

## MEMO

Onderwerp:  
Aanvulling MER TVM: Geluidseffecten Booggeluid

Arnhem,  
21 november 2013

Van:  
H.W.M. Leushuis

DIVISIE MILIEU & RUIMTE

Afdeling:  
Divisie M&R Arnhem

Aan:  
Commissie voor de milieueffectrapportage

---

### Inleiding

Als voorbereiding op de besluitvorming over het bestemmingsplan is een Milieueffectrapport (MER) opgesteld. De Commissie voor de milieueffectrapportage is van oordeel dat nog niet alle essentiële informatie in het MER aanwezig is om het milieubelang voldoende te kunnen laten meewegen in de besluitvorming. De tekortkomingen hebben voor het aspect geluid betrekking op de effecten die optreden als gevolg van het mogelijke booggeluid van de trams. De Commissie voor de milieueffectrapportage adviseert in een aanvulling op het MER de bandbreedte aan mogelijke geluidsniveaus bij woningen door booggeluid aan te geven en te beoordelen. Daarnaast wordt geadviseerd aan te geven in welke mate de effecten van booggeluid gemitigeerd kunnen worden. In dit memo wordt nader ingegaan op de mogelijk te verwachten effecten van booggeluid.

### Booggeluid

Indien booggeluid ontstaat, wordt dit vaak (maar niet uitsluitend) veroorzaakt door spoor- en trammaterieel met een starre as, waarbij het wiel op de buitenste spoorstaaf (buitenbeen) een grotere afstand moet overbruggen dan het wiel op de binnenste spoorstaaf (binnenbeen). Doordat het wiel op de buitenste spoorstaaf feitelijk een grotere afstand moet overbruggen, maar door de starre as niet sneller kan draaien, schuift het buitenste wiel schoksgewijs over het spoor ("stick-slip" beweging). De stick-slip beweging veroorzaakt hoge trillingsniveaus in spoorstaaf en geluid, waardoor het hoog frequente gepiep/geknars ontstaat. Dit geluid wordt in de volksmond "booggeluid" genoemd.

Of en in welke mate booggeluid op kan treden bij een passage van een tram, is op voorhand niet te voorspellen. In Nederland zijn geen betrouwbare (reken)modellen voorhanden die het ontstaan van booggeluid kunnen voorspellen of die kunnen berekenen welke niveaus er op treden. Doorgaans kan op basis van ervaringen elders in Nederland wel worden aangegeven dat met name bij krappe bochten de meeste kans aanwezig is op (het ontstaan van) booggeluid. Als vuistregel kan voor trammaterieel aangehouden worden dat bij bochten met een kleinere boogstraal dan 100 meter er een kans aanwezig is dat er booggeluid ontstaat. Ook bij wissels (bij berijden afslaan van de wissel) is de kans op

# ARCADIS

het ontstaan van booggeluid aanwezig. Deze vuistregel wil dus niet zeggen dat bij ruimere bochten geen booggeluid kan optreden, maar dat de kans op het ontstaan van booggeluid er klein is.

In de berekening voor het tramlawaai (maar ook voor railverkeerlawaai) wordt geen rekening gehouden met booggeluid. Volgens het in Nederland geldende "Reken- en meetvoorschrift Geluid 2012" is dit ook niet verplicht.

## Methodiek

Binnen het project TVM is gebruik gemaakt van een rapport van AEA Technology Rail betreffende de booggeluidemissie van soortgelijk Citadis materieel voor het TramPlusproject in IJsselmonde. (projectnummer 4400003, september 2004). De metingen aan het booggeluid zijn uitgevoerd op 25 mei 2004 aan destijds nieuwe Citadis trams. De metingen zijn uitgevoerd onder representatieve omstandigheden (normale dienstregeling). Het destijds gemeten gemiddelde geluidsniveau bij een passage van een tram waarbij booggeluid ontstond, bedroeg 96 dB(A) op de meetpositie, aan binnenzijde van de bocht op 7,5 m vanaf het spoor. Aan de buitenzijde van de bocht is een gemiddeld geluidsniveau gemeten dat circa 10 dB lager ligt, namelijk 86 dB(A). Tussen de trams onderling (allen Citadis, zelfde type) was ook nog een variatie van 10 dB aanwezig. In het akoestisch rapport is tevens aangegeven dat tijdens het ontstaan van booggeluid de hoogste niveaus werden geregistreerd tussen de 1kHz en 3kHz.

Op basis van bovenstaande gegevens is het passageniveau teruggerekend naar een bronvermogen (lijnbron met om de 5 meter een puntbron), waarbij het bronvermogen zorgt voor een invallend geluidsniveau op 7,5 m vanaf hart trambaan van 96 dB(A). Voor de berekeningen is uitgegaan van een bronhoogte van 0,2 m. Het bronvermogen wordt hierbij volledig bepaald door bijdragen in de 1, 2 en 4 kHz octaafband. Verwacht wordt dat bij booggeluid de bijdrage van de overige octaafbanden te verwaarlozen is.

## Keuze van de locaties

Binnen het binnenstedelijke traject is op een drietal locaties wissels voorzien. De kans is aanwezig dat hier, indien het afslaande been van de wissel bereden wordt door de tram, booggeluid kan ontstaan. Met behulp van de ontwerpen van de trambaan is bepaald welke bochten een kleinere boogstraal hebben dan 100 m. Voor deze bochten is de kans aanwezig dat er booggeluid ontstaat.

Met behulp van deze criteria zijn voor het Maasboulevardtracé (voorkeurstracé en Sappi, ligging trambaan verschilt hierin niet) en Markttracé de volgende locaties bepaald waar mogelijk booggeluid kan optreden:

- Wissel kruising Boschstraat-Fransensingel;
- Bocht Boschstraat-Maasboulevard (alleen voorkeurstracé en Sappi);
- Bocht Maasboulevard t.h.v. Biesenweg (alleen voorkeurstracé en Sappi);
- Bocht Maasboulevard-Wilhelminabrug (alleen voorkeurstracé en Sappi);
- Markt t.h.v. de bocht op de Markt (alleen Markttracé)
- Bocht Wilhelminasingel-Sint Maartenslaan;
- Bocht Sint Maartenslaan-Parallelweg/Stationsplein;
- Wissel Parallelweg/Stationsplein t.h.v. woning Parallelweg 55 (overloopwissel voor calamiteiten. Alleen incidenteel gebruik);
- Wissel Parallelweg/Stationsplein t.h.v. woning Spoorweglaan 11;

De resultaten voor de maatgevende woningen zijn weergegeven in de volgende paragraaf.

## Resultaten

Uit de berekeningsresultaten volgt dat – indien er booggeluid optreedt – op basis van de aangehouden uitgangspunten geluidniveaus vanwege booggeluid bij woningen kunnen optreden van tussen de 75 en 97 dB(A). Het gaat hierbij om (bij benadering) de niveaus die vanwege booggeluid te verwachten zijn. De resultaten zijn per locatie waar mogelijk booggeluid op zou kunnen treden weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 1: Locaties en inschatting geluidsniveau booggeluid

Oorzaak mogelijk booggeluid	Oorzaak van mogelijk booggeluid	Ligging woning (t.o.v. binnen- of buiten been)	Maatgevende woning	Invallend geluidsniveau [in dB(A)]*
Kruising Boschstraat-Fransensingel	wissel gevolgd door bochten	Binnen	Nieuwbouw locatie Sphinx	81-87
		Buiten	Boschstraat 1	
Bocht Boschstraat-Maasboulevard	(krappe) bocht	Binnen	Geen woningen aanwezig	--
		Buiten	Maasboulevard 2b t/m 2f	80
Bocht Maasboulevard t.h.v. Biesenweg	(krappe) bocht	Binnen	Bassin 184	83
		Buiten	Maasmolendijk 26	78
Bocht Maasboulevard-Wilhelminabrug	(krappe) bocht	Binnen	Geen woningen aanwezig	--
		Buiten	Mosae Forum 133	75
Markt t.h.v. de bocht op de Markt	(krappe) bocht	Binnen	Markt 31	87
		Buiten	Markt 22	83
Bocht Wilhelminasingel-Sint Maartenslaan	(krappe) bocht	Binnen	Sint Maartenslaan 26	90
		Buiten	Wilhelminasingel 43	80
Bocht Sint Maartenslaan-Parallelweg/Stationsplein	(krappe) bocht	Binnen	Parallelweg 44	97
		Buiten	Geen woningen aanwezig	--
Parallelweg/Stationsplein t.h.v. Parallelweg 55	wissel	Binnen	Parallelweg 55	78-88**
		Buiten (zijde spoor)	Geen woningen aanwezig	--
Parallelweg/Stationsplein t.h.v. Spoorweglaan 11	wissel	Binnen	Spoorweglaan 11	79-89
		Buiten (zijde spoor)	Geen woningen aanwezig	--

\* Er is gerekend met een bronvermogen dat gebaseerd is op de geluidafstraling van booggeluid aan de maatgevende binnenbeen. Volgens de meetresultaten treden aan deze zijde (binnenbeen) doorgaans circa 10 dB hogere passageniveaus vanwege booggeluid op dan aan de buitenzijde (buitenbeen).

\*\* Overloopwissel voor calamiteiten, wissel wordt zeer incidenteel gebruikt

Op basis van de aangegeven uitgangspunten kan worden aangehouden dat als er booggeluid bij een passage optreedt, piekniveaus ( $L_{max}$ ) veroorzaakt kunnen worden die aanmerkelijk hoger zijn dan (cumulatieve) geluidsbelastingen vanwege het weg- en tramlawaai. Bij het optreden van booggeluid kunnen er - afhankelijk van de locatie - verhogingen optreden die circa 15-30 dB hoger zijn dan de gemiddelde cumulatieve geluidsbelastingen. Indien er bij bochten of wissels booggeluid ontstaat, treden de grootste verschillen op voor geluidgevoelige bestemmingen dicht op de trambaan in de binnenbocht (binnenste been). Geluidspieken van booggeluid zijn qua geluidemissie circa 5 dB hoger dan pieken die kunnen ontstaan bij een passage van een vrachtwagen, echter wordt het hoogfrequent- en impulsachtige (vanwege de hoge stijgsnelheid) karakter van booggeluid door mensen als zeer

# ARCADIS

hinderlijk ervaren. Daarnaast kunnen geluidspieken die bij booggeluid ontstaan, leiden tot schrikreacties voor personen (in de woningen, maar ook verkeersdeelnemer/voetgangers) en slaapverstoring bij omwonenden.

Het voorkomen van booggeluid is dus een belangrijk middel voor hinderreductie en mogelijke slaapverstoring. Het optreden van booggeluid kan op voorhand niet worden uitgesloten. Wel kunnen er maatregelen worden getroffen waarmee het niveau van booggeluid kan worden verlaagd of het aantal keren dat booggeluid optreedt zoveel mogelijk wordt beperkt. In de volgende paragraaf zijn maatregelen weergegeven die mogelijk kunnen worden getroffen voor het booggeluid.

## **Maatregelen booggeluid**

Zoals eerder aangegeven is het van te voren moeilijk in te schatten of en in welke mate (duur en niveau) er booggeluid optreedt en welke maatregelen het meest effectief zijn. Het voorkomen en oplossen van het piepen in bogen dient per situatie apart beoordeeld te worden. Mogelijke maatregelen in de desbetreffende situatie zijn met name afhankelijk van de feitelijke constructie van het spoor en het type materieel dat wordt ingezet. Binnen één project kunnen dan ook meerdere methoden worden ingezet om booggeluid te voorkomen. In onderstaande paragrafen zijn mogelijke maatregelen tegen het (ontstaan van) booggeluid weergegeven.

### ***FRICTIEVERBETERAAR***

Een frictieverbeteraar wordt gebruikt om het “stick-slip” effect te verminderen. Op die wijze kan booggeluid worden gereduceerd. Ervaringen in het Meerjarenprogramma Booggeluid hebben uitgewezen dat bij de toepassing van een frictieverbeteraar, steeds een flenssmoermiddel dient te worden ingezet. De frictieverbeteraar kan worden aangebracht met een installatie op een of meerdere tramstellen. Het materiaal kan dan worden aangebracht op het loopvlak van de wielen. Ook is het mogelijk het materiaal aan te brengen op de rail (loopvlak), met behulp van een aparte smeewagen. De installatie, die de smering in de radius van de rail verzorgt, werkt betrouwbaar en is ook gedurende een vorstperiode inzetbaar. De geluidreducties van frictieverbeteraar en flenssmoer lopen uiteen. In het algemeen kunnen reducties op het booggeluid van maximaal 10 tot 15 dB(A) worden bereikt. Of deze reducties ook voor dit project gehaald kunnen worden is echter op dit moment niet bekend.

Alle door de vervoerder (“De Lijn”) in te zetten tramvoertuigen op de tramverbinding Hasselt – Maastricht worden voorzien van een installatie voor wielensmering. Verder bevat het materieelbestek van “De Lijn” de volgende bepaling:

*“De Opdrachtnemer (van het trammaterieel, red.) zal de nodige maatregelen treffen tijdens de ontwerpfasen, de productiefase en desgevallend na de indienststelling om het ontstaan van geluid bij het rijden in bogen te verhinderen.”*

### ***SPOORSTAAFCONDITIONERINGSSYSTEMEN***

SpoorStaafConditioneringssystemen (SSCS) doseren met grote nauwkeurigheid een frictiemiddel op de spoorstaaf. Hiermee wordt het hinderlijke schuren van wielen op spoorstaven sterk gereduceerd. Het resultaat is een geluidsreductie van 10 tot 20 dB(A). In het kader van de bouw van de tramverbinding TVM kunnen in de infrastructuur voorzieningen worden gerealiseerd (mantelbuizen,

# ARCADIS

uitsparingen ten behoeve van SSCS etc.) die hetzij direct hetzij op een later tijdstip inbouw van een SSCS mogelijk maken.

## *Watersmering*

In Rotterdam (RET) is op een aantal locaties gewerkt met een watersmering. Hierbij wordt de groef van de spoorstaaf gevuld met water. Geluidsmetingen hebben uitgewezen dat deze methode leidt tot een sterke geluidsreductie van maximaal 21 dB(A). Nadeel van deze methode zijn de kwetsbare afstelling van het systeem (vooral bij hellingen) en de schadegevoeligheid. Daarnaast is toepassing bij vorst niet mogelijk. Verwacht wordt dat deze maatregel vanwege de vele hoogteverschillen in de stad niet toepasbaar zal zijn voor Maastricht. Deze maatregel zal vanwege het beperkt toepassingsbereik niet toegepast gaan worden.

## *Optimalisatie van spoorgeometrie*

Optimalisatie van spoorgeometrie heeft als doel de locatie van het contactpunt op het wiel dusdanig te beïnvloeden dat er geen booggeluid optreedt. Dit kan door de aanwezige speling tussen wiel en spoorstaaf zo klein mogelijk te houden. De spoorgeometrie zal bij aanleg van als bij onderhoud aan het tramspoor speciale aandacht genieten.

## *Maatregelen en eisen aan tramvoertuigen (wieldempers)*

Het te bestellen materieel is nieuw en dus "state of the art" en voorzien van de laatste nieuwe ontwikkelingen. Het materieelbestek van "De Lijn" bevat daarnaast een aantal technische eisen over de maximale geluidsemissie die het voertuig mag afgeven (in stilstand (modus verwarming, modus koeling), bij optrekken tot 40 km/u, rijdend bij resp. 50km/u, 80 km/u en 100km/u). De geluidsemissie-eisen zijn hierbij gebaseerd op de (Europese) technische specificaties voor "rollend materieel" (TSI Noise – C(2005)5666 – 2006/66/EG). Controlemetingen worden bij oplevering van de voertuigen uitgevoerd volgens ISO 3095 op 7,5 m van het voertuig.

Gedempte wielen en gedempte spoorstaven stralen minder trillingen af. Om de afstraling van de wielen tegen te gaan, is het toepassen van wieldempers een goede structurele oplossing. Er bestaat echter geen standaard voor de uitvoering van de wieldempers. De optimale uitvoering voor een bepaald type tram moet door uitgebreide proeven in de praktijk worden bepaald. Het treffen van deze maatregelen is op voorhand dan ook nog niet aan de orde.

## *Bestrijding knerpen*

Het knerpen in bogen is te bestrijden door of de zijkant van de spoorstaaf of de flens van het tramwiel te smeren. Beide methoden worden door de RET toegepast, spoorstaven in bogen worden gesmeerd met een smeerwagen, daarnaast is de Citadis uitgerust met flenssmering.

## **Conclusie**

Of en in welke mate booggeluid op kan treden bij een passage van een tram, is op voorhand niet te voorspellen. Er zijn geen betrouwbare (reken)modellen voorhanden die het ontstaan van booggeluid kunnen voorspellen of die kunnen berekenen welke niveaus er op treden. Er zijn in totaal negen relevante locaties gekozen waar mogelijk booggeluid zou kunnen ontstaan door aanwezigheid van wissels of de aanwezigheid van een relatief krappe bocht. Voor deze locatie zijn berekeningen

## ARCADIS

uitgevoerd. De akoestische gegevens (de booggeluidemissie) zijn hierbij gehanteerd van geluidsmetingen aan soortgelijk Citadis materieel voor het TramPlusproject in IJsselmonde.

Zoals aangegeven in de memo is het op voorhand moeilijk aan te geven, waar en in welke mate (niveaus) er booggeluid kan ontstaan. In deze memo is hiervoor een (indicatieve) werkwijze gehanteerd waarbij een indicatie wordt gegeven van de mogelijk te verwachten piekniveaus bij de dichtstbij gelegen woningen.

Uit de berekeningsresultaten volgt dat – indien er booggeluid optreedt – op basis van de aangehouden uitgangspunten geluidniveaus vanwege booggeluid bij woningen kunnen optreden van tussen de 75 en 97 dB(A). Het gaat hierbij om (bij benadering) de niveaus die vanwege booggeluid mogelijk te verwachten zijn.

Binnen het project TVM zal getracht worden om het ontstaan van booggeluid zoveel als mogelijk te voorkomen, eventueel door het treffen van maatregelen. De vervoerder (“De Lijn”) heeft als eis opgenomen dat de in te zetten tramvoertuigen op de tramverbinding Hasselt – Maastricht worden voorzien van een installatie voor wielflenssmering. Met deze maatregel zal in ieder geval het aantal keren dat booggeluid ontstaat worden verminderd en zal er – in de gevallen dat er booggeluid optreedt - een aanzienlijke reductie van 10 à 15 dB worden verkregen op het booggeluid. Met deze maatregel nemen de piekniveaus en het aantal keren dat deze pieken optreden af, waardoor er minder hinder en slaapverstoring vanwege booggeluid optreedt langs het tramtracé.

Indien na realisatie van de tramlijn mocht blijken dat er andere maatregelen ter voorkoming/vermindering van booggeluid doelmatig zijn, kan naderhand (dus na aanleg van de tramlijn) worden afgewogen of aanvullende maatregelen toegepast gaan worden.

Indien de te verwachten effecten van 10 à 15 dB worden gecombineerd met de eerder aangegeven geluidniveaus van die vanwege booggeluid bij woningen kunnen optreden, nemen de piekniveaus af tot circa 65 en 85 dB(A). Deze niveaus verhouden zich tot niveaus die bij een passage van auto's op een verkeersweg (65 dB(A) tot een passage van een hinderlijke zware vrachtwagen (85 dB(A))). Vanwege het hoogfrequente karakter in combinatie met het impulsachtige karakter zal de optredende niveaus die ontstaan vanwege booggeluid mogelijk door mensen als zeer hinderlijk worden ervaren.