



Provinciaal Inpassingsplan RegioExpres

Toelichting bijlage 14

Trillingen: Notitie laagfrequent geluid

MEMO

AAN ProRail
VAN P.M. (Pieter) Boon
TELEFOON +31610039454
KENMERK D79-P.M.-HS-MEMO-24008461
STATUS definitief
ONDERWERP Laagfrequent contactgeluid bij RegioExpres
DATUM 19 november 2024

Inleiding

Naar aanleiding van de reactie van de CommissieMER, die aangeeft dat laagfrequent contactgeluid door de treinen een mogelijk risico kan zijn bij het project RegioExpres, is hier nader onderzoek naar gedaan. Laagfrequent geluid is vooral een risico dichtbij het spoor, op stijvere bodemtypes (zoals zandbodems) en dichtbij puntbronnen in het spoor (ES-lassen, wissels en kunstwerken).

Dit memo beschrijft de onderzoeksaanpak en resultaten van dit onderzoek naar laagfrequent contactgeluid.

Aanpak

Laagfrequent contactgeluid ontstaat doordat vloeren en wanden in trilling worden gebracht. Om het laagfrequent geluid in de woningen rond de RegioExpres te bepalen, is daarom gebruik gemaakt van een rekenmodel wat gebaseerd is op de met *VibraDyna* bepaalde trillingen op maaiveld, zie voor een beschrijving van dat rekenmodel het achtergrondrapport trillingen.

De trillingen in de woningen zijn vervolgens bepaald met vergelijking (1):

$$V(f) = V_{\text{maaiveld}}(f) \cdot C_f(f) \cdot C_v(f) \quad (1)$$

Hierin is $V_{\text{maaiveld}}(f)$ de 95 procent bovengrens van het trillingsspectrum op maaiveld, $C_f(f)$ de overdracht van maaiveld naar fundering en $C_v(f)$ de overdracht van fundering naar de ruimte in het gebouw. Al deze functies zijn afhankelijk van de frequentie, en zijn bepaald voor een aantal maatgevende woningen (oudere en nieuwere grondgebonden woningen, oudere en nieuwere appartementen).

Het geluiddrukkniveau is vervolgens berekend met behulp van een door TNO opgestelde vergelijking (2)¹.

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{r \cdot c \cdot \sigma \cdot S \cdot V(f)^2}{W_0} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{a \cdot A}{4} \right) + 10 \log_{10} \left(\left(\frac{4}{\pi^2} \right)^2 \right) \quad (2)$$

¹ Molenaar, ir. D.J. et al., *Prognoses van trillingen en laagfrequent geluid als gevolg van de TBM passage in en om de woning Patrimoniumpark 26 in Leiderdorp*, TNO Bouw, 16 mei 2003, 2002-C1-R2129

MEMO

De eerste term in vergelijking (2) is een weergave van het geluidsdrukniveau ten gevolge van de trillingen. Hierbij is L_p het geluidsdrukniveau in dB, $v(f)$ is de waarde van het effectieve trillingsspectrum in m/s op het midden van de vloer. Dit effectieve trillingsspectrum is bepaald in de vorm van tertsbandspectra (1/3 octaafbandspectra). Verder is ρ de dichtheid van lucht, bij kamertemperatuur 1.29 kg/m³, c is de geluidssnelheid in lucht, bij kamertemperatuur en normale druk 344 m/s, σ is de afstralcoëfficiënt van de kamer, die afneemt van ongeveer 1 (bij frequenties rond 10 Hz) tot 0.1 tot 0.3 (bij frequenties rond 50 Hz) en vervolgens weer toeneemt tot 1 (voor frequentie rond en boven 100 Hz), afhankelijk van de eigenschappen van de materialen in de ruimte. S is het trillende oppervlak in m² en W_0 het referentievermogen in pW.

De tweede term is een correctiefactor voor de absorptie in de ruimte, hierin is a de absorptiecoëfficiënt die varieert tussen de 0.01 en 0.20 voor de meeste materialen. A is het totale oppervlak van wanden, plafond en vloeren in de ruimte in m². De derde term dient alleen toegepast te worden indien het vlak wat beschouwd wordt trilt rond de eerste eigenfrequentie. In dat geval mag deze term met een grootte van -7.8 dB, bij het totaal worden opgeteld. Bij hogere frequenties mag deze correctie niet worden toegepast.

De toeslagfactoren variëren dus met de grootte van de ruimte, de frequentie en de materialen die worden toegepast. Grofweg kan gesteld worden dat de laagfrequent geluidsniveaus hoger zijn in kleinere ruimtes met weinig absorptie (beton, steen) en een lage aanstootfrequentie van het trillende vlak.

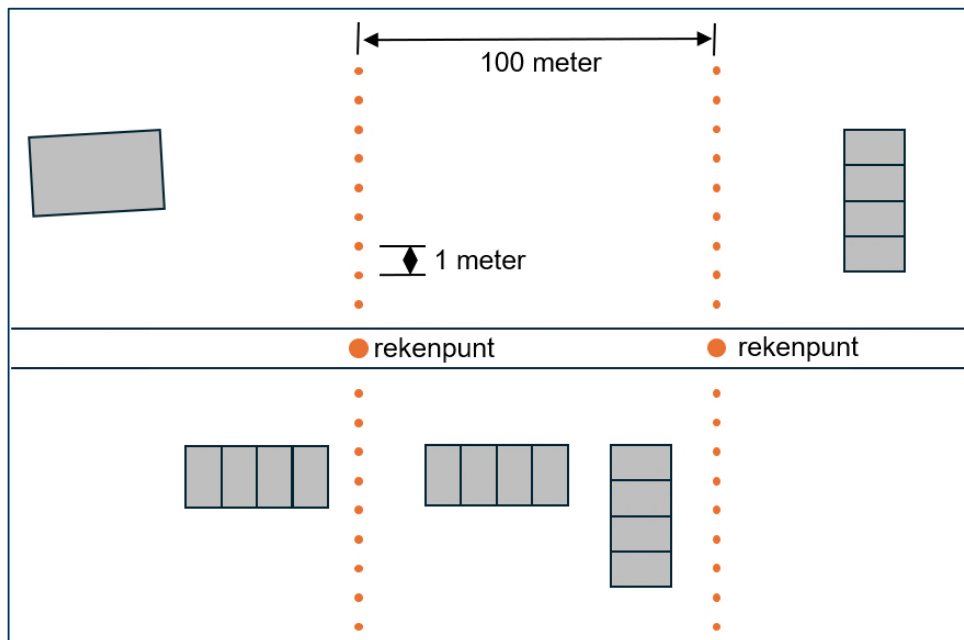
Bij laagfrequent geluid is tenslotte nog relevant dat er een grote onzekerheid in deze toeslagfactoren zit, die sterk afhankelijk is van persoonlijke keuzes van mensen t.a.v. de inrichting van ruimtes. Deze gegevens zijn aan de buitenkant van gebouwen niet bekend. Daarom is het gebruikelijk om meerdere inrichtingsvarianten van woningen door te rekenen, en de resultaten te presenteren als een bandbreedte (onzekerheidsmarge).

Bovenstaande vergelijking wordt vaak toegepast voor het berekenen van laagfrequent geluid in zowel bestaand als nog niet gerealiseerde bebouwing, en is gebaseerd op praktijkervaringen.

In dit onderzoek hebben we per rekenpunt (elke honderd meter langs het spoor ligt een rij rekenpunten haaks op het spoor) het laagfrequent geluid berekend, zie Figuur 1 voor de gebruikte methode. Deze methode is analoog met de bij geluidsonderzoeken gebruikte methode van GPP's, waarbij ook op vaste punten wordt bekeken of sprake is van knelpunten.

Op basis van de resultaten op de rekenpunten zijn contouren bepaald, en is onderzocht of er gebouwen met een gevoelige functie (functie *wonen*, *onderwijs* of *gezondheidszorg*) binnen deze contouren vallen.

MEMO



Figuur 1 Rekenpunten voor laagfrequent geluid

Beoordelingskader laagfrequent geluid

Voor laagfrequent geluid ontbreekt, net als voor trillingen, een wettelijk kader. Noch in de Wet Geluidhinder, noch in het Bouwbesluit zijn eisen opgenomen ten aanzien van laagfrequent geluid. Voor laagfrequent geluid zijn drie toetsingskader bekend in Nederland:

1. De **NSG-richtlijn** voor laagfrequent geluid (1999). Deze richtlijn is opgesteld door de Nederlandse Stichting Geluidhinder (NSG), en geeft aan of geluid hoorbaar is. De curve is opgesteld voor het gemiddelde geluidniveau in een woning dat 90% van een groep 55-plussers kan horen. Dat betekent concreet dat de meeste mensen een geluidniveau dat gelijk aan of hoger dan dit geluidniveau is, kan horen. Uit onderzoeken blijkt dat zo'n 10 procent van de mensen gevoeliger is voor laagfrequent geluid, en ook lagere geluidsniveaus kan horen, tot wel 10 dB onder deze referentiecurve. Belangrijk bij deze curve is dat een overschrijding kan leiden tot een klacht, maar niet per se dat sprake is van een hinderlijke situatie.
2. De **Vercammencurve** (1989). Deze curve is door Vercammen en Heringa ontwikkeld in opdracht van het ministerie van VROM, om de hinderlijkheid van laagfrequent geluid te beoordelen. Uitgangspunt bij deze curve is dat enige hinder mogelijk moet zijn, zoals dat ook geldt voor het wettelijk toetsingskader voor geluid. De Vercammencurve wordt regelmatig toegepast bij het toetsen van bijvoorbeeld milieuvergunningen voor bedrijven, en is vanuit de jurisprudentie daarvoor een gebruikelijk toetsingskader. Belangrijk bij deze curve is dat een overschrijding betekent dat er een grote kans is op hinder door laagfrequent geluid, maar de curve is in principe opgesteld voor meer continue bronnen, en niet voor voertuigpassages.
3. De GWR-richtlijn, of **methode De Ruiter** (2008). Deze methode is door Bob de Ruiter van Gemeentewerken Rotterdam ontwikkeld voor het beoordelen van

MEMO

laagfrequent geluid door railinfra, zoals treinen, metro's en trams. De methode wordt met regelmaat toegepast voor het beoordelen van laagfrequent geluid als gevolg van spoorverkeer, hier is ook jurisprudentie op. Belangrijk bij deze curve is dat een overschrijding betekent dat er een grote kans is op hinder door laagfrequent geluid.

De methode De Ruiter is, gelet op bovenstaande, het meest voor de hand liggende beoordelingskader om laagfrequent geluid als gevolg van de RegioExpres te beoordelen. Deze methode kent twee beoordelingen:

1. Een beoordeling van het A-gewogen passageniveau L_{Amax} in het frequentiebereik tussen 10 en 250 Hz, bepaald per voertuigpassage. De grenswaarde bedraagt 35 dB(A) voor woningen, voor kantoren wordt een grenswaarde van 40 dB(A) gehanteerd. Overigens kunnen geluidniveaus vanaf ca. 20 dB(A) al hoorbaar zijn.
2. Een beoordeling van het ongewogen passageniveau L_{Lmax} , in de octaafbanden 16, 32, 64 en 125 Hz. In alle octaafbanden moet het geluidniveau lager zijn dan de grenswaarde.

De grenswaarden voor gebouwen met woon- en kantoorfunctie zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Grenswaarden methode De Ruiter voor gebouwen met bestemming wonen en kantoor

Functie	L_{Lmax} [dB]				L_{Amax} [dB(A)]
	16 Hz	32 Hz	64 Hz	125 Hz	10 – 250 Hz
Wonen	80	68	55	45	35
Kantoor	85	73	60	50	40

Vervolgens is per rekenpunt bepaald of het laagfrequent geluid als gevolg van het project toeneemt **en** hoger is dan de grenswaarden uit de methode De Ruiter. Situaties waarbij het laagfrequent geluid als gevolg van het project wel toeneemt, maar het laagfrequent geluid lager is dan de grenswaarden uit de methode De Ruiter, worden aanvaardbaar geacht. Immers, daar is geen sprake van een overschrijding van de normen.

Hetzelfde geldt voor situaties waar nu al sprake is van overschrijdingen van de grenswaarden uit de methode De Ruiter, maar waar het laagfrequent geluid niet toeneemt. Daar zorgt het project namelijk niet voor een verslechtering van het laagfrequent geluidniveau.

Resultaten

Uit het onderzoek naar laagfrequent geluid blijkt dat de hindercontouren voor laagfrequent geluid doorgaans dichtbij het spoor liggen (meestal binnen 10 meter van het spoor). Lokaal, vooral rond wissels en overwegen (en in mindere mate ook rond ES-lassen) kunnen de contouren ruimer liggen tot ca. 28 meter van het spoor (afhankelijk van rijsnelheid en bodemtype bijvoorbeeld).

Alleen aan de Oude Beekseweg in Didam liggen woningen binnen deze contouren. Het betreft 4 adressen (nr. 45, 48, 48A en 50), zie Figuur 2 en Tabel 2, met in **rood** de overschrijding in de 125 Hz-octaafband. Omdat hier in het kader van het project een trillingsscherm van EPS (piepschuim) wordt gerealiseerd om de trillingen te

MEMO

verminderen, zijn de trillingen (en daarmee ook het laagfrequent geluid) in de situatie met trillingsscherm lager. In de situatie met trillingsscherm is alleen bij Oude Beekseweg 45 nog sprake van een overschrijding van de grenswaarden uit de methode De Ruiter. Het laagfrequent geluid in de situatie met maatregel is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 2 Bovengrens laagfrequent geluidniveaus methode De Ruiter, zonder maatregel

Adres	L_{Lmax} [dB]				L_{Amax} [dB(A)]
	16 Hz	32 Hz	64 Hz	125 Hz	10 – 250 Hz
Oude Beekseweg 48	54	61	50	49	31
Oude Beekseweg 48A	54	61	50	49	31
Oude Beekseweg 50	53	60	49	48	30
Oude Beekseweg 45	54	61	51	50	32
Grenswaarden	80	68	55	45	35

Tabel 3 Bovengrens laagfrequent geluidniveaus methode De Ruiter, met maatregel

Adres	L_{Lmax} [dB]				L_{Amax} [dB(A)]
	16 Hz	32 Hz	64 Hz	125 Hz	10 – 250 Hz
Oude Beekseweg 48	51	51	39	42	22
Oude Beekseweg 48A	51	51	39	42	22
Oude Beekseweg 50	49	50	38	41	21
Oude Beekseweg 45	54	61	51	50	32
Grenswaarden	80	68	55	45	35



Figuur 2 Overschrijdingen bij Oude Beekseweg in situatie zonder trillingsscherm (links) en in situatie met trillingsscherm (rechts)

Conclusies

Uit het onderzoek naar laagfrequent geluid blijkt dat de hindercontouren voor laagfrequent geluid doorgaans dichtbij het spoor liggen (meestal binnen 10 meter), waardoor er vrijwel nergens gebouwen met een gevoelige functie (woningen) binnen deze contouren liggen.

MEMO

Alleen bij de Oude Beekseweg zijn enkele woningen die dichtbij het spoor liggen binnen de contouren waar sprake kan zijn van overschrijdingen van het beoordelingskader voor laagfrequent geluid, en waar het laagfrequent geluid als gevolg van het project toeneemt. Het gaat om 4 woningen. Voor 3 van deze woningen wordt in het kader van het project een maatregel gerealiseerd in de vorm van een trillingsscherm van EPS (piepschuim), wat deze toename van het laagfrequent geluidniveau wegneemt. Alleen bij Oude Beekseweg 45 wordt geen maatregel getroffen, en is sprake van een overschrijding van de laagfrequent geluidniveaus in de 125 Hz octaafband met 5 dB. Ten opzichte van de nulsituatie in 2014 neemt het laagfrequent geluid in die octaafband toe met 10 dB. Dit betreft een woning die is uitgekocht.