

DE FLANKERENDE GELUIDISOLATIE VAN GLASWANDEN

De totale geluidisolatie tussen twee aangrenzende (kantoor)ruimten wordt niet alleen bepaald door geluidoverdracht via de scheidingswand maar ook door flankerende geluidoverdracht via bijvoorbeeld doorlopende gangwanden, verlaagde plafonds en van ruimte naar ruimte doorlopende installaties zoals kabelgoten. In publicatie F59 [1] van de Stichting Bouwresearch (SBR) is een methode omschreven om de totale geluidisolatie te berekenen met behulp van deelisolaties. F59 is in 1992 opgesteld door Peutz in opdracht van onder andere de toenmalige Nederlandse Vereniging van Plafond- en Wandbedrijven (NEVAP). In genoemde publicatie is naast een rekenprocedure ook informatie gegeven over de te hanteren deelisolaties van bijvoorbeeld de flankerende gevel, het verlaagde plafond en de gangwand, grotendeels gebaseerd op uitvoerige laboratoriummetingen.



ir. W.Th. (Theo) Scheers, laboratorium voor akoestiek, Peutz

In de huidige situatie, ruim twintig jaar na publicatie F59, worden veel glazen binnenwanden toegepast. Van deze constructies is geen of onvoldoende informatie beschikbaar omtrent de flankerende geluidisolatie. De Nederlandse vereniging van Binnenwand Fabrikanten (Nebifa) heeft het initiatief genomen om deze lacune te vullen door Peutz een onderzoek te laten uitvoeren naar de flankerende geluidisolatie van glazen binnenwanden. In voorliggende publicatie wordt ingegaan op de onderzoeksresultaten.

ONDERZOCHE GLASWANDEN

Door Peutz is een (meet)onderzoek uitgevoerd aan volglas wandsystemen. Onder een volglaswand wordt hier verstaan een wand die over de gehele hoogte bestaat uit glaspanelen. De onderlinge aansluiting van de glaspanelen is uitgevoerd met lijmtape of met een transparante koppelbies. De glaspanelen zijn alleen bij de aansluiting op de omringende bouwkundige constructie en op het verlaagde plafond gevat in (veelal) aluminium profielen.

Het onderzoek heeft zich in hoofdzaak gericht op de eenvoudige wandsystemen, zie ook figuur 1.

FLANKERENDE GELUIDISOLATIE VAN (VOLGLAS)WANDEN

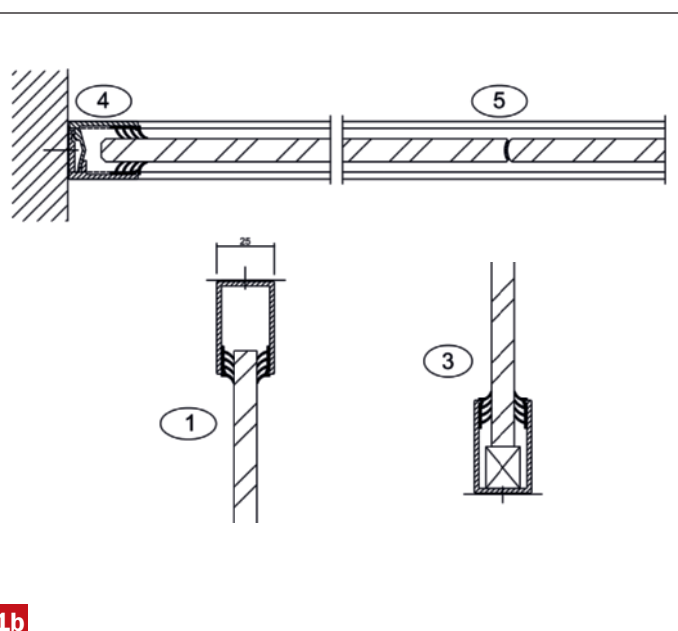
De flankerende geluidisolatie via transmissieweg Ff (zie figuur 2) wordt bepaald door de luchtgeluidisolatie van het flankerend vlak aan zend- (F) en ontvangzijde (f), de verbindingsdemping bij het knooppunt en de oppervlaktes van de wanden. In de onderhavige situatie is de flankerende transmissieweg Ff de flankerende volglaswand. Door de bevestigingswijze van deze glaswand op de omringende bouwkundige constructie en op de directe scheidingswand (Dd) zal er weinig tot geen trillingsenergie worden uitgewisseld met de aangesloten vlakken. Hierdoor kunnen we geluidtransmissie via weg Df en Fd buiten beschouwing laten en ons concentreren op transmissieweg Ff.

Onderstaande vergelijking (1) is ontleend aan de norm EN-12354-1 [2] en beschrijft de flankerende geluidisolatie voor één bepaalde transmissieweg, hier Ff.



1a

Onderzochte wandsystemen; een volglaswand in de meetopening



1b

Onderzochte wandsystemen; horizontale en verticale doorsnedes

$$R_{F,f} = R_F + \Delta L_{v,Ff} + 10 \lg \left(\frac{S_s}{S_f} \right) + 10 \lg \left(\frac{\sigma_F}{\sigma_f} \right) \quad (1)$$

waarin :

- R_F = de directe luchtgeluidisolatie van de volglaswand aan zendzijde [dB]
- $\Delta L_{v,Ff}$ = de verbindingsdemping [dB]
- S_s = oppervlakte van de scheidingswand [m²]
- S_f = oppervlakte van de volglaswand aan ontvangzijde [m²]
- σ_F = de afstraalfactor van de volglaswand aan zendzijde [-]
- σ_f = de afstraalfactor van de volglaswand aan ontvangzijde [-]

De afstraalfactor aan zendzijde (σ_f) kan over het gehele frequentiegebied ongeveer gelijk aan 1 gesteld worden. Aan ontvangzijde wordt de volglaswand echter over de wandhoogte alleen via een lijnverbinding aangestoten, hierdoor ontstaan aan ontvangzijde vrije buiggolven. De trilvorm wordt niet meer opgelegd door het geluidveld in de zendruimte, maar ontstaat op grond van vrij propagerende buiggolven. De afstraling is hier rond de grensfrequentie erg effectief en de afstraalfactor (σ_f) groter dan 1. Boven deze frequentie is de afstraalfactor ongeveer gelijk aan 1, maar beneden de grensfrequentie is de afstraalfactor klein, hetgeen een (zeer) positieve invloed heeft op de flankerende geluidisolatie bij de lage tonen. Met behulp van de in publicatie [3] gegeven informatie kan de grootte van de afstraalfactor worden ingeschat. Zie ook figuur 3 voor een grafische weergave van de afstraalgraad uit [3]. Hierbij is de afstraalgraad als een niveau gepresenteerd ($L_\sigma = 10 \lg \sigma$).

Stel dat de directe geluidisolatie van een volglaswand bij de grensfrequentie (f_g) = x dB bedraagt, dan blijkt uit figuur 3 dat ten gevolge van de afstraalgraad de flankerende geluidisolatie één octaaf onder de grensfrequentie al circa x + 15 dB zal bedragen, nog afgezien van factoren zoals oppervlakteverhoudingen en verbindingsdemping.

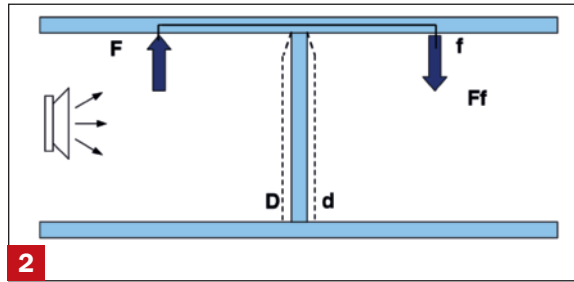
Hierbij wordt opgemerkt dat de verbindingsdemping in vergelijking (1) een frequentie-onafhankelijke waarde is die alleen is gebaseerd op de massa-verhoudingen van de betrokken vlakken. In werkelijkheid spelen echter meer factoren een rol; hier wordt later nader op ingegaan. Ook blijkt uit vergelijking (1) dat het startpunt bij de beschouwing van de flankerende geluidisolatie van een wand de directe geluidisolatie van deze wand is. Vandaar dat we nu eerst ingaan op de directe geluidisolatie van een volglaswand.

DIRECTE GELUIDISOLATIE VAN VOLGLASWANDEN

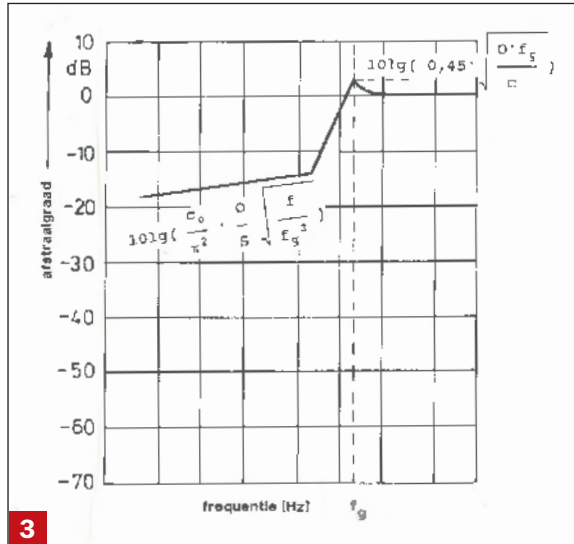
De directe geluidisolatie van een massief (glas)paneel wordt in eerste instantie bepaald door de massa. Door de massa impedantie zal de constructie weerstand bieden aan de opgedrongen beweging. De geluidisolatie neemt globaal met circa 5 dB bij elke verdubbeling van de massa en de frequentie toe.

Coïncidentie

Naast de massa speelt de buigstijfheid van een (glas) paneel een belangrijk rol in het verloop van de isolatie-



2 Flankerende transmissieweg Ff



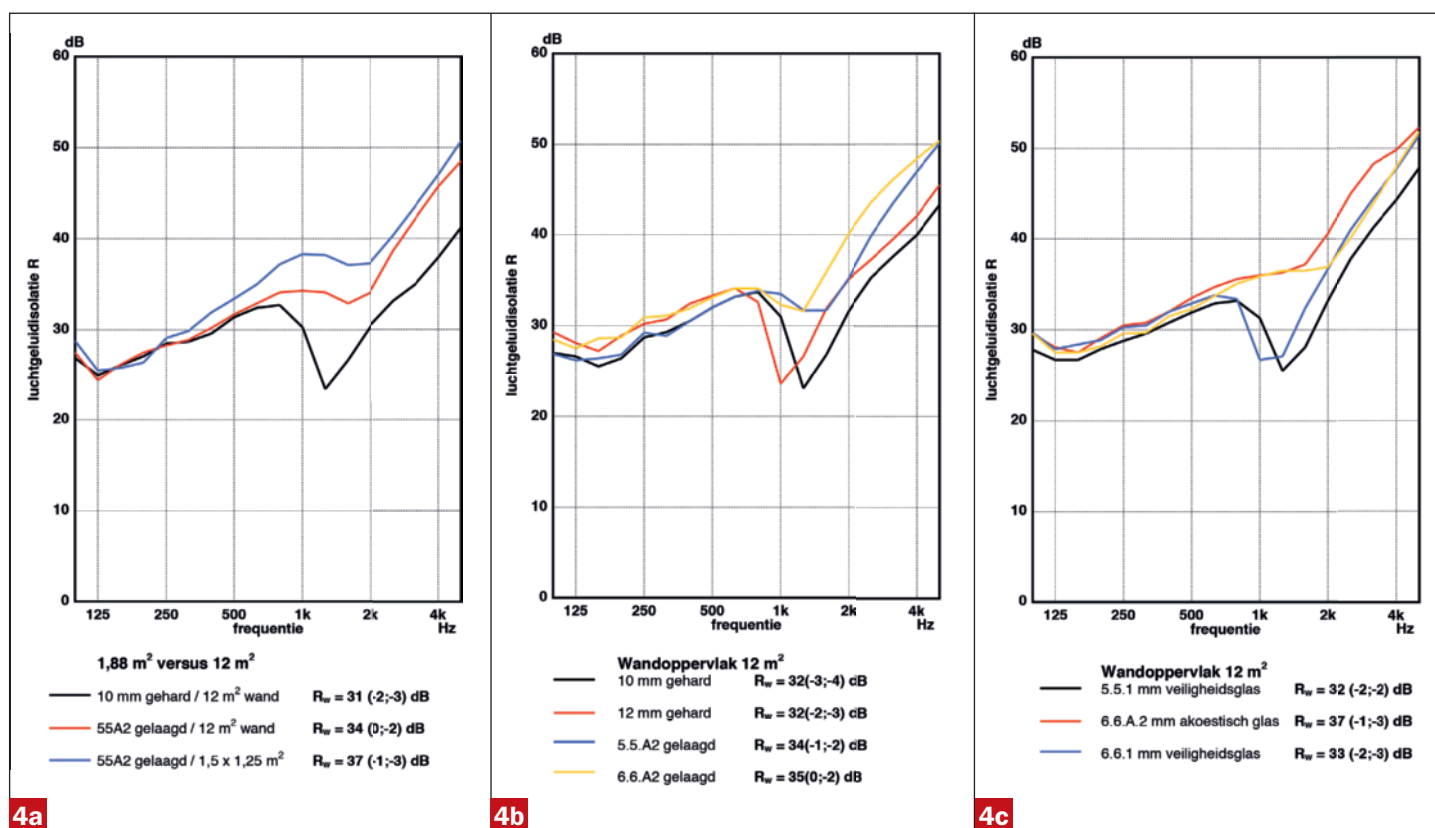
3 De afstraalgraad voor vrije buiggolven in platen volgens [3], [7]

curve. Voor een zekere frequentie is de golflengte in de lucht en in de constructie gelijk. Dit wordt de grensfrequentie of coïncidentiefrequentie genoemd. Bij deze frequentie wordt de geluidenergie makkelijk van de lucht op de plaat overgedragen (en vice versa). De constructie heeft een lage geluidisolatie bij deze frequentie. Veelal is een scherpe dip in de isolatiegrafiek te zien. Voor hogere frequenties herstelt de geluidisolatie zich weer.

De grensfrequentie (f_g) is afhankelijk van materiaaleigenschappen en de dikte (d) van de plaat, het product van $f_g \times d$ is een constante waarde (in m/s). Deze constante is voor glas bijvoorbeeld 12,8 m/s. Voor dunne panelen manifesteert de dip zich bij vrij hoge frequenties. Bij 4 mm dik glas geldt $f_g = 3200$ Hz. Door het paneel dikker uit te voeren zal ten gevolge van de toegenomen massa de geluidisolatie in de lage tonen toenemen. Aangezien de coïncidentiedip naar een lagere frequentie verschuift, en daarmee in een meer kritisch frequentiegebied komt, kan de geluidisolatie uitgedrukt in een R_w -waarde niet of nauwelijks toenemen. In figuur 4 wordt dit fenomeen aan de hand van enkele meetvoorbeelden uit het archief van het Laboratorium voor Akoestiek van Peutz geïllustreerd.

MEETVOORBEELDEN

Allereerst is in figuur 4a) de gemeten geluidisolatie weergegeven van een wand opgebouwd uit enkelvoudige 10 mm dikke glaspanelen. De gemeten R_w waarde van 31 dB wordt in belangrijke mate bepaald door een scherpe en diepe dip in de isolatiecurve bij 1250 Hz. De plaats van de dip op de frequentieschaal komt overeen met de te verwachten waarde berekend met de eerder genoemde materiaalconstante voor glas: $f_g = 12,8/d = 1280$ Hz.



4a Meetvoorbeelden van enkelvoudige volglaswanden; invloed wandafmetingen

4b Invloed glasdikte

4c Invloed folie

Invloed wandafmetingen

De dip in de isolatiecurve bij de grensfrequentie is zo diep in verband met de grote afmetingen (breedte x hoogte = 0,9 m x 2,8 m) van de glaspanelen waaruit de wand is opgebouwd. Wanneer de afmetingen van het glaspaneel groot zijn ten opzichte van de buiggolflengte, dan kunnen de buiggolven in de plaat zich beter ontwikkelen dan bij een klein paneel. Productinformatie over de geluidisolatie van beglazingen, zoals deze door de glasleverancier wordt verstrekt, zijn in de regel gebaseerd op metingen in een genormaliseerde meetopening van 1,5 m x 1,25 m. Hierbij wordt de te onderzoeken beglazing rondom afgekit. Wanneer we de beglazing van de wand toepassen als volglas wandstelsel met verdiepingshoge wandpanelen, dan moet rekening worden gehouden met enkele dB's verlies ten opzichte van de productinformatie van de glasleverancier, zie figuur 4a).

Invloed glasdikte

Door het vergroten van de dikte van een glaspaneel neemt de oppervlakte-massa toe. Uit figuur 4b) blijkt dat de geluidisolatie in de lage tonen bij toepassing van een 12 mm dik glaspaneel circa 2 dB hoger is dan van een 10 mm dikke ruit. Dit komt overeen met hetgeen men op basis van de massawet mag verwachten. Gelijktijdig wordt de stijfheid van het glaspaneel echter verhoogd waardoor de grensfrequentie (f_g) naar beneden verschuift.

Invloed folie

Door een visco-elastische tussenlaag wordt de inwendige demping van een gelaagde ruit sterk vergroot. Hierdoor wordt de ontwikkeling van de buiggolf tegengewerkt en het coïncidentie-effect onderdrukt. Ook in verband met de gewenste doorval beveiliging worden veel glaswanden uitgevoerd met gelaagde ruiten. De folie toegepast bij gelaagd

veiligheidsglas is niet per definitie ook een geluidwerende folie. Dit blijkt uit figuur 4c), door de veiligheidsfolie is de dip in de isolatiecurve bij 55.1 beglazing wel wat minder diep dan bij een 10 mm ruit, maar niet zoveel dan bij toepassing van een akoestisch folie (55.A2).

In figuur 4b) en 4c) komen de meetresultaten van 55.A2 en 66.A2 niet (exact) met elkaar overeen. Dit wordt veroorzaakt door het gegeven dat de meetresultaten zijn ontleend aan metingen aan twee verschillende wandstelsels waarin de toegepaste glassamenstelling weliswaar overeenkomen, maar waar bijvoorbeeld een andere verbinding tussen de individuele glaspanelen en een andere breedte van deze glaspanelen is toegepast.

MEETONDERZOEK

Nadat we in bovenstaande beschouwing de invloedsfactoren hebben besproken die van belang zijn voor de directe geluidisolatie van een volglaswand, gaan we nu in op de flankerende geluidisolatie aan de hand van het uitgevoerde meetonderzoek.

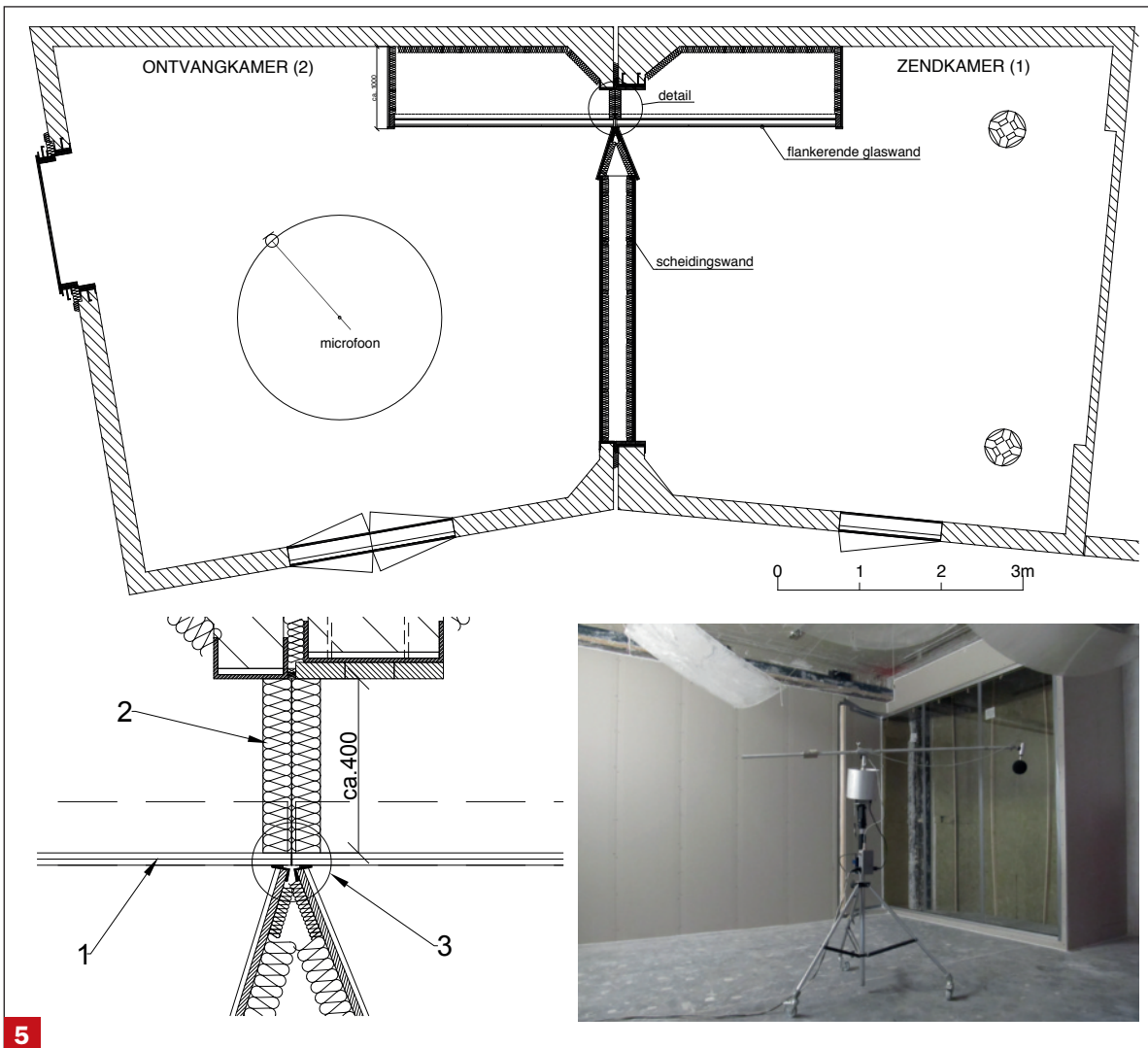
Onderzochte volglaswanden

De metingen zijn uitgevoerd aan volglaswanden voorzien van de volgende beglazingen:

- glas 3.3.1 mm gelaagd veiligheidsglas
- glas 12 mm gehard blank glas
- glas 6.6.2 mm gelaagd veiligheidsglas
- glas 6.6.A2 mm gelaagd akoestisch glas

Meetopstelling flankerende geluidisolatie

Ten behoeve van het Nebifa onderzoek [4] is in Peutz' Laboratorium voor Akoestiek tussen twee aangrenzende meetruimtes een meetopstelling gerealiseerd voor het



5

Plattegrond en een detail van de gehanteerde meetopstelling

meten van de flankerende geluidisolatie. Deze meetopstelling bestaat allereerst uit een zeer goed geluidsisolerende scheidingswand, in de normale meetopening tussen de meetruimten, opgebouwd uit een gescheiden stijl- en regelwerk en geplaatst aan weerszijden van de dilatatie tussen de meetruimten. De wand is aan beide zijden beplaat met 3 x 12,5 mm gipskartonplaat en voorzien van minerale wol in de spouw.

Om de flankerende geluidisolatie te kunnen meten zijn de te onderzoeken glazen binnenwanden loodrecht op de geluidsisolerende scheidingswand geplaatst, zie figuur 5. De scheidingswand is bij de aansluiting op de flankerende binnenwand verjongd tot een breedte van circa 100 mm.

In de spouw achter de flankerende glaswand is geluidabsorberend materiaal aangebracht om een gedempte gang te simuleren. De metingen zijn uitgevoerd met en zonder barrière tussen de onderzochte gangwand en de achterliggende constructie. Door de barrière te plaatsen wordt de flankerende geluidisolatie van de gangwand zelf gemeten. Zonder barrière wordt er een overdrachtsweg aan toegevoegd; het omloopgeluid via de “gang”.

Zie figuur 5 voor tekeningen en afbeeldingen van de gehanteerde meetopstelling.

Meetmethode

In de meetnorm [5] wordt de flankerende luchtgeluidisolatie van een object gedefinieerd als “normalized flanking level difference $D_{n,f}$ ”, dat wordt bepaald volgens vergelijking 2 en uitgedrukt in dB:

$$D_{n,f} = L_1 - L_2 - 10 \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (2)$$

waarin :

L_1 = geluidrukniveau in de zendruimte [dB]

L_2 = geluidrukniveau in de ontvangruimte [dB]

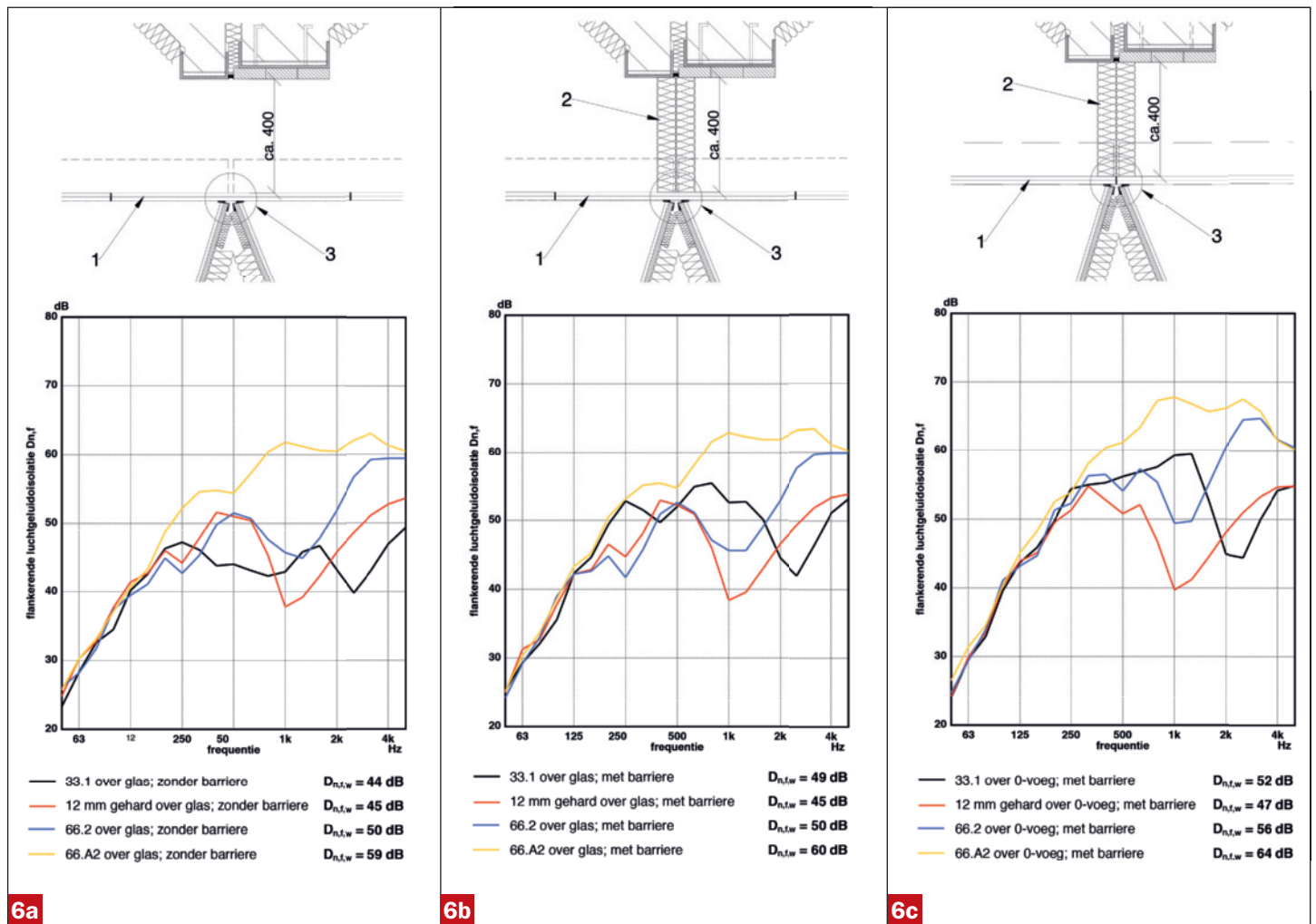
A_0 = referentie geluidabsorptie oppervlakte [= 10 m²]

A = equivalente geluidabsorptie in de ontvangruimte [m²]

De metingen zijn uitgevoerd in tertsbanden van 50 Hz tot en met 5000 Hz. Uit deze waarden is verder nog de “weighted sound reduction index $D_{n,f,w}$ ” en de aanpassingstermen C en C_{tr} conform ISO 717-1 [6] berekend en aangegeven.

Meetresultaten

In figuur 6 zijn de meetresultaten samengevat. In eerste instantie is de geluidisolatie gemeten zonder barrière, dus inclusief omloopgeluid (zie 6a) en met de aansluiting van de wand direct op het midden van een flankerende ruit. Vervolgens is de flankerende geluidisolatie van alleen de glaswand (met barrière) gemeten (zie 6b). Tenslotte zijn de flankerende glaspanelen zodanig gepositioneerd dat de



6a Meetresultaten flankerende geluidisolatie van volglaswanden; aansluiting op glas met omloopgeluid

6b Aansluiting op glas zonder omloopgeluid

6c Aansluiting op 0-voeg zonder omloopgeluid

scheidingswand aansluit op een voeg tussen 2 flankerende glasruiten (zie 6c).

Uit de meetresultaten blijkt:

- Dat de gemeten flankerende geluidisolatie van de 3.3.1 beglazing $D_{n,f,w} = 44$ dB bedraagt. Omloopgeluid speelt hier nog een belangrijke rol. Dit blijkt uit de gemeten waarde met barrière. Door het omloopgeluid uit te sluiten neemt de totale flankerende geluidisolatie met 5 dB toe tot $D_{n,f,w} = 49$ dB. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het omloopgeluid zelf met 3.3.1 glas circa $D_{n,f,w} = 46$ dB bedraagt. Bij de overige 12 mm dikke ruiten is geen verbetering gevonden door het omloopgeluid te elimineren, hier is de flankerende geluidoverdracht door de glaswand maatgevend.
- Door de kamerscheidende wand niet aan te sluiten op het midden van een glaspaneel maar op een voeg, neemt de flankerende geluidisolatie met gemiddeld 3 dB toe.
- De flankerende geluidisolatie van 12 mm gehard glas bedraagt $D_{n,f,w} = 45$ tot 47 dB. Hier speelt de dip in de isolatiecurve bij 1000 Hz een bepalende rol in de flankerende geluidisolatie. Dit wordt veroorzaakt door de effectieve afstraling van vrije buiggolven aan ontvangzijde. De dip in de isolatiecurve bij de grensfrequentie is maatgevend voor de bijbehorende ééngetalswaarde.

- Door de beglazing te voorzien van een akoestische folie verdwijnt de dip in de isolatiecurve volledig. Dit effect hebben we al gezien bij de directe geluidisolatie (zie figuur 4). De winst in de directe geluidisolatie bedraagt 4 dB (R_w -waarde). Bij de flankerende geluidisolatie blijkt de winst door het toepassen van een akoestische folie echter aanmerkelijk groter. De flankerende geluidisolatie neemt met 15 dB toe; van $D_{nfw} = 45$ dB voor 12 mm gehard glas tot $D_{nfw} = 60$ dB voor 6.6.A2 glas.
- Veiligheidsfolie is niet hetzelfde als een akoestische folie. Deze conclusie hebben we al getrokken bij de beoordeling van de directe geluidisolatie en zien we nu ook weer terug bij de flankerende geluidisolatie. Bij toepassing van een volglaswand met 6.6.2 beglazing voorzien van veiligheidsfolie bedraagt de flankerende geluidisolatie $D_{nfw} = 50$ dB. Dit is circa 5 dB beter dan de 12 mm geharde beglazing maar blijft nog 10 dB achter bij de beglazing voorzien van een akoestische folie.

VERBINDINGSDEMPING

Naast de bepaling van de totale flankerende geluidisolatie zijn ook trillingsmetingen uitgevoerd om inzicht te krijgen in de optredende verbindingsdempingen ($\Delta L_{v,FI}$ uit vergelijking (1)). Allereerst is het trillingniveau op verschillende posities op de aangestraalde beglazing in het zendvertek gemeten. Vervolgens is het trillingniveau gemeten op

de flankerende ruiten aan ontvangzijde. De ruiten zijn verdiepingshoog en hebben een breedte van 900 mm. Er zijn 3 ruiten aan zendzijde en 3 ruiten aan ontvangzijde geplaatst. De onderlinge aansluiting van de ruiten is uitgevoerd met dubbelzijdige tape. In figuur 7 zijn de meetresultaten samengevat. De meetresultaten zijn weergegeven als het verschil tussen het gemiddelde (over ruit 1 tot en met 3) trillingniveau aan zendzijde minus het trillingniveau aan ontvangzijde op respectievelijk ruit nummer 4, 5 en 6. Hierbij is ruit 4 het dichtst bij de scheidingswand gepositioneerd, zie figuur 7. De meetresultaten zijn gepresenteerd voor de octaafbanden van 500 Hz, 1000 Hz en 2000 Hz.

Uit de meetresultaten blijkt dat de verbindingsdemping frequentieafhankelijk is en dat er een afname met de afstand optreedt. Deze afname met de afstand is voor de beglazingen waar de akoestische folie is toegepast aanmerkelijk groter dan bij de 12 mm gehard glazen ruit. Door de hogere verbindingsdemping in combinatie met de sterke afname van het trillingniveau met toenemende afstand bij de 6.6.A2 beglazing, draagt de geluidafstraling van ruit 5 en ruit 6 niet of nauwelijks bij aan de totale geluidafstraling van de flankerende glaswand. Dit verklaart de hoge gemeten D_{nfw} -waarde van 60 dB.

OMREKENING VAN DE LABORATORIUMSITUATIE NAAR EEN PRAKTIJSITUATIE

Zoals hiervoor al vermeld gaan we er bij de gemeten flankerende geluidisolatie van de glaswanden van uit dat de geluidoverdracht primair plaatsvindt via het flankerend pad Ff (zie figuur 8). De bijdrage via de geluidoverdrachtswegen F_d en D_f worden verwaarloosd.

Op basis van deze aanname kunnen we uitgaan van de gemeten flankerende geluidisolatie in een laboratoriumsituatie en deze omrekenen naar een praktijksituatie met een correctie voor het verschil in de hoogte van de gangwand en het oppervlak van de scheidingswand; in formulevorm:

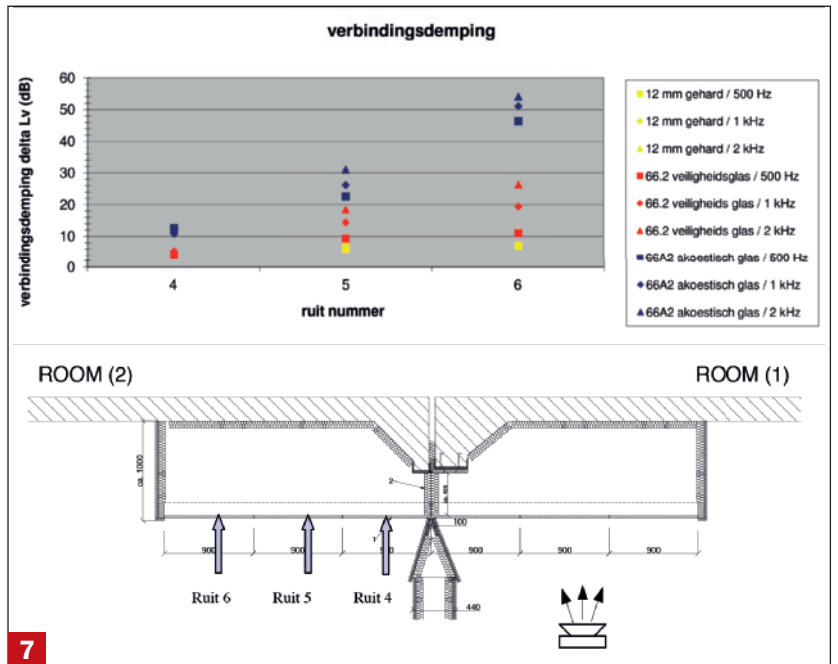
$$R'_{F,f} = D_{n,f} + 10 \lg \left(\frac{S_s l_{lab}}{A_0 l_{Ff}} \right) \quad (3)$$

waarin :

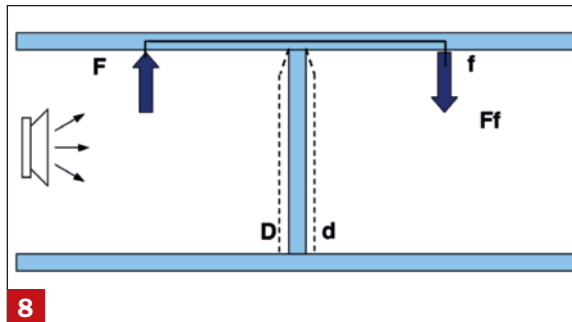
- $D_{n,f}$ = gemeten flankerende geluidisolatie in het laboratorium [dB]
- S_s = oppervlakte van de scheidingswand [m²]
- l_{lab} = koppellengte tussen flankerend vlak en de scheidingswand in het lab [= 2,6 m]
- A_0 = referentie geluidabsorptie oppervlakte [= 10 m²]
- l_{Ff} = koppellengte tussen flankerend vlak en de scheidingswand in de praktijk [m]

CONCLUSIES TEN AANZIEN VAN HET TOEPASSINGSGBIED

Wanneer een volglaswand wordt toegepast tussen een werkvertrek en een aangrenzend verkeersgebied, dan wordt de samenstelling veelal geselecteerd op de te realiseren directe geluidisolatie. Bij een doorlopende beglazing moet echter ook rekening worden gehouden met de flankerende geluidisolatie. Uit het uitgevoerde onderzoek blijkt dat een doorlopende floatglas beglazing van 12 mm het onmogelijk maakt een verhoogde Privacy te realiseren tussen aangrenzende ruimten. Hiervoor moet aan de ruimtezijde een gelaagde beglazing met een akoestische



Gemeten verbindingsdempingen



Geluidoverdrachtswegen

folie op worden genomen. Voor een normale Privacy volstaat hiervoor een dikte van circa 44A2. Met de gemeten dikte van 66A2 wordt ruimschoots voldaan aan de eis voor het realiseren van een verhoogde Privacy. ■

BRONNEN

- [1] Scheers, Th.W., Hoogendoorn, K., "Akoestische kwaliteitsbeheersing van verplaatsbare wanden" SBR-werkdocument nr. F59 (1992)
- [2] EN 12354-1:2000 Building Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne Impact sound insulation between rooms
- [3] Vercammen, M.L.S., Heringa, PH., "Geluidafstraling" rapport RL442 in opdracht van het Ministerie van VROM (1988)
- [4] Scheers, Th.W., "Bepaling van de flankerende geluidisolatie van glazen binnenwanden" rapport R 1147-1-RA in opdracht van Nebifa (2013)
- [5] ISO 10848-2:2006 Acoustics. Laboratory measurement of the flanking transmission of airborne and impact sound between adjoining rooms. Part 2: Application to light elements when the junction has a small influence
- [6] ISO 717-1:2013 Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation
- [7] Cremer, Heckl, Ungar, "Structure-borne Sound", second edition, Springer Verlag, (1988)