

Booggeluid op de kaart gezet

Nieuwe regels voor piepende trams en treinen

Booggeluid is het snerpande lawaai van trams en treinen in wissels of krappe bogen. Tot nu toe bleef dit hinderlijke geluid formeel buiten beeld. Vanaf 2022 gaat dat veranderen.

Door: Edwin Verheijen en Frank Elbers

Over de auteurs:

Dr. E. Verheijen en ir. F.B.J. Elbers zijn als senior-adviseur verbonden aan dBvision te Utrecht. Dit paper is gebaseerd op het onderzoek 'CNOSSOS railverkeer' dat dBvision in 2017 heeft uitgevoerd in opdracht van het RIVM. ProRail heeft GIS-gegevens van krappe bogen en wissels in het hoofdspoor verstrekt.

INLEIDING

Hoewel booggeluid voor omwonenden bijzonder hinderlijk is, wordt het niet meegenomen in de geluidberekeningen van treinen en trams. Bij klachten langs tramlijnen en spoorlijnen zoeken beheerders een oplossing die binnen hun mogelijkheden ligt. Een wettelijke verplichting is er echter niet. Vanaf 2022 wordt het beleid voor de aanpak van booggeluid minder vrijblijvend. Dat komt omdat dan de nieuwe Europese rekenmethode 'CNOSSOS' verplicht is¹.

De lidstaten van de EU zijn overeengekomen om die methode voor geluidkartering en actieplannen in heel Europa te gebruiken. In CNOSSOS wordt tramverkeer als een vorm van railverkeer beschouwd. Zowel treinen als trams in de dienstregeling krijgen in het rekenmodel hoge geluidtoeslagen voor booggeluid. In actieplannen wordt daardoor op die locaties vaak als eerste de plandrempeel overschreden. Dat betekent dat het wel of niet treffen van maatregelen tegen booggeluid goed onderbouwd zal moeten worden.

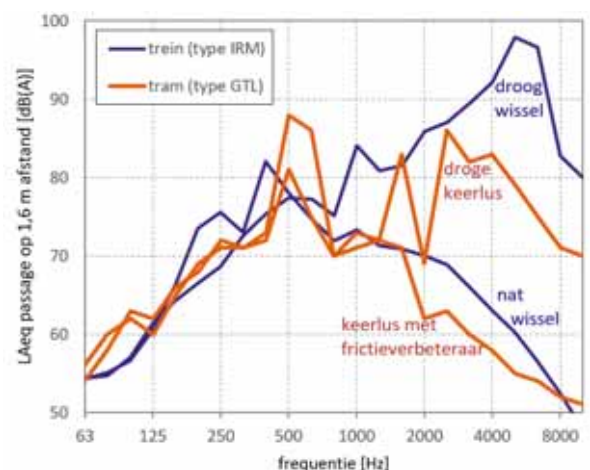
In dit artikel geven wij een analyse van de wijze hoe in het CNOSSOS rekenmodel met booggeluid moet worden omgegaan. We gaan ook in op de vraag 'Wat gaat er veranderen voor de belanghebbenden?'. We kijken ook vooruit op de gevolgen van een 'brede' invoering van CNOSSOS, waarbij de huidige SRM2-methode geheel wordt geschrapt.

WAT IS BOOGGELUID?

Bij het rijden door een boog of wissel maken railvoertuigen soms veel extra geluid. Als het schelle tonen zijn, gaat het om resonanties van de wielen die worden aangestoten bij de voortbeweging van het draaistel in de boog. Soms is sprake van een schurend geluid van schokkende bewegingen in het contactvlak van wiel en rail, of een sissend geluid van aanlopende wielflenzen.

Het al dan niet optreden van de verschillende types booggeluid, en ook de bronsterkte en geluidfrequentie ervan, hangt van zeer veel factoren af. Natuurlijk ook van eventuele maatregelen die getroffen zijn, zoals flenssmerring vanuit het voertuig of vaste smeerinstallaties. De verschillen zijn weergegeven in figuur 1. Ondanks de grote inspanningen in het verleden zijn gedaan, bestaat er geen analytische rekenmethode die een betrouwbare voorspelling geeft van het (jaargemiddelde) extra geluid van trams en treinen in een boog. Daarvoor zijn er te veel invloedsfactoren van belang.

Mede om die reden wordt booggeluid tot op heden in Nederland, net als in veel andere landen², niet meegenomen in geluidberekeningen van treinen en trams uit de dienstregeling. Duitsland vormt daarop een uitzondering: daar is booggeluid sinds 1990 ingebed in de rekenmethode *Schall 03*.



FIGUUR 1: BOOGGELUID HTM-TRAM IN KEERLUS (METING AEAT, 2002) EN NS-TREIN IN WISSEL (METING NSTO, 1995).



FIGUUR 2: TRAMBOGEN BIJ ROTTERDAM CENTRAAL (FOTO: AUTEUR)

CNOSSOS

CNOSSOS beschrijft in drie alinea's op welke wijze booggeluid moet worden verwerkt (zie de kadertekst). Bij het interpreteren dienen zich een aantal problemen aan:

- De vertaling vanuit het Engels schiet soms tekort ('en daarom gelokaliseerd is' = alleen plaatselijk optreedt, 'extensies van punten' = wissels).
- De samenhang tussen de eerste alinea, die spreekt over een 'passende beschrijving' en derde alinea, waar het gaat over een 'eenvoudige benadering' is onduidelijk.

• Ook lijkt het binnen deze alinea's aan consistentie te ontbreken. Nederland heeft aan de Europese Commissie (DG Environment) gevraagd om verduidelijking van de tekst. Het is niet zeker of dat tot bijstelling of nadere uitleg leidt. Naar verwachting wordt de tekst nog verhelderd, maar het ligt niet in de rede dat de booggeluidtoeslagen worden geschrapt.

Tekst booggeluid in CNOSSOS

Booggeluid is een bijzondere bron die alleen relevant is voor bochten en daarom lokaal optreedt. Omdat het geluidniveau aanzienlijk kan zijn, is een passende beschrijving vereist. Booggeluid hangt in het algemeen af van kromming, wrijvingscondities, treinsnelheid en rail-wielgeometrie en -dynamiek. Het te gebruiken emissieniveau wordt bepaald voor bochten met een straal van minder dan of gelijk aan 500 m en voor scherpere bochten en extensies van punten met een straal van minder dan 300 m. De geluidsemisatie moet kenmerkend zijn voor elk type rijdend materieel, omdat bepaalde wiel- en draaisteltypen aanzienlijk minder booggeluid veroorzaken dan andere.

De toepasbaarheid van deze geluidsvermogensspectra wordt normaliter ter plaatse gecontroleerd, vooral voor trams.

Met een eenvoudige benadering wordt het booggeluid in aanmerking genomen door 8 dB voor $R < 300$ m en 5 dB voor $300 \text{ m} < R < 500$ m aan de geluidsvermogensspectra van rolgeluid voor alle frequenties toe te voegen. De bijdrage van booggeluid wordt toegepast op baanvakken waar de straal binnen de bovenvermelde bereiken ligt voor een spoorlengte van ten minste 50m.

De tekstuitleg wordt eenvoudiger als we de ontwikkeling vanuit twee eerdere CNOSSOS-versies volgen en de Duitse basis van de CNOSSOS-aanpak erbij nemen. De eerste CNOSSOS-conceptversie bevatte een geheel andere toeslagformule³. Als vereenvoudigingsoptie werden wel reeds kortweg de twee boogstraalklassen genoemd van 8 dB resp. 5 dB. De 8 dB-toeslag zou voor 300-700 m boogstraal gaan gelden (nu: 300-500 m).

In een latere versie was alleen nog die vereenvoudigingsoptie aanwezig⁴. De tekst is nagenoeg gelijk aan de uiteindelijke publicatie, echter met als opvallend verschil dat de inleiding nog spreekt van 700 m als grens, waar nu 500 m is gekozen. Ook het criterium voor de spoorlengte (minstens 50 m) is toen toegevoegd.

De indeling in boogstraalklassen is ontleend aan de Duitse rekenmethode *Schall 03*. Voor Duitse spoorwegen wordt bij bogen met een straal van minder dan 300 m een toeslag van 8 dB gerekend, dus net als in CNOSSOS. Voor bogen tussen 300 en 500 m is het 3 dB⁵, dus iets lager dan in CNOSSOS. Verder geldt in Duitsland, net als in CNOSSOS, de regel dat toeslagen slechts wordt toegekend als het booggeluid daadwerkelijk optreedt. Deze toeslagen kunnen met een extra correctieterm weer (grotendeels) ongedaan gemaakt kan worden als duurzame maatregelen worden getroffen. Een bepaalde minimum spoorlengte, zoals in CNOSSOS (50 meter), is in *Schall 03* niet opgenomen.

Voor booggeluid van trams hanteert Duitsland een vaste opslag van 4 dB bij bogen krappere dan 200 m. Deze toeslag komt bovenop de reeds hogere emissie vanwege een vaste rekensnelheid van 50 km/h - die snelheid wordt in krappe bogen bij lange na niet gehaald. De Duitse toeslag voor trams beoogt de "bijzondere opvallendheid van booggeluid" te representeren. Deze uitleg suggereert dat in de hoogte van de toeslag ook de extra hinderlijkheid is meegewogen.

INTERPRETATIE CNOSSOS

Nu we de ontwikkelingsgeschiedenis van de drie CNOSSOS-alinea's kennen, is duidelijk dat de eerste alinea een aansporing betreft om het fenomeen zorgvuldig te beschrijven: 'passende be-



schrijving'. We noemen dit de hoofdregel. De derde alinea geeft een alternatief, de 'eenvoudige benadering'.

Hoofdregel ('passende beschrijving')

Op plaatsen waar booggeluid optreedt, worden toeslagen in rekening gebracht die de extra emissie representeren. Deze kunnen voertuigspecifiek zijn. Indien lokale toeslagmetingen beschikbaar zijn, worden die gebruikt.

Alternatief ('eenvoudige benadering')

Indien geen meetwaarden beschikbaar zijn, worden de volgende standaardtoeslagen gehanteerd:

- 8 dB voor wissels en boogstralen van minder dan 300 m;
- 5 dB voor boogstralen vanaf 300 m tot 500 m.

Deze toeslagen zijn gelijk voor alle tertsbanden en komen bij het rolgeluidvermogen. Deze standaardtoeslagen worden niet toegepast indien uit controle blijkt dat er geen booggeluid optreedt (al dan niet door maatregelen als smeerinstallaties). Bij spoorwegen (in tegenstelling tot trambanen) worden de toeslagen alleen toegepast als de spoorlengte in de boog meer dan 50 meter bedraagt. Deze uitsluiting geldt niet voor wissels.

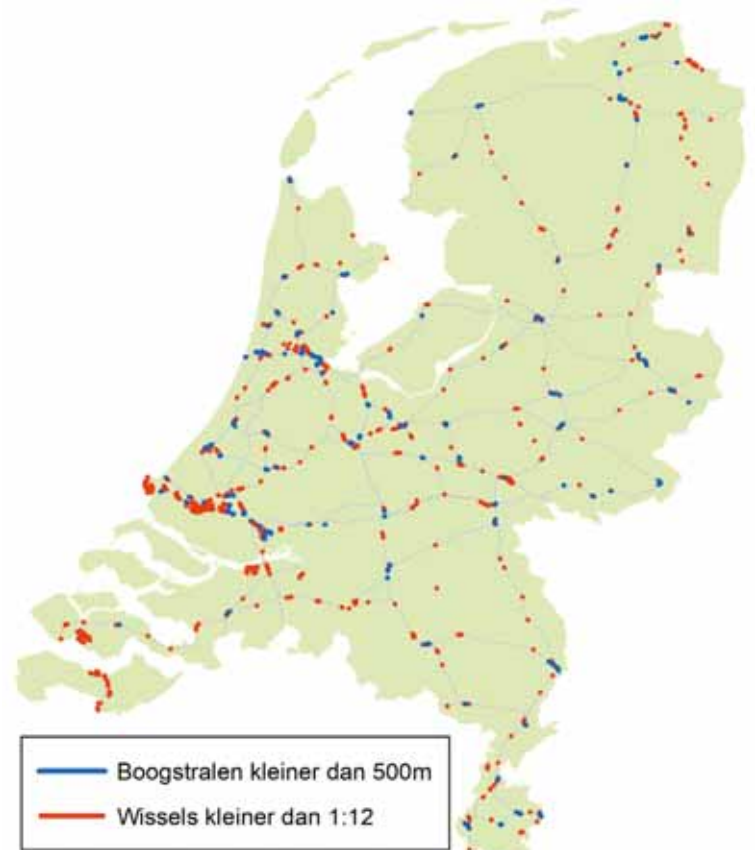
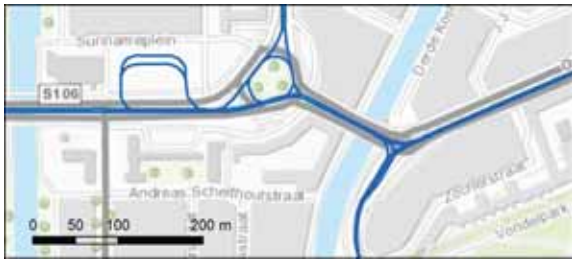
Deze interpretatie lichten we hier op hoofdlijnen toe. Een uitgebreide argumentatie staat in referentie⁶.

De hoofdregel geeft de lidstaat of infrabeheerder de vrijheid een passende beschrijving te kiezen die recht doet aan de ernst en die rekening houdt met de diverse relevante factoren. Daarmee kan de systematiek uit de 'eenvoudige benadering' worden vermeden. Die passende beschrijving moet dan wel minstens wissels en bogen met een straal van 500 m of minder in aanmerking nemen, behalve als blijkt dat er geen booggeluid optreedt. De minimum spoorlengte van 50 meter in de boog (waarop de toeslag in het model wordt toegepast) moet gezien worden als een modelmatige vereenvoudiging enkel voor spoorwegen en alleen als het geen wissel betreft. Zonder deze inperking zouden juist de locaties met veel booggeluid geen toeslag krijgen: de krappe trambogen en de spoorwissels met een sterk afbuigende tak. Deze zijn vaak korter dan 50 m.

INVENTARISATIE

Concreet betekenen de nieuwe regels van CNOSSOS dat de opsteller van de geluidkaart in 2021 de bogen moet identificeren die in aanmerking komen voor een geluidtoeslag. Daar zijn, binnen de interpretatieruimte die de tekst geeft, uiteenlopende mogelijkheden voor.

Voor de 'eenvoudige benadering' kan men starten met een inventarisatie van bogen en wissels met een boogstraal kleiner dan



FIGUUR 3: BOGEN BIJ SNELTRAM EN TRAM (LINKS) EN HOOFDSPOORWEGEN RECHTS).

500 m. De informatie kan bijvoorbeeld uit een analyse van de netkaart of infragegevens worden verkregen. Voor wissels is het zaak de hoekverhouding te achterhalen, omdat die meestal een directe relatie met de boogstraal heeft. Figuur 3 geeft een indruk van de bogen in het tramnet, het metro/sneltramnet en het hoofdspoornet. Bij tramspoor beginnen de krapste bogen bij ongeveer 20 m boogstraal, bij metrospoor zijn er bogen vanaf 75 m, voor hoofdspoorwegen zien we 150 m als ondergrens.

De kaart voor de hoofdspoorwegen betreft naast bogen ook de wissels met een hoekverhouding tot 1:12. Zulke wissels hebben voor de afbuigende richting een boogstraal tot maximaal 500 m. Deze kaart toont alleen de bogen in bewoond gebied, omdat deze inventarisatie van ProRail tot doel had potentiële knelpuntlocaties te bepalen.

Voor een uitvoeriger inventarisatie is het denkbaar om de bogen te classificeren naar boogstraal, spoorlengte, en een eventuele lokale maatregel (bijv. vaste smeerinstallaties). Per klasse kan op basis van steekproefmetingen een eigen geluidtoeslag worden afgeleid. Mogelijk kan een klachtenregistratie gebruikt worden als bron voor het bepalen van extra knelpuntlocaties, die op basis van boogstraal en hoekverhouding buiten beeld kunnen blijven. Deze aanpak, die een combinatie van bureauwerk en meetwerk omvat, is een nadere invulling van de hoofdregel.

De inventarisatie kan ook volledig op metingen worden gebaseerd. Het meest efficiënt is het om de metingen met een microfoon onder het railvoertuig (bij een draaistel) uit te voeren. Daarmee wordt volledig voldaan aan de regel dat het geluidvermogen 'normaliter ter plaatse [wordt] gecontroleerd'. Het maken van een zinvolle vertaling van de gemeten geluidniveaus naar relevante generieke toeslagen is wel een aandachtspunt, zoals hierna nog blijkt.

Ook voor het monitoren van de effectiviteit van maatregelen zijn metingen nodig. Daarbij moet er mee rekening worden gehouden

dat smeerinstallaties de kans of de duur van het booggeluid verkleinen, maar ze nemen het gepiep niet helemaal weg.

TONAAL GELUID

Sommige vormen van booggeluid hebben een tonaal karakter. De vraag dient zich aan of het raadzaam is om met het tonale karakter rekening te houden in de toeslag. Hier dienen zich twee verschillende overwegingen aan. Men kan opteren voor een toeslagspectrum in plaats van een vaste dB-waarde. En men kan de hogere hinderlijkheid vanwege het tonale karakter verwerken in een extra opslag, bovenop de gemeten dB(A)-toeslag.

Wat betreft het eerste punt merken we op dat een spectrale toeslag minder robuust is dan een vlak toeslagspectrum. De scherpe frequentiepieken in het booggeluid zijn namelijk terug te voeren op eigen frequenties van de wielen of wielstellen, en die zijn materieelafhankelijk. Bij treinwielen treden die meestal op boven 2 kHz, maar in wissels zijn ook pieken bij 400 Hz waargenomen⁷. Bij trams in Rotterdam werd bij de 701-750 tramserie een piek tussen 1,2 en 1,7 kHz gemeten⁸. Deze tramserie is sinds 2015 uit dienst. Bij de huidige Citadis-trams zoemen de wielen in de bocht bij circa 720 Hz. Uit deze voorbeelden blijkt dat bij een wisseling in de materieelinzet direct een ander toeslagspectrum nodig zou zijn. Dat is niet goed werkbaar.

In de eigen toeslagwaarden kan men overwegen, naar Duits voorbeeld, de mate van hinderlijkheid mee te wegen. Echter, omdat hinderlijkheid frequentie-afhankelijk is en dus materieel-specifiek, is ook zo'n opslag minder robuust. Toch is het wenselijk om in de toeslagwaarde enige marge in te bouwen, zodat geluidmaatregelen niet te krap worden gedimensioneerd. In de hoge standaard toeslagen die CNOSSOS geeft, lijkt ook sprake van een zekere marge. Mede vanwege het statistische karakter en de onzekerheid over de spectrale vorm is zo'n marge op zijn plaats.

BOOGGELUID BIJ TRAMS

Bij tramverkeer treedt booggeluid doorgaans in krappere bogen op dan bij treinverkeer. Dit hangt onder meer samen met de afstand tussen de assen in een draaistel: de wielbasis. Als vuistregel kan worden aangehouden dat er geen booggeluid van betekenis is bij boogstralen groter dan 100 maal de wielbasis⁹. Met een gemiddelde wielbasis bij trams van 1,9 meter stelt de vuistregel dat we in ruimere bogen dan 190 meter geen booggeluid meer hoeven te verwachten. De standaardtoeslag van 5 dB voor de 'eenvoudige benadering' in CNOSSOS is voor trambogen die ruimer zijn dan 300 meter een behoorlijke overschatting. Daarom lijkt voor trams een 'passende beschrijving' voor booggeluid de enige optie.

Zoals hiervoor beschreven, zijn daarvoor diverse mogelijke uitwerkingen met (steekproef)metingen denkbaar. In elk geval is het zaak om de 'passende beschrijving' zo eenvoudig mogelijk te houden. Een gedegen statistische benadering van het fenomeen vraagt namelijk een grote onderzoeksinspanning (denk aan seizoensinvloeden), terwijl de houdbaarheid van de resultaten betrekkelijk kort kan zijn. Lokaal verandert het extra geluid namelijk door onder meer de onderhoudstoestand van de rails. Denk daarbij aan bijvoorbeeld slijtage van het dwars-profiel, waardoor de vorm van de dwarsdoorsnede van de rail verandert en dus ook de positie van het contactpunt van wiel en rail. Ook wordt de representativiteit van specifieke toeslagspectra of lokale toeslagwaarden beperkt door instroom en uitstroom van materieel en/of wijzigingen in de dienstregeling. Een generieke aanpak, met eenvoudige toeslagen in helder omschreven klassen of situaties, biedt dan houvast.

BOOGGELUID EN DE OMGEVINGSWET

Welke plaats booggeluid voor lokaal spoor in de Omgevingswet krijgt is nog niet bekend. Naar verwachting gaat de vijfjaarlijkse monitoring van de basiskaart geluid voor gemeentelijke wegen en lokaal spoor in de pas lopen met de eveneens vijfjaarlijkse geluidkartering. Een brede invoering van de Europese rekenmethode CNOSSOS wordt overwogen. Daardoor kan booggeluid zijn in-trede maken in de berekening van de wettelijke geluidbelasting vanwege weg- en railverkeerslawaai. Dat heeft vanzelfsprekend consequenties voor de gebiedsontwikkeling nabij spoor- en trambogen en voor de afweging van doelmatige maatregelen in spoorprojecten. Voor de naleving van de plafonds heeft het minder impact. De rekenmethode voor de naleving moet immers dezelfde zijn als die voor de vaststelling van



de plafonds: hetzij allebei SRM2, hetzij allebei CNOSSOS. In het laatste geval moeten alle plafonds opnieuw worden vastgesteld. Voor tramverkeer is aandacht voor booggeluid niet nieuw. Maatregelen tegen booggeluid, zoals boogsmering en wioldempers, worden vaak al programmatisch uitgewerkt. Toch zal ook daar vanuit de omgeving meer druk komen op het treffen van maatregelen. Ook het monitoren van de effectiviteit wordt belangrijker.

CONCLUSIES

De aandacht voor booggeluid gaat toenemen nu CNOSSOS de verplichte rekenmethode wordt voor de Richtlijn omgevingslawaai. Vanaf 2021 wordt het meegenomen in de geluidberekeningen van tramverkeer en treinverkeer.

Voor het toepassen van toeslagfactoren voor booggeluid is de formulering in de Richtlijn niet eenduidig interpreteerbaar. Hoewel de tekst niet in beton is gegoten, worden geen ingrijpende wijzigingen meer verwacht. Op basis van een tekstanalyse zien wij voldoende aanleiding en ruimte voor een interpretatie waarbij de opsteller van geluidkaarten en actieplannen in plaats van de 'eenvoudige benadering' kan kiezen voor een meer 'passende beschrijving'. Een mogelijke uitwerking daarvan is om voor geluidkartering geluidmetingen te verwerken van een microfoon onder het railvoertuig.

Het is aan te bevelen dat Nederland een zorgvuldige beschrijving of handreiking uitwerkt om een consistente aanpak van booggeluid te bewerkstelligen. Als wordt geopteerd voor een eigen invulling van de 'passende beschrijving', wordt aanbevolen om het ook dan zo eenvoudig mogelijk te houden. Vanwege dat laatste is het te verkiezen terughoudend te zijn met frequentie-afhankelijke toeslagspectra.

LITERATUUR

- 1 Richtlijn 2015/996 van de Europese Commissie van 1 juli 2015 (met Rectificatie van 10 januari 2018)
- 2 UIC Railway noise Technical Measures Catalogue, Frank Elbers et al. (dBvision), 2013
- 3 Draft JRC Reference Report, Version 2d, 28 May 2010
- 4 Common Noise Assessment Methods in Europe, Stylianos Kephelopoulou, Marco Paviotti, Fabienne Anfosso-Lédée, 2012
- 5 Verordnung zur Änderung der 16. BImSchV, 2014
- 6 CNOSSOS railverkeer, Bronkentalen en adviezen voor implementatie van rekenmethode CNOSSOS voor railverkeer in Nederland, Edwin Verheijen, dBvision report RIM006-03-06ev, 14 december 2017
- 7 Meetprogramma op emplacement Apeldoorn ter bepaling van het effect van spoorstaafconditionering, E. Nieuwenhuizen (M+P), 2012
- 8 Memo DGMR, M.2016.0533.06.N018, T. Vergoed, 12 september 2017
- 9 Railway Noise and Vibration, David Thompson, Elsevier, 2009

