

Technisch bulletin

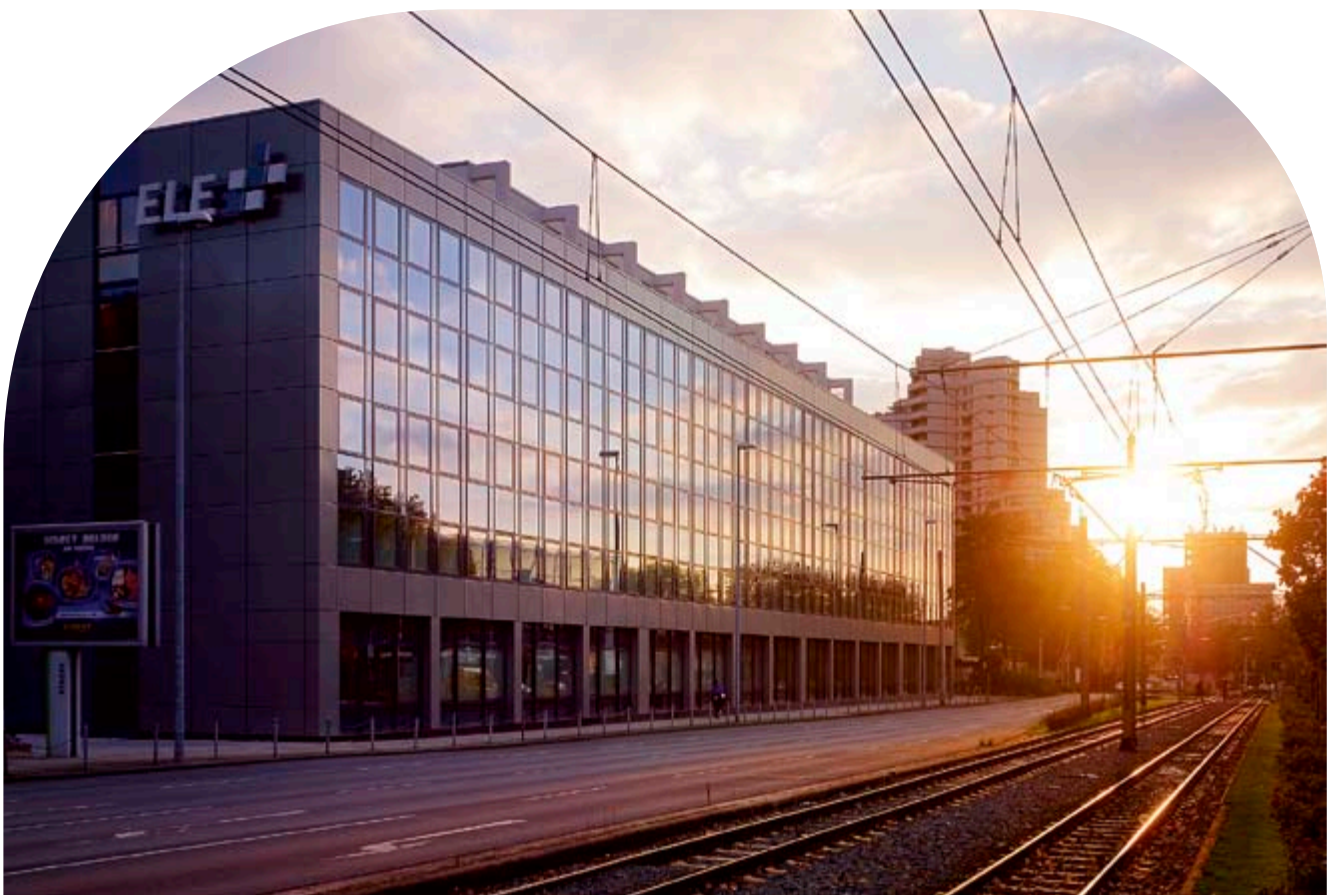




Geluidsoverlast

We hebben allemaal wel eens last van lawaai: u ligt in bed, u leest een goed boek of u wilt zich concentreren op uw werk en dan wordt de rust verstoord door verkeerslawaai, lawaaiërige burens of een ander storend geluid. Tegenwoordig wonen we steeds dichterbij elkaar en ook het omgevingslawaai lijkt toe te nemen. Niet alleen het lawaai neemt toe; ook het inzicht in de gevolgen daarvan voor de gezondheid, vanwege

de stress die het met zich mee brengt. Daarom is men steeds meer geïnteresseerd in manieren om mensen tegen lawaai te beschermen om stress te voorkomen. Er is al veel onderzoek verricht op het gebied van lawaaibestrijding in gebouwen en tussen aangrenzende ruimtes. Dit is uitermate waardevol gebleken. Wij concentreren ons hier op de bijdrage die wordt geleverd door zorgvuldig gekozen geluidwerende beglazing.



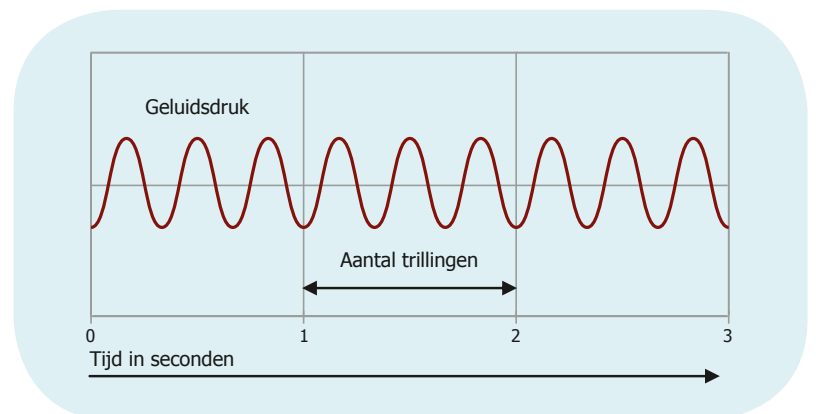


Wat is geluid?

Natuurkundig gezien, hoort geluid bij de studie naar golven en mechanische trillingen. Al 2000 jaar geleden bestudeerden architecten in Rome de verplaatsing van golven in water om hun ontwerpen van amfitheaters te verbeteren. Als we bijvoorbeeld tegen een stemvork slaan, kunnen we de trillingen horen, maar niet zien. Deze trillingen van de stemvork worden door luchtmoleculen getransporteerd. Deze moleculen geven de trilling weer door aan andere moleculen. Dit gedrag kan in water worden gedemonstreerd. De trillingen lijken namelijk op watergolven. De hoogte van de golf staat gelijk aan het geluidsvolume en het aantal golven over tijd staat gelijk aan de geluidsfrequentie: hoe meer golven, hoe hoger de frequentie. Frequentie wordt gedefinieerd als cycli per seconde, ofwel Hertz. Hertz is de juiste wijze om de frequentie of toonhoogte te beschrijven. De afkorting is Hz.



Geluid verspreidt zich in de lucht op dezelfde manier als golven door water.

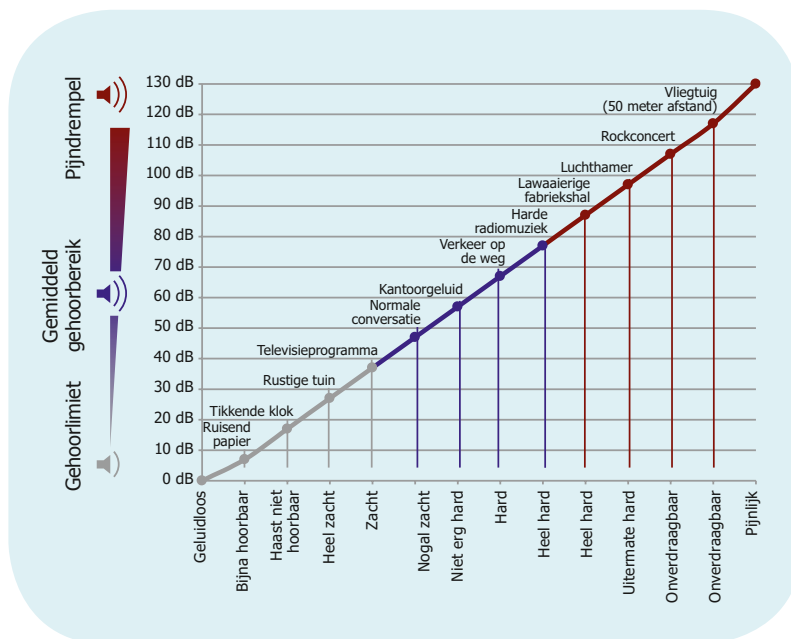


Definitie van frequentie.



Het oor van een jong persoon kan frequenties van 20 Hz tot 20.000 Hz horen en is in staat geluidsdruk te voelen. Preciezer uitgedrukt zijn dit drukschommelingen van 10^{-5} Pascal (Pa) = 0,00001 (laagste gehoorlimiet) tot 10^2 Pa = 100 Pa (pijngrens) die als een volumesensatie naar de hersenen worden doorgestuurd. Wanneer we ouder worden, neemt het hoorbare frequentiebereik aan beide uiteinden van de schaal af. Dit gebeurt op natuurlijke wijze of door gehoorschade.

De relatie tussen het zachtste en het hardste geluid is een verhouding van 1 tot 10 miljoen. Omdat het moeilijk is om met getallen die zover uit elkaar liggen te werken, is de geluidsdruk niet rechtstreeks bruikbaar als eenheid voor de geluidssterkte. Daarom wordt gebruik gemaakt van het geluidsdrukniveau of geluidsniveau (L). Het normale bereik gaat van 0 dB (gehoorlimiet) tot 130 dB (pijngrens). Hieronder staan enkele voorbeelden.



Geluidsbron en perceptie (bron: Kuraray, Troisdorf).

Er zijn verschillende manieren om geluid voort te brengen en elk geluid kan verschillende geluidsvolumes met verschillende frequenties produceren. Als we een vliegtuig als voorbeeld nemen, is er een duidelijk geluidsverschil tussen een propellervliegtuig en een straaljager. Als het volume per frequentie op een grafiek wordt afgezet, ziet dit er heel anders uit. Als we lawaai willen bestrijden, moeten we deze variaties in overweging nemen. Sommige soorten glas functioneren beter bij sommige frequenties dan andere.



Door de glasprestatie aan het geluid aan te passen, kunnen we de meest hinderlijke geluiden reduceren. Iemand die vlakbij een privélandingsbaan voor kleine vliegtuigen woont, heeft een heel ander probleem dan iemand die naast een militaire luchtbasis woont. De oplossing voor het geluidsprobleem is om verschillende glasconfiguraties te gebruiken.





Het geluidsniveau wordt op verschillende manieren vastgesteld. Bij grotere projecten worden adviseurs van een akoestisch adviesbureau gevraagd ter plaatse metingen te verrichten om zo het gemiddeld geluidsniveau per frequentie over een bepaalde tijdsperiode te meten. Deze onderzoeken leveren precieze informatie op over het geluidsvolume op elke frequentie die gedempt moet worden. Deze informatie wordt in een rapport vermeld, waarbij het geluid wordt onderverdeeld per octaafband. Dat gaat als volgt:

Frequentie [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Geluidsdruk [dB]	30	36	42	44	48	50

Metingen kan men ter plaatse, of op enige afstand, verrichten. Indien er geen plaatselijke informatie beschikbaar is, kan de informatie worden gecorrigeerd door enige afstand in te calculeren. Hoe groter de afstand tot de bron, hoe lager het geluidsniveau.

Bijvoorbeeld:

Afname van geluid bij grotere afstand

Verkeersgeluid neemt ongeveer 3 dB af wanneer de afstand wordt verdubbeld. Als L bijvoorbeeld het dB geluidsniveau op 5 meter is, dan verloopt de afname als volgt:

5 m	L	dB
10 m	(L-3)	dB
20 m	(L-6)	dB
40 m	(L-9)	dB
80 m	(L-12)	dB
160 m	(L-15)	dB

Het geluidsniveau wordt meestal gemeten over een bepaalde tijd. Daarbij gaat men uit van het gemiddelde niveau om het verstorende effect van uitzonderlijk hard geluid, zoals een claxon, te elimineren. Het geluidsenergieniveau kan worden vastgesteld. Dit is een A-gewogen gemiddelde op de lange termijn, dat het dag-avond-nacht-niveau (L_{den}) wordt genoemd. Het L_{den} -geluidsniveau moet aan de basis liggen van het ontwerp en niet de uitzonderlijke geluidspieken. Het is immers doel van het ontwerp om het algemene geluidsniveau te dempen en niet de uitzonderingen; anders nemen de criteria extreme vormen aan. Voor sommige toepassingen is het het beste om slechts een deel van de drie tijdsperiodes te gebruiken of een extra geluidsindicator voor geluid dat slechts van korte duur is.



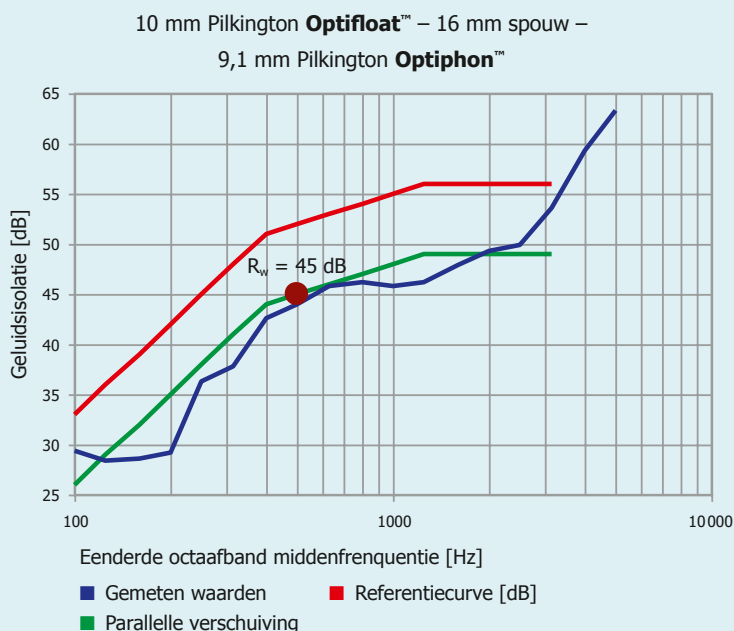
Soms bevat de metingapparatuur een functie om het geluid met een A-weging op te kunnen nemen. Als er geluidslimieten voor het interieur zijn vastgesteld, dan worden deze meestal in dB(A) of L_{Aeq} uitgedrukt. De A-weging is een aanpassing aan het geluid op elke frequentie die een gestandaardiseerde curve volgt. Sommige frequenties lijken harder dan anderen, ook al worden ze met dezelfde energie geproduceerd. Het is belangrijk dat de menselijke reactie op het geluid in overweging wordt genomen, in plaats van beslissingen te nemen op basis van gevoelige instrumenten die geluid op absolute wijze meten.

Als er geen onderzoek wordt uitgevoerd, dan wordt het geluidsniveau vergeleken met een aantal standaard geluidsbronnen, zoals het verkeer, muziek, stemgeluid, treinen en vliegtuigen.

Wanneer het geluidsniveau bekend is, kan men de glaskeuze hierop aanpassen om het gewenste geluidsniveau binnen te realiseren.



Het is belangrijk dat de meeteenheden aan elkaar worden aangepast of met dezelfde schaal worden gebruikt, zodat de berekening juist is.



De geluidsisolatie vaststellen.

Toelichting

De gemeten waarden voor 10 mm Pilkington **Optifloat™** – 16 mm spouw – 44/3 (9,1 mm) Pilkington **Optiphon™** staan in het blauw aangegeven. De referentiecurve uit NEN-EN-ISO 717-1, staat in het rood aangegeven. Deze referentiecurve wordt nu omlaag verschoven in stappen van hele dB's, totdat de som van de afwijkingen van de gemeten waarden van de verschoven referentiecurve gemaximaliseerd en minder dan 32 dB is. Alleen de gemeten waarden die lager zijn dan de referentiewaarden worden in overweging genomen. De y-waarde van deze verschoven referentiecurve (groene curve), bij een frequentie van 500 Hz, is de gezochte R_w -waarde; in dit voorbeeld 45 dB.

Jammer genoeg is deze relatie tussen de geluidsdrukamplitude en het gehoorde volume niet zo eenvoudig als wetenschappers dat zouden willen, omdat ons gehoor gevoeliger is voor sommige bereiken dan andere. Dit heeft de natuur zo bepaald. Dit betekent dat we een toon van duizend Hz luider horen dan een toon van honderd Hz, ook al is het volume identiek. Deze eigenschap van het menselijke oor is in overweging genomen bij de vorm van de referentiecurve.

De geluidsisolatie van glasoorten vaststellen

Aangezien het tijdrovend en kostbaar zou zijn om elk systeem ter plaatse te meten, zijn alle geluidsisolatiespectra in gestandaardiseerde omstandigheden opgenomen (blauwe lijn). Zoals we zien, is de geluidsisolatie erg afhankelijk van de frequentie. Om te voorkomen dat we voor elke frequentie een waarde moeten opgeven, kan het in dit diagram tot een enkele waarde worden beperkt. De gestandaardiseerde procedure staat hieronder weergegeven. Het resultaat is één getal (ook wel ééngetalsaanduiding genoemd) – in dit geval $R_w = 45\text{ dB}$ – dat kan worden gebruikt voor verdere berekeningen.

Het nadeel van een dergelijke specificatie van één getal is dat we hetzelfde resultaat kunnen bereiken met verschillende curvevormen, zoals aangetoond in de afbeelding hiernaast.

We krijgen duidelijkere specificaties van één waarde als we 'op maat gemaakte' referentiecurven voor specifieke vereisten gebruiken.

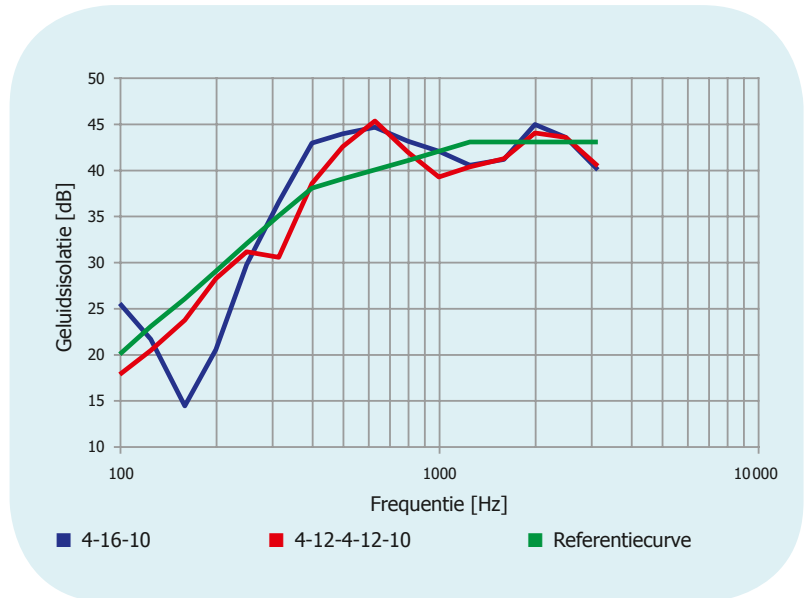
Dergelijke 'speciale gevallen' zijn C en C_{tr} . Zij houden rekening met de verschillende frequentiespectra van woon- en verkeersgeluiden en maken het zodoende mogelijk om op eenvoudige wijze de juiste oplossingen voor de problemen te vinden.

De C-waarde houdt rekening met de volgende geluidsbronnen:

- Gewone menselijke activiteiten (stemgeluid, muziek, radio, tv)
- Spelende kinderen
- Treinverkeer bij gemiddelde en hoge snelheid
- Snelwegverkeer bij meer dan 80 km/u
- Straaljagers op korte afstand
- Bedrijven die voornamelijk medium- en hoog-frequentiegeluid uitstoten

De C_{tr} -waarde houdt rekening met de volgende geluidsbronnen:

- Stadsverkeer
- Treinverkeer bij lage snelheid
- Propellervliegtuigen
- Straaljagers op grote afstand
- Discomuziek
- Bedrijven die voornamelijk laag- en medium-frequentiegeluid uitstoten



Vergelijking tussen twee isolatieglasstructuren; $R_w = 39\text{ dB}$.

Dit betekent dat men bij een gebouw in de stad beter met de C_{tr} -waarde kan rekenen. Als een gebouw vlak naast een snelweg staat, kan men beter de C-waarde gebruiken.

Wet- en regelgeving

Bouwbesluit

In Nederland worden de prestatie-eisen voor de geluidwering van gebouwen via het Bouwbesluit aangestuurd. Het Bouwbesluit verwijst voor het bepalen van de geluidwering naar de Nederlandse norm NEN 5077, die weer in overeenstemming is gebracht met de Europese norm voor het bepalen van de geluidwering: de NEN-EN-ISO 717-1.

Bepalingsmethode

De NEN-EN-ISO 717-1 omschrijft de bepalingmethode om tot de hiernaast toegelichte ééngetalsaanduidingen te komen, waarbij de geluidwerende prestatie uitgedrukt wordt met een getal in R_w dB en een tweetal correcties voor de specifieke referentiecurven C en C_{tr} . Ter illustratie: de geluidwerende prestatie van 4 mm floatglas wordt uitgedrukt in $R_w (C; C_{tr})$ dB en is $R_w 29 (-2; -3)$ dB. Om de prestatie met een specifieke geluidsbron als stadsverkeer (R_w, C_{tr}) te bepalen moet de $R_w 29$ dB met -3 dB worden gecorrigeerd.

$R_w (C; C_{tr})$ dB of dB(A) waarden?

Het komt nog steeds voor dat men in bestekken of aanvragen de oude aanduidingen van de inmiddels vervallen Nederlandse norm NEN 5072 hanteert. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen een aantal specifieke geluidspectra met als belangrijkste geluidsbronnen: wegverkeer (en buitengeluid), railverkeer, luchtverkeer en muziek (house of pop). De geluidsspectra van wegverkeer, vaak aangeduid met $R_{A, \text{weg}}$ dB of dB(A) wegverkeer, komen nu globaal overeen met de huidige R_w, C_{tr} waarde en de geluidsspectra van railverkeer globaal met de huidige R_w, C waarde.

Regels voor de berekening

Ook al biedt de dB-schaal ons eenvoudige en handige cijfers, toch moeten er enigszins ongebruikelijke 'berekeningsregels' worden toegepast. Als een geluidsbron wordt verdubbeld, dan stijgt de totale dB-waarde met slechts 3 dB. Bij een vertienvoudiging, ofwel tien elektrische ventilatoren in plaats van één, stijgt het geluidsniveau slechts tweemaal, oftewel 10 dB.

Verder is het zo dat als het geluidsniveau bij het oor wordt gehalveerd, de volumewaarde niet wordt gehalveerd. Over het algemeen geldt het volgende:

- een verschil van 1 dB is praktisch niet hoorbaar
- een verschil van 3 dB is net hoorbaar
- een verschil van 5 dB is duidelijk hoorbaar
- een verschil van 10 dB halveert/verdubbelt het geluid.

Verschillende soorten geluidsisolatie

Massa

De eenvoudigste manier om de geluidsisolatie van glas te verhogen, is door het toepassen van een dikkere ruit. Een ruit met een dikte van 12 mm heeft namelijk een R_w -waarde van 34 dB, terwijl de overeenkomstige waarde voor een ruit met een dikte van 4 mm slechts 29 dB is. Zoals eerder gezegd, verspreidt geluid zich door de moleculen van een medium (bijvoorbeeld lucht) te laten trillen. Gezien deze aard van overdracht wordt het geluid op natuurlijke wijze gedempt – al naar gelang de massa. Eenvoudig gezegd: hoe meer massa er tussen de zender en de ontvanger aanwezig is, des te meer wordt het geluid gedempt.



Grensfrequentie en asymmetrie

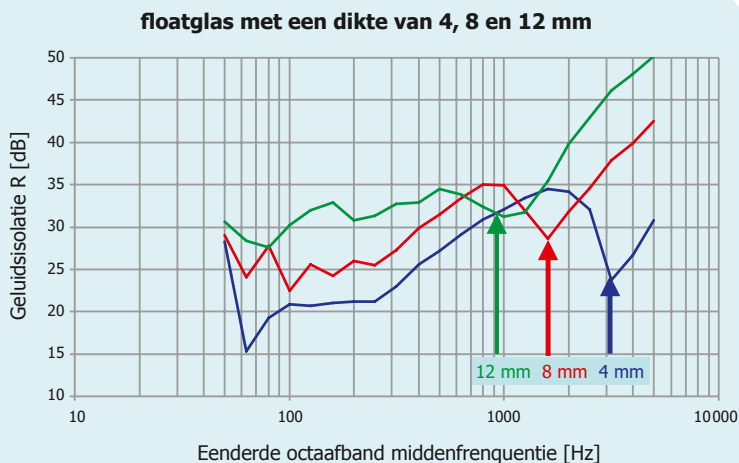
Als we de spectra van floatglas met een dikte van 4, 8 en 12 mm met elkaar vergelijken, zien we dat elk ervan in het rechtergedeelte een daling vertoont.

Deze prestatievermindering bij bepaalde frequenties of grensfrequenties komt voor bij de frequentie die overeenkomt met de natuurlijke resonantiefrequentie van het product. De zogenaamde grensfrequentie (f_g) is specifiek voor elk materiaal en hangt bij glas af van de ruitdikte. De regel volgens deze formule is:

$$f_g = \frac{12000 \text{ Hz}}{d}$$

(waarbij d = de dikte van het materiaal)

Volgens deze formule is f_g 3000 Hz-daling voor een floatglasruit van 4 mm, 1500 Hz voor een ruit van 8 mm en 1000 Hz voor een ruit van 12 mm, wat overeenkomt met de spectra in onderstaande afbeelding.



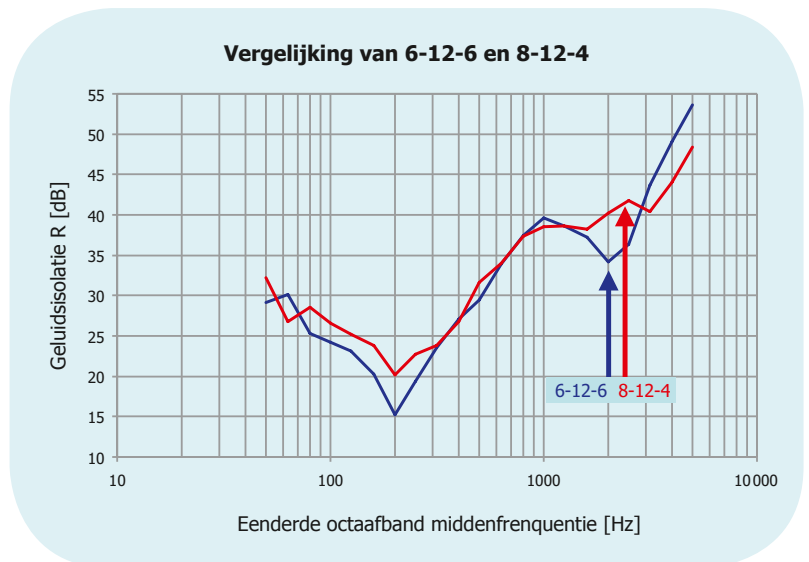
Invloed van de ruitdikte op de grensfrequentie.



Om dit probleem op te lossen, kunnen we de dikte van ruiten in een isolatieglaseenheid zo bepalen zodat wanneer bij één ruit de grensfrequentie wordt bereikt, dat bij de andere niet het geval is, zodat het geluid gedempt blijft. Deze asymmetrische ruitconfiguraties kunnen de daling in het grensbereik enorm reduceren, zoals is aangegeven in de afbeelding hiernaast. Een verschil van 30 procent in ruitdikte is het beste. Niet alleen reduceert dit de daling, maar de ruitconfiguratie komt ook hoger op de schaal terecht. En dat is goed: hoe hoger de frequentie, hoe effectiever het glas is bij de reductie van het algemene geluidsniveau.

Spouwbreedte en spouwvulling

Een andere manier om geluidsoverdracht te beïnvloeden, is om de afstand tussen de ruiten te variëren. Bij conventionele dubbele beglazing is de ruimte tussen de ruiten beperkt om de thermische prestatie optimaal te houden. De tussenruimte is dan niet groot genoeg om de akoestische prestatie (optimaal) te verbeteren. Bij secundaire beglazing, zoals met voor- of achterzetramen, bestaat de mogelijkheid om betrekkelijk grote tussenruimtes te realiseren. Een luchtruimte van meer dan 50 mm tussen de ruiten zorgt voor duidelijke prestatieverbeteringen. De spouw met argongas vullen in plaats van lucht geeft voor de thermische prestatie een verbetering, maar heeft slechts weinig effect



Asymmetrische glasstructuur om de grensfrequentie te reduceren.



voor de geluidsisolatie. Vandaar dat resultaten van luchtgevulde of argongas gevulde eenheden als gelijkwaardig worden beschouwd. Toepassing van kryptongas (een zwaarder edelgas) zorgt wel voor een verbetering van de geluidsisolatie.

Ontkoppeling/demping

We hebben al gezien dat de ruitdikte helpt en dat het variëren van de ruitdikten in één raam met dubbele beglazing goed is om de geluidsisolatie te verbeteren. Maar massa aan het product toevoegen of grote lucht tussenruimtes zijn vaak geen goede oplossingen vanwege het extra gewicht en de extra ruimte. Gelukkig bestaan er manieren om de geluidsreductie van relatief dunne glasruiten te verbeteren door het glas zelf een geluiddempend effect te geven. Als het glas met een gewone PVB-tussenlaag wordt gelamineerd, kunnen we de prestatiedaling vanwege de grensfrequentie verminderen en kunnen we de frequentie veranderen waarop de daling gebeurt. Door het toepassen van PVB-gelaagd glas zoals Pilkington **Optilam**[™], wordt een duidelijke verbetering gemeten, vooral als het geluidsniveau op de grensfrequentie van monolithisch glas hoog is. Dubbele beglazing biedt uitstekende resultaten bij een combinatie van enkel floatglas (Pilkington **Optifloat**[™]) en Pilkington **Optilam**[™].



Als er hogere eisen zijn, biedt Pilkington **Optiphon**[™] uitkomst. Dit type gelaagd glas is gemaakt met speciale akoestische PVB-tussenlagen in een laminaat, die voor een akoestische verbetering zorgen, terwijl de stootbestendigheid van het gelamineerde glas ongewijzigd blijft. Het curveprofiel van Pilkington **Optiphon**[™] geeft aan dat de prestatiedaling op de grensfrequentie nagenoeg geëlimineerd is. Voor het specifieke geluidprofiel kan een productklasse worden gekozen die zorgt voor een optimale prestatie zonder dat de ruiten enorm veel dikker worden. Dit maakt veel flexibeler ontwerpen mogelijk, zonder dat aan de overige functies van het glas wordt getornd. Aan de linkerkant van de spectra zien we ook een daling. Dit is de zogenoemde resonantiefrequentie. Dat is de frequentie waarop het element in zijn geheel trilt, waardoor de geluidstrillingen uitstekend worden doorgegeven en de ruit dus slecht akoestisch isoleert. De geluidsisolatie kan worden verbeterd door de resonantiefrequentie van het element naar een andere frequentie te verzetten (uit de buurt van de storende frequentie of op een frequentie die het menselijk oor minder goed hoort). Dit wordt gedaan door het isolatieglas te 'ontkoppelen', door de ruit tegelijkertijd dicht en zacht te maken. Dit gebeurt met de akoestische PVB-tussenlagen in Pilkington **Optiphon**[™] die speciaal voor deze toepassing zijn ontwikkeld.



Samenvatting

Het juiste akoestische product moet worden gekozen om de interne ruimte comfortabel te maken, zonder de stress die gepaard gaat met geluidsoverlast. De hoeveelheid restgeluid is niet op alle locaties identiek en de nationale richtlijnen zijn bedoeld voor de meeste omgevingen. Zo zullen er hogere eisen gesteld worden aan het maximale achtergrondgeluid van woningen dan aan dat van kantoren en gelden er voor een slaapkamer hogere eisen dan voor de woonkamer. Absoluut geen geluid is ongewenst. Echovrije ruimtes zijn eigenlijk alleen maar in laboratoria en studio's te vinden.

De basisformule is:

$$\text{geluidsbron} - \text{demping door gebouw} = \text{restgeluid}$$

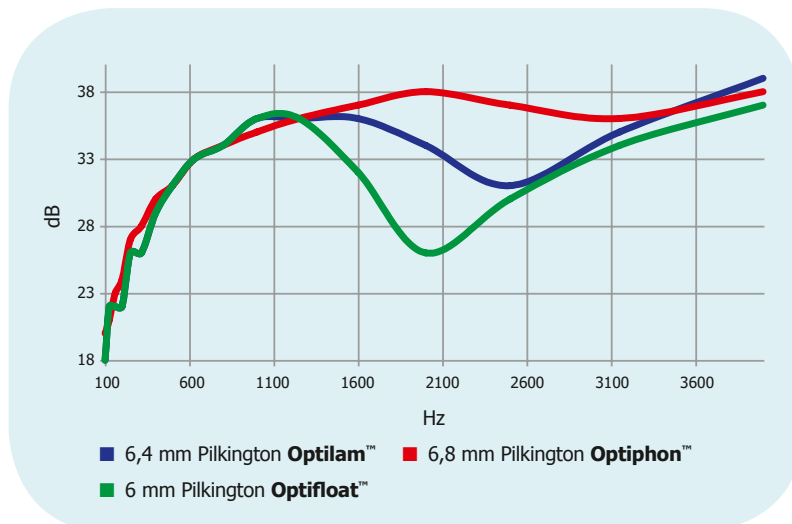
Merk op dat het hele gebouw hieraan bijdraagt en dat glas alleen niet alle akoestische problemen kan oplossen. Het geluid heeft slechts een kleine opening nodig om een gebouw binnen te dringen, anders dan warmteverlies en -verhoging, die afhankelijk zijn van het oppervlaktegebied.

Conclusie

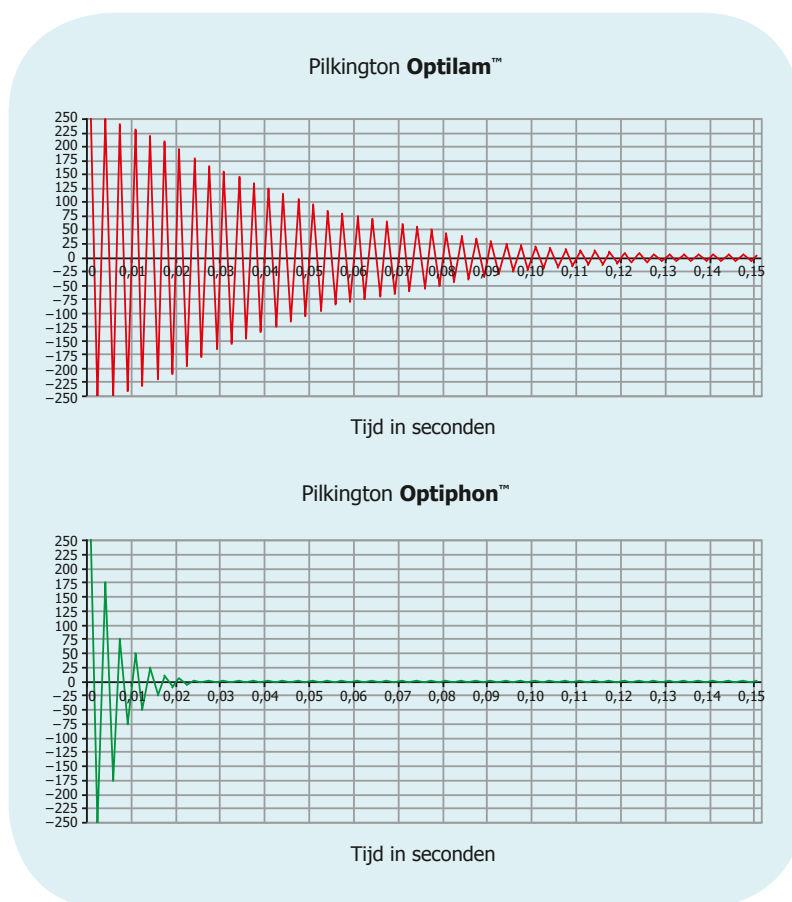
Er zijn vijf factoren die samen een positieve invloed hebben op de geluidsreductie van isolatieglas:

1. de glasdiktes
2. een asymmetrische opbouw
3. een bredere spouw tussen de ruiten
4. het gebruik van een krypton gasvulling
5. het gebruik van Pilkington **Optiphon™**; gelamineerd glas met een speciale geluidwerende folie.

Voor hogere geluidsisolatievereisten worden steeds vaker moderne gelamineerde veiligheidsglasproducten met een geluidsisolerende werking, zoals Pilkington **Optiphon™**, gebruikt, omdat daarmee R_w -waarden van meer dan 50 dB mogelijk zijn die met standaard floatglas of PVB-gelaagd glas niet haalbaar zijn. De compatibiliteit van PVB-folie met met ander materiaal, zoals (siliconen)kit, is bewezen. De gelamineerde veiligheidsglasproducten met een geluidsisolerende werking kunnen ook toegepast worden voor letselveiligheids- en doorvalveiligheidstoepassingen.



Illustratie van geluidsreductie.



De illustratie wijst op de grote verschillen in demping tussen Pilkington **Optilam™** en Pilkington **Optiphon™**.

De akoestische prestaties van ramen worden niet alleen door de beglazing bepaald. Extra aandacht dient men te besteden aan type raam, aansluitingen en ventilatieroosters.

Als u na het lezen van deze brochure nog vragen heeft, aarzel dan niet om uw contactpersoon van één van onze vestigingen te bellen.

Deze publicatie verschaft slechts een algemene beschrijving van het product. Meer informatie kan worden verkregen bij uw leverancier van Pilkington producten. Het is de verantwoordelijkheid van de gebruiker om ervoor te zorgen dat dit product geschikt is voor een specifieke toepassing en dat het gebruik voldoet aan alle geldende wetten, normen, regels en andere vereisten. In de mate die door de geldende wetten is toegestaan, zijn Nippon Sheet Glass Co. Ltd en alle dochterondernemingen niet aansprakelijk voor fouten of weglatingen in deze publicatie en voor de gevolgen van het feit dat men op de informatie in de brochure heeft vertrouwd. Pilkington, "Optiphon", "Optifloat" en "Optilam" zijn trademarks van Nippon Sheet Glass Co. Ltd, of een dochteronderneming daarvan.



CE- markering bevestigt dat een product voldoet aan de relevante geharmoniseerde Europese norm.
De CE- markering voor elk product, waaronder de opgegeven waarden, staat op www.pilkington.com/CE.



Pilkington Benelux B.V.

De Hoeveler 25 Postbus 143 7500 AC Enschede
Telefoon +31 (0)53 483 58 35 Fax +31 (0)53 431 91 78
E-mail: marketing.benelux@nsg.com
www.pilkington.nl