F	10.5	--	59.6	59.6	58.0	(57.7)	(47.0)	-1.5	Nee
1342_E	Maasboulevard 2B t/m 2F	13.5	--	59.2	59.2	57.6	(57.3)	(46.6)	-1.6	Nee
1342_F	Maasboulevard 2B t/m 2F	16.5	--	58.9	58.9	57.3	(56.9)	(46.2)	-1.7	Nee
6128_A	Gubbelstraat 22 t/m 26	1.5	--	31.4	48.0	31.9	(30.0)	(27.4)	-16.1	Nee
6128_B	Gubbelstraat 22 t/m 26	4.5	--	32.2	48.0	32.8	(30.9)	(28.5)	-15.2	Nee
6128_C	Gubbelstraat 22 t/m 26	7.5	--	33.0	48.0	33.7	(31.7)	(29.5)	-14.3	Nee
6250_A	Hoenderstraat 2	1.5	--	41.0	48.0	40.6	(38.7)	(36.0)	-7.4	Nee
6250_B	Hoenderstraat 2	4.5	--	41.9	48.0	41.6	(39.8)	(37.0)	-6.4	Nee
6250_C	Hoenderstraat 2	7.5	--	42.5	48.0	42.3	(40.4)	(37.9)	-5.7	Nee
6269_A	Van Hasselkade 24ABC	1.5	--	50.7	50.7	51.3	(48.4)	(48.2)	0.6	Nee
6269_B	Van Hasselkade 24ABC	4.5	--	51.3	51.3	52.2	(49.1)	(49.2)	0.9	Nee
6269_C	Van Hasselkade 24ABC	7.5	--	51.5	51.5	52.2	(49.2)	(49.1)	0.7	Nee
6330_A	Hoenderstraat 6	1.5	--	26.7	48.0	27.3	(25.7)	(22.1)	-20.7	Nee
6330_B	Hoenderstraat 6	4.5	--	28.1	48.0	28.7	(27.0)	(23.7)	-19.4	Nee
6330_C	Hoenderstraat 6	7.5	--	30.9	48.0	31.2	(29.5)	(26.2)	-16.8	Nee
6332_A	Hoenderstraat 10A	1.5	--	26.3	48.0	26.6	(25.6)	(19.6)	-21.4	Nee
6332_B	Hoenderstraat 10A	4.5	--	27.7	48.0	27.7	(26.7)	(21.0)	-20.3	Nee
6332_C	Hoenderstraat 10A	7.5	--	30.1	48.0	29.9	(28.7)	(23.8)	-18.1	Nee
6340_A	Kleine Gracht 5	1.5	--	36.4	48.0	37.9	(36.4)	(32.5)	-10.1	Nee
6340_B	Kleine Gracht 5	4.5	--	38.2	48.0	39.6	(38.2)	(34.0)	-8.4	Nee
6340_C	Kleine Gracht 5	7.5	--	39.2	48.0	40.4	(38.9)	(35.0)	-7.6	Nee
6436_A	Kesselskade 40	1.5	--	37.7	48.0	38.2	(36.1)	(34.1)	-9.8	Nee
6436_B	Kesselskade 40	4.5	--	39.0	48.0	39.3	(37.2)	(35.0)	-8.8	Nee
6436_C	Kesselskade 40	7.5	--	39.7	48.0	39.8	(37.8)	(35.3)	-8.3	Nee
6533_A	Maastrichter Grachtstraat 4A	1.5	--	54.6	54.6	54.6	(53.9)	(46.4)	0.1	Nee
6533_B	Maastrichter Grachtstraat 4A	4.5	--	55.8	55.8	55.7	(54.9)	(47.6)	-0.1	Nee
6533_C	Maastrichter Grachtstraat 4A	7.5	--	55.8	55.8	55.7	(55.0)	(47.6)	-0.1	Nee
6534_A	Van Hasselkade 36	1.5	--	40.7	48.0	41.0	(38.9)	(36.8)	-7.0	Nee
6534_B	Van Hasselkade 36	4.5	--	41.7	48.0	42.1	(39.9)	(38.0)	-5.9	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
6534_C	Van Hasseltkade 36	7.5	--	42.2	48.0	42.8	(40.5)	(38.9)	-5.2	Nee
6540_A	Mosae Forum 133	1.5	--	42.6	48.0	43.3	(40.5)	(40.2)	-4.7	Nee
6540_B	Mosae Forum 133	4.5	--	44.1	48.0	45.3	(42.2)	(42.3)	-2.7	Nee
6540_C	Mosae Forum 133	7.5	--	44.1	48.0	45.4	(42.3)	(42.5)	-2.6	Nee
6541_D	Mosae Forum 163	10.5	--	45.8	48.0	46.8	(44.2)	(43.3)	-1.2	Nee
6546_D	Mosae Forum 18	10.5	--	28.1	48.0	27.4	(26.1)	(21.5)	-20.6	Nee
6547_D	Mosae Forum 24	10.5	--	26.4	48.0	25.3	(24.2)	(18.9)	-22.7	Nee
6552_D	Mosae Forum 144	10.5	--	28.3	48.0	28.7	(26.6)	(24.5)	-19.3	Nee
6763_A	Van Hasseltkade 19A - Logiefunctie	1.5	--	57.3	57.3	58.3	(57.3)	(51.6)	1.0	Nee
6763_B	Van Hasseltkade 19A - Logiefunctie	4.5	--	58.9	58.9	58.9	(57.9)	(52.3)	0.0	Nee
6763_C	Van Hasseltkade 19A - Logiefunctie	7.5	--	58.5	58.5	58.4	(57.3)	(52.2)	0.0	Nee
6766_A	Kleine Gracht 4 - Logiefunctie	1.5	--	46.5	48.0	47.9	(46.3)	(42.7)	-0.1	Nee
6766_B	Kleine Gracht 4 - Logiefunctie	4.5	--	48.1	48.1	49.0	(47.3)	(44.0)	0.9	Nee
6766_C	Kleine Gracht 4 - Logiefunctie	7.5	--	49.2	49.2	49.6	(48.1)	(44.0)	0.3	Nee
6795_A	Boschstraat 3 - On	1.5	--	33.9	48.0	29.4	(28.9)	(19.6)	-18.6	Nee
6795_B	Boschstraat 3 - On	4.5	--	34.5	48.0	30.7	(30.3)	(20.8)	-17.3	Nee
6795_C	Boschstraat 3 - On	7.5	--	35.4	48.0	31.7	(31.3)	(21.4)	-16.3	Nee
6845_A	Maasmolendijk 27 - On	1.5	--	61.3	61.3	59.7	(59.0)	(51.1)	-1.6	Nee
6845_B	Maasmolendijk 27 - On	4.5	--	61.9	61.9	60.3	(59.6)	(51.8)	-1.6	Nee
6845_C	Maasmolendijk 27 - On	7.5	--	61.7	61.7	60.1	(59.5)	(51.7)	-1.6	Nee
6917_A	Maasmolendijk 26 - On	1.5	--	64.5	64.5	61.0	(60.4)	(51.6)	-3.5	Nee
6917_B	Maasmolendijk 26 - On	4.5	--	64.5	64.5	61.2	(60.7)	(51.8)	-3.3	Nee
6917_C	Maasmolendijk 26 - On	7.5	--	64.1	64.1	61.0	(60.5)	(51.3)	-3.2	Nee
7119_A	Bassin 98 t/m 120	1.5	--	52.9	52.9	50.8	(50.4)	(39.5)	-2.2	Nee
7119_B	Bassin 98 t/m 120	4.5	--	53.9	53.9	51.8	(51.4)	(40.9)	-2.1	Nee
7119_C	Bassin 98 t/m 120	7.5	--	54.3	54.3	52.2	(51.8)	(41.6)	-2.1	Nee
7120_A	Bassin 132A t/m 146F	1.5	--	53.5	53.5	51.4	(51.1)	(40.2)	-2.1	Nee
7120_B	Bassin 132A t/m 146F	4.5	--	54.2	54.2	52.2	(51.9)	(41.4)	-2.0	Nee
7120_C	Bassin 132A t/m 146F	7.5	--	54.6	54.6	52.6	(52.2)	(42.0)	-2.0	Nee
7121_A	Bassin 148A	1.5	--	53.8	53.8	51.7	(51.4)	(40.7)	-2.1	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
7121_B	Bassin 148A	4.5	--	54.5	54.5	52.5	(52.1)	(41.8)	-2.0	Nee
7121_C	Bassin 148A	7.5	--	54.7	54.7	52.8	(52.3)	(42.3)	-2.0	Nee
7122_A	Bassin 150C	1.5	--	54.0	54.0	52.0	(51.6)	(40.9)	-2.0	Nee
7122_B	Bassin 150C	4.5	--	54.6	54.6	52.6	(52.3)	(42.0)	-2.0	Nee
7122_C	Bassin 150C	7.5	--	54.9	54.9	52.9	(52.5)	(42.4)	-2.0	Nee
7123_A	Bassin 152A	1.5	--	54.0	54.0	52.0	(51.6)	(41.0)	-2.1	Nee
7123_B	Bassin 152A	4.5	--	54.7	54.7	52.6	(52.3)	(42.0)	-2.0	Nee
7123_C	Bassin 152A	7.5	--	54.9	54.9	52.9	(52.5)	(42.5)	-2.0	Nee
7124_A	Bassin 156D	1.5	--	54.1	54.1	52.0	(51.6)	(41.2)	-2.1	Nee
7124_B	Bassin 156D	4.5	--	54.7	54.7	52.7	(52.3)	(42.1)	-2.1	Nee
7124_C	Bassin 156D	7.5	--	54.9	54.9	52.9	(52.5)	(42.5)	-2.1	Nee
7125_A	Bassin 158D	1.5	--	54.2	54.2	52.1	(51.8)	(41.4)	-2.1	Nee
7125_B	Bassin 158D	4.5	--	54.8	54.8	52.8	(52.4)	(42.3)	-2.0	Nee
7125_C	Bassin 158D	7.5	--	55.0	55.0	53.0	(52.6)	(42.6)	-2.0	Nee
7126_A	Bassin 160A	1.5	--	54.2	54.2	52.2	(51.8)	(41.4)	-2.0	Nee
7126_B	Bassin 160A	4.5	--	54.8	54.8	52.8	(52.4)	(42.3)	-2.0	Nee
7126_C	Bassin 160A	7.5	--	55.0	55.0	53.0	(52.6)	(42.6)	-2.0	Nee
7127_A	Bassin 166D	1.5	--	54.2	54.2	52.1	(51.7)	(41.5)	-2.1	Nee
7127_B	Bassin 166D	4.5	--	54.8	54.8	52.8	(52.4)	(42.4)	-2.1	Nee
7127_C	Bassin 166D	7.5	--	55.0	55.0	53.0	(52.6)	(42.7)	-2.0	Nee
7128_A	Bassin 168A	1.5	--	54.3	54.3	52.2	(51.8)	(41.6)	-2.1	Nee
7128_B	Bassin 168A	4.5	--	54.9	54.9	52.9	(52.5)	(42.4)	-2.1	Nee
7128_C	Bassin 168A	7.5	--	55.1	55.1	53.1	(52.7)	(42.7)	-2.1	Nee
7129_A	Bassin 170D	1.5	--	54.5	54.5	52.3	(51.9)	(41.7)	-2.2	Nee
7129_B	Bassin 170D	4.5	--	55.1	55.1	53.0	(52.6)	(42.5)	-2.1	Nee
7129_C	Bassin 170D	7.5	--	55.3	55.3	53.1	(52.7)	(42.8)	-2.2	Nee
7130_A	Bassin 176	1.5	--	54.5	54.5	52.4	(52.0)	(41.8)	-2.1	Nee
7130_B	Bassin 176	4.5	--	55.1	55.1	53.0	(52.6)	(42.6)	-2.1	Nee
7130_C	Bassin 176	7.5	--	55.3	55.3	53.2	(52.8)	(42.9)	-2.1	Nee
7131_A	Bassin 178	1.5	--	54.5	54.5	52.4	(52.0)	(41.9)	-2.1	Nee

Maasboulevard (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Bijlage 3

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Vershil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
7131_B	Bassin 178	4.5	--	55.1	55.1	53.0	(52.6)	(42.6)	-2.0	Nee
7131_C	Bassin 178	7.5	--	55.2	55.2	53.2	(52.8)	(42.9)	-2.0	Nee
7132_A	Bassin 180	1.5	--	54.5	54.5	52.5	(52.1)	(42.2)	-2.0	Nee
7132_B	Bassin 180	4.5	--	55.1	55.1	53.1	(52.7)	(42.8)	-2.1	Nee
7132_C	Bassin 180	7.5	--	55.3	55.3	53.3	(52.8)	(43.1)	-2.1	Nee
7133_B	Maasboulevard 2B t/m 10F	4.5	--	55.3	55.3	53.4	(53.0)	(42.6)	-1.9	Nee
7133_C	Maasboulevard 2B t/m 10F	7.5	--	55.5	55.5	53.6	(53.3)	(43.0)	-1.9	Nee
7133_D	Maasboulevard 2B t/m 10F	10.5	--	55.6	55.6	53.7	(53.3)	(43.3)	-1.9	Nee
7133_E	Maasboulevard 2B t/m 10F	13.5	--	55.7	55.7	53.8	(53.3)	(43.3)	-1.9	Nee
7133_F	Maasboulevard 2B t/m 10F	16.5	--	55.6	55.6	53.7	(53.3)	(43.3)	-1.9	Nee

Sint Maartenslaan (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Bijlage 3

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
2481_A	Turennestraat 35AB	1.5	--	54.3	54.3	54.4	(53.9)	(44.9)	0.2	Nee
2481_B	Turennestraat 35AB	4.5	--	55.0	55.0	55.2	(54.6)	(46.4)	0.2	Nee
2481_C	Turennestraat 35AB	7.5	--	55.0	55.0	55.2	(54.6)	(46.4)	0.2	Nee
2483_A	Turennestraat 37A	1.5	--	56.8	56.8	56.8	(56.2)	(47.9)	0.0	Nee
2483_B	Turennestraat 37A	4.5	--	57.0	57.0	57.1	(56.4)	(48.4)	0.0	Nee
2483_C	Turennestraat 37A	7.5	--	56.8	56.8	56.8	(56.2)	(47.9)	0.0	Nee
2484_A	Turennestraat 37B	1.5	--	60.0	60.0	60.2	(59.2)	(53.4)	0.3	Nee
2484_B	Turennestraat 37B	4.5	--	60.1	60.1	60.3	(59.3)	(53.5)	0.3	Nee
2484_C	Turennestraat 37B	7.5	--	59.6	59.6	59.8	(58.8)	(52.8)	0.2	Nee
2485_A	Turennestraat 31B01 t/m 31D02	1.5	--	49.8	49.8	50.0	(49.6)	(39.7)	0.2	Nee
2485_B	Turennestraat 31B01 t/m 31D02	4.5	--	51.4	51.4	51.6	(51.0)	(42.5)	0.2	Nee
2485_C	Turennestraat 31B01 t/m 31D02	7.5	--	51.5	51.5	51.7	(51.1)	(42.7)	0.2	Nee
2550_A	Sint Maartenslaan 5	1.5	--	59.2	59.2	60.0	(58.8)	(54.1)	0.8	Nee
2550_B	Sint Maartenslaan 5	4.5	--	59.4	59.4	60.1	(58.8)	(54.0)	0.7	Nee
2550_C	Sint Maartenslaan 5	7.5	--	58.9	58.9	59.5	(58.3)	(53.3)	0.7	Nee
2551_A	Sint Maartenslaan 7	1.5	--	59.3	59.3	60.1	(58.8)	(54.1)	0.8	Nee
2551_B	Sint Maartenslaan 7	4.5	--	59.5	59.5	60.2	(58.9)	(54.1)	0.7	Nee
2551_C	Sint Maartenslaan 7	7.5	--	59.0	59.0	59.6	(58.4)	(53.5)	0.6	Nee
2552_A	Sint Maartenslaan 9	1.5	--	59.4	59.4	60.2	(58.9)	(54.2)	0.7	Nee
2552_B	Sint Maartenslaan 9	4.5	--	59.6	59.6	60.2	(59.0)	(54.2)	0.6	Nee
2552_C	Sint Maartenslaan 9	7.5	--	59.1	59.1	59.7	(58.5)	(53.5)	0.6	Nee
2553_A	Sint Maartenslaan 11	1.5	--	59.5	59.5	60.2	(58.9)	(54.2)	0.7	Nee
2553_B	Sint Maartenslaan 11	4.5	--	59.7	59.7	60.3	(59.0)	(54.2)	0.6	Nee
2553_C	Sint Maartenslaan 11	7.5	--	59.2	59.2	59.7	(58.6)	(53.5)	0.6	Nee
2554_A	Sint Maartenslaan 13	1.5	--	59.5	59.5	60.2	(58.9)	(54.1)	0.6	Nee
2554_B	Sint Maartenslaan 13	4.5	--	59.7	59.7	60.3	(59.1)	(54.1)	0.6	Nee
2554_C	Sint Maartenslaan 13	7.5	--	59.2	59.2	59.7	(58.6)	(53.5)	0.5	Nee
2555_A	Sint Maartenslaan 15	1.5	--	59.6	59.6	60.2	(58.9)	(54.1)	0.6	Nee
2555_B	Sint Maartenslaan 15	4.5	--	59.7	59.7	60.2	(59.0)	(54.0)	0.5	Nee
2555_C	Sint Maartenslaan 15	7.5	--	59.3	59.3	59.7	(58.6)	(53.4)	0.5	Nee

Sint Maartenslaan (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Bijlage 3

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
2556_A	Sint Maartenslaan 19	1.5	--	60.3	60.3	60.1	(59.5)	(51.1)	-0.2	Nee
2556_B	Sint Maartenslaan 19	4.5	--	60.3	60.3	60.1	(59.6)	(51.1)	-0.1	Nee
2556_C	Sint Maartenslaan 19	7.5	--	59.8	59.8	59.7	(59.1)	(50.6)	-0.1	Nee
2557_A	Sint Maartenslaan 23	1.5	--	60.2	60.2	60.0	(59.4)	(51.0)	-0.2	Nee
2557_B	Sint Maartenslaan 23	4.5	--	60.3	60.3	60.1	(59.5)	(51.0)	-0.2	Nee
2557_C	Sint Maartenslaan 23	7.5	--	59.7	59.7	59.6	(59.0)	(50.4)	-0.2	Nee
2659_A	Wilhelminasingel 40	1.5	--	48.1	48.1	48.1	(47.7)	(37.0)	-0.1	Nee
2659_B	Wilhelminasingel 40	4.5	--	49.4	49.4	49.2	(48.9)	(38.1)	-0.2	Nee
2659_C	Wilhelminasingel 40	7.5	--	49.8	49.8	49.6	(49.2)	(38.9)	-0.2	Nee
2669_A	Wilhelminasingel 42C t/m 50E	1.5	--	48.6	48.6	49.4	(49.1)	(37.2)	0.8	Nee
2669_B	Wilhelminasingel 42C t/m 50E	4.5	--	50.1	50.1	50.7	(50.5)	(38.9)	0.6	Nee
2669_C	Wilhelminasingel 42C t/m 50E	7.5	--	50.2	50.2	50.9	(50.6)	(39.3)	0.6	Nee
2669_D	Wilhelminasingel 42C t/m 50E	10.5	--	50.2	50.2	50.8	(50.5)	(39.3)	0.6	Nee
2817_A	Sint Maartenslaan 25	1.5	--	60.2	60.2	60.0	(59.4)	(50.9)	-0.2	Nee
2817_B	Sint Maartenslaan 25	4.5	--	60.2	60.2	60.0	(59.5)	(50.9)	-0.2	Nee
2817_C	Sint Maartenslaan 25	7.5	--	59.7	59.7	59.5	(59.0)	(50.3)	-0.2	Nee
2818_A	Sint Maartenslaan 27	1.5	--	60.2	60.2	59.9	(59.4)	(50.8)	-0.2	Nee
2818_B	Sint Maartenslaan 27	4.5	--	60.2	60.2	60.0	(59.4)	(50.8)	-0.2	Nee
2818_C	Sint Maartenslaan 27	7.5	--	59.7	59.7	59.5	(59.0)	(50.2)	-0.2	Nee
2819_A	Sint Maartenslaan 29	1.5	--	60.2	60.2	59.9	(59.4)	(50.7)	-0.3	Nee
2819_B	Sint Maartenslaan 29	4.5	--	60.2	60.2	60.0	(59.4)	(50.7)	-0.3	Nee
2819_C	Sint Maartenslaan 29	7.5	--	59.7	59.7	59.5	(58.9)	(50.1)	-0.3	Nee
2820_A	Sint Maartenslaan 21	1.5	--	60.2	60.2	60.0	(59.5)	(51.0)	-0.2	Nee
2820_B	Sint Maartenslaan 21	4.5	--	60.3	60.3	60.1	(59.5)	(51.1)	-0.2	Nee
2820_C	Sint Maartenslaan 21	7.5	--	59.8	59.8	59.6	(59.0)	(50.5)	-0.1	Nee
2821_A	Sint Maartenslaan 31B	1.5	--	50.9	50.9	51.2	(50.9)	(38.9)	0.3	Nee
2821_B	Sint Maartenslaan 31B	4.5	--	51.8	51.8	52.0	(51.7)	(40.2)	0.2	Nee
2821_C	Sint Maartenslaan 31B	7.5	--	51.9	51.9	52.1	(51.8)	(40.6)	0.2	Nee
2822_A	Sint Maartenslaan 33	1.5	--	48.3	48.3	48.1	(47.8)	(37.0)	-0.2	Nee
2822_B	Sint Maartenslaan 33	4.5	--	49.6	49.6	49.3	(49.0)	(37.9)	-0.3	Nee

Sint Maartenslaan (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Bijlage 3

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
2822_C	Sint Maartenslaan 33	7.5	--	49.9	49.9	49.6	(49.3)	(38.6)	-0.3	Nee
2832_A	Sint Maartenslaan 2A	1.5	--	59.3	59.3	59.7	(58.4)	(54.1)	0.5	Nee
2832_B	Sint Maartenslaan 2A	4.5	--	59.7	59.7	60.1	(58.8)	(54.1)	0.4	Nee
2832_C	Sint Maartenslaan 2A	7.5	--	59.1	59.1	59.4	(58.2)	(53.3)	0.3	Nee
2833_A	Sint Maartenslaan 2B	1.5	--	59.2	59.2	59.7	(58.3)	(53.9)	0.4	Nee
2833_B	Sint Maartenslaan 2B	4.5	--	59.6	59.6	60.0	(58.7)	(54.0)	0.4	Nee
2833_C	Sint Maartenslaan 2B	7.5	--	59.0	59.0	59.3	(58.1)	(53.1)	0.3	Nee
2834_A	Sint Maartenslaan 4	1.5	--	59.4	59.4	59.9	(58.6)	(54.3)	0.5	Nee
2834_B	Sint Maartenslaan 4	4.5	--	59.9	59.9	60.3	(59.0)	(54.4)	0.4	Nee
2834_C	Sint Maartenslaan 4	7.5	--	59.4	59.4	59.7	(58.5)	(53.6)	0.4	Nee
2835_A	Sint Maartenslaan 14	1.5	--	59.8	59.8	60.3	(59.0)	(54.4)	0.5	Nee
2835_B	Sint Maartenslaan 14	4.5	--	60.1	60.1	60.6	(59.3)	(54.6)	0.5	Nee
2835_C	Sint Maartenslaan 14	7.5	--	59.6	59.6	60.0	(58.8)	(53.8)	0.4	Nee
2836_A	Sint Maartenslaan 16A	1.5	--	59.9	59.9	60.4	(59.1)	(54.4)	0.5	Nee
2836_B	Sint Maartenslaan 16A	4.5	--	60.1	60.1	60.5	(59.3)	(54.4)	0.4	Nee
2836_C	Sint Maartenslaan 16A	7.5	--	59.6	59.6	59.9	(58.8)	(53.6)	0.3	Nee
2837_A	Sint Maartenslaan 18A	1.5	--	60.0	60.0	60.4	(59.2)	(54.1)	0.4	Nee
2837_B	Sint Maartenslaan 18A	4.5	--	60.1	60.1	60.5	(59.3)	(54.2)	0.4	Nee
2837_C	Sint Maartenslaan 18A	7.5	--	59.6	59.6	59.9	(58.8)	(53.3)	0.3	Nee
2838_A	Sint Maartenslaan 18B	1.5	--	59.9	59.9	60.4	(59.2)	(54.2)	0.4	Nee
2838_B	Sint Maartenslaan 18B	4.5	--	60.1	60.1	60.5	(59.3)	(54.3)	0.4	Nee
2838_C	Sint Maartenslaan 18B	7.5	--	59.6	59.6	59.9	(58.8)	(53.4)	0.3	Nee
2839_A	Sint Maartenslaan 36B	1.5	--	43.9	48.0	43.6	(43.1)	(34.1)	-4.4	Nee
2839_B	Sint Maartenslaan 36B	4.5	--	44.3	48.0	44.0	(43.5)	(34.3)	-4.1	Nee
2839_C	Sint Maartenslaan 36B	7.5	--	44.9	48.0	44.6	(44.1)	(34.5)	-3.4	Nee
2860_A	Parallelweg 44	1.5	--	47.6	48.0	46.2	(45.9)	(34.8)	-1.8	Nee
2860_B	Parallelweg 44	4.5	--	47.7	48.0	46.4	(46.0)	(35.8)	-1.6	Nee
2860_C	Parallelweg 44	7.5	--	47.2	48.0	45.7	(45.4)	(34.6)	-2.3	Nee
3036_A	Alexander Battalaan 3	1.5	--	52.0	52.0	52.4	(51.9)	(43.2)	0.5	Nee
3036_B	Alexander Battalaan 3	4.5	--	52.8	52.8	53.2	(52.6)	(44.3)	0.4	Nee

Sint Maartenslaan (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grens-waarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Recon-structie?
3036_C	Alexander Battalaan 3	7.5	--	52.8	52.8	53.2	(52.6)	(44.3)	0.4	Nee
3037_A	Alexander Battalaan 5	1.5	--	49.1	49.1	49.3	(48.8)	(40.0)	0.3	Nee
3037_B	Alexander Battalaan 5	4.5	--	50.4	50.4	50.7	(50.1)	(41.9)	0.3	Nee
3037_C	Alexander Battalaan 5	7.5	--	50.5	50.5	50.8	(50.2)	(42.1)	0.3	Nee
3038_A	Alexander Battalaan 7	1.5	--	47.2	48.0	47.4	(46.9)	(38.0)	-0.6	Nee
3038_B	Alexander Battalaan 7	4.5	--	48.8	48.8	49.1	(48.5)	(40.2)	0.3	Nee
3038_C	Alexander Battalaan 7	7.5	--	48.9	48.9	49.2	(48.6)	(40.4)	0.3	Nee
3039_A	Alexander Battalaan 11	1.5	--	42.9	48.0	43.0	(42.5)	(33.7)	-5.0	Nee
3039_B	Alexander Battalaan 11	4.5	--	44.9	48.0	45.1	(44.5)	(35.9)	-2.9	Nee
3039_C	Alexander Battalaan 11	7.5	--	45.2	48.0	45.4	(44.8)	(36.5)	-2.6	Nee
3329_A	Alexander Battalaan 2AB	1.5	--	60.2	60.2	60.0	(59.4)	(51.2)	-0.1	Nee
3329_B	Alexander Battalaan 2AB	4.5	--	60.2	60.2	60.1	(59.5)	(51.4)	-0.1	Nee
3329_C	Alexander Battalaan 2AB	7.5	--	59.7	59.7	59.6	(59.0)	(50.9)	-0.1	Nee
3330_A	Alexander Battalaan 4	1.5	--	51.6	51.6	52.1	(51.4)	(43.6)	0.5	Nee
3330_B	Alexander Battalaan 4	4.5	--	52.5	52.5	53.0	(52.2)	(45.2)	0.5	Nee
3330_C	Alexander Battalaan 4	7.5	--	52.5	52.5	53.0	(52.2)	(45.3)	0.5	Nee
3331_A	Alexander Battalaan 6	1.5	--	49.2	49.2	49.5	(48.8)	(41.0)	0.3	Nee
3331_B	Alexander Battalaan 6	4.5	--	50.6	50.6	50.9	(50.2)	(42.9)	0.3	Nee
3331_C	Alexander Battalaan 6	7.5	--	50.7	50.7	51.0	(50.2)	(43.1)	0.3	Nee
3332_A	Alexander Battalaan 8	1.5	--	47.0	48.0	47.2	(46.5)	(38.6)	-0.8	Nee
3332_B	Alexander Battalaan 8	4.5	--	48.7	48.7	48.9	(48.2)	(40.7)	0.2	Nee
3332_C	Alexander Battalaan 8	7.5	--	48.9	48.9	49.2	(48.4)	(41.1)	0.3	Nee
3333_A	Alexander Battalaan 10	1.5	--	44.7	48.0	45.0	(44.3)	(36.3)	-3.1	Nee
3333_B	Alexander Battalaan 10	4.5	--	46.7	48.0	46.9	(46.2)	(38.6)	-1.1	Nee
3333_C	Alexander Battalaan 10	7.5	--	46.9	48.0	47.2	(46.4)	(39.1)	-0.8	Nee
5915_A	Sint Maartenslaan 26	1.5	--	57.7	57.7	58.4	(57.9)	(48.7)	0.7	Nee
5915_B	Sint Maartenslaan 26	4.5	--	58.2	58.2	58.8	(58.3)	(49.7)	0.7	Nee
5915_C	Sint Maartenslaan 26	7.5	--	57.9	57.9	58.6	(58.0)	(49.4)	0.6	Nee
5917_A	Sint Maartenslaan 30	1.5	--	58.2	58.2	58.9	(58.3)	(49.3)	0.6	Nee
5917_B	Sint Maartenslaan 30	4.5	--	58.8	58.8	59.3	(58.7)	(50.4)	0.6	Nee

Sint Maartenslaan (inclusief extra geluidseffect "floating slab")

Bijlage 3

Gepresenteerde waarden in Lden [dB]

Rekenpunt	Omschrijving	Hoogte (m)	Eerder vastgestelde hogere waarde	Huidige situatie (2014)	Grenswaarde	Toekomstige situatie (2028)	Bijdrage Wegverkeer TS2028	Bijdrage Tram TS2028	Verskil t.o.v. grenswaarde	Reconstruatie?
5917_C	Sint Maartenslaan 30	7.5	--	58.5	58.5	59.1	(58.5)	(50.2)	0.6	Nee
6294_A	Turennestraat 29AB	1.5	--	47.5	48.0	47.6	(47.1)	(37.1)	-0.5	Nee
6294_B	Turennestraat 29AB	4.5	--	49.3	49.3	49.4	(48.8)	(40.3)	0.1	Nee
6294_C	Turennestraat 29AB	7.5	--	49.5	49.5	49.6	(49.0)	(40.5)	0.1	Nee
6426_A	Alexander Battalaan 1B	1.5	--	53.7	53.7	54.3	(53.7)	(45.2)	0.5	Nee
6426_B	Alexander Battalaan 1B	4.5	--	54.2	54.2	54.7	(54.1)	(45.8)	0.4	Nee
6426_C	Alexander Battalaan 1B	7.5	--	54.1	54.1	54.5	(53.9)	(45.6)	0.4	Nee
6692_A	Sint Maartenslaan 16B	1.5	--	59.9	59.9	60.4	(59.1)	(54.4)	0.5	Nee
6692_B	Sint Maartenslaan 16B	4.5	--	60.1	60.1	60.5	(59.3)	(54.5)	0.4	Nee
6692_C	Sint Maartenslaan 16B	7.5	--	59.6	59.6	59.9	(58.8)	(53.6)	0.3	Nee
6752_A	Alexander Battalaan 1 - Gezondheidszorg	1.5	--	59.7	59.7	60.1	(59.0)	(53.5)	0.4	Nee
6752_B	Alexander Battalaan 1 - Gezondheidszorg	4.5	--	59.8	59.8	60.2	(59.1)	(53.5)	0.3	Nee
6752_C	Alexander Battalaan 1 - Gezondheidszorg	7.5	--	59.4	59.4	59.7	(58.7)	(52.9)	0.3	Nee
6768_A	Sint Maartenslaan 1 - Logiefunctie	1.5	--	58.7	58.7	59.5	(58.2)	(53.4)	0.8	Nee
6768_B	Sint Maartenslaan 1 - Logiefunctie	4.5	--	58.7	58.7	59.4	(58.2)	(53.3)	0.7	Nee
6768_C	Sint Maartenslaan 1 - Logiefunctie	7.5	--	58.2	58.2	58.9	(57.7)	(52.6)	0.6	Nee
6771_A	Sint Maartenslaan 6 - Logiefunctie	1.5	--	59.6	59.6	60.1	(58.7)	(54.4)	0.5	Nee
6771_B	Sint Maartenslaan 6 - Logiefunctie	4.5	--	60.0	60.0	60.5	(59.2)	(54.6)	0.5	Nee
6771_C	Sint Maartenslaan 6 - Logiefunctie	7.5	--	59.5	59.5	59.9	(58.7)	(53.8)	0.4	Nee
6779_A	Sint Maartenslaan 3 - Logiefunctie	1.5	--	59.1	59.1	59.9	(58.6)	(53.9)	0.8	Nee
6779_B	Sint Maartenslaan 3 - Logiefunctie	4.5	--	59.2	59.2	59.9	(58.7)	(53.8)	0.7	Nee
6779_C	Sint Maartenslaan 3 - Logiefunctie	7.5	--	58.7	58.7	59.3	(58.1)	(53.1)	0.7	Nee