

Sound & Science: Digital Histories

Archives NAG: Publicatie No. 55 van de Geluidstichting, Kasteleyn, M.L., Kosten, C. W., Bitter, C., van Weeren, P., van Leening, W. P. & van Den Eyk, J. [1954]. Symposium Geluidhinder en Geluidisolatie. Delft: Geluidstichting, 1954.

<https://acoustics.mpiwg-berlin.mpg.de/text/publicatie-no-55-van-de-geluidstichting>



Scan licensed under: [CC BY-SA 3.0 DE](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/) | Max Planck Institute for the History of Science



**MAX PLANCK INSTITUTE
FOR THE HISTORY OF SCIENCE**

**SYMPOSIUM GELUIDHINDEREN
EN GELUIDISOLATIE**

I. VLOERCONSTRUCTIE EN GELUIDISOLATIE

DOOR

ir. M. L. KASTELEYN

II. OVER LICHTE WANDEN MET GOEDE GELUIDISOLATIE

DOOR

prof. dr ir C. W. KOSTEN

**III. HET VERBAND TUSSEN DE GELUIDISOLATIE VAN
VLOEREN EN DE GELUIDHINDER**

DOOR

C. BITTER en P. VAN WEEREN

**IV. HET ONTWERP NORMBLAD V 1070: GELUIDWERING
IN WONINGEN**

DOOR

ir W. P. VAN LEENING

**V. HOE WAARDEERT DE BEWONER VAN DE ETAGEWONING
EEN BETERE GELUIDISOLATIE**

DOOR

C. BITTER en P. VAN WEEREN

VI. BESTRIJDING VAN LAWAAI IN TRAPPENHUIZEN

DOOR

ir J. VAN DEN EYK

Geluidhinder en geluidisolatie¹⁾

Ruim twee jaar geleden werd een dagvergadering gewijd aan hetzelfde onderwerp. Op die vergadering werden de eerste resultaten besproken van een geluidhinderenquête, verricht door de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O., tezamen met de Nederlandse Stichting voor Statistiek, het Instituut voor Praeventieve Geneeskunde, de Stichting Ratiobouw en de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten T.N.O. In het volgende worden in een tweetal inleidingen verdere resultaten behandeld. In de eerste het verband tussen de ondervonden hinder en de vloerconstructies en in de tweede welk aantal bewoners iets over heeft voor comfortverbetering, o.a. betere geluidisolatie, en hoe véél.

Werden in het eerste symposium besproken de door de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O. in samenwerking met de Technisch Fysische Dienst T.N.O. en T.H. verrichte metingen in de Proefwoningen T.N.O. over de geluidisolatie van muren en ramen, thans worden de isolatie van vloerconstructies en de invloed van vloerbedekkingen behandeld.

Trappenhuisen in de moderne étagebouw blijken een belangrijke bron van geluidhinder te vormen. In aansluiting op de vroeger besproken resultaten van onderzoek, verricht in de proefwoningen, zullen aanvullende metingen worden behandeld over het effect van geluidabsorberend materiaal in trappenhuisen, uitgevoerd in samenwerking met de Gemeente Rotterdam in woningcomplexen in Hoogvliet. Voorts komt ter sprake een studie over lichte wandconstructies met goede isolatie, verricht door de Technisch Fysische Dienst T.N.O. en T.H.

Enige tijd geleden is in de serie normbladen „Natuurkundige Grondslagen voor Bouwvoorschriften” verschenen V 1070, „Geluidwering in Woningen”. Enkele hoofdpunten van dit ontwerp-normblad zullen eveneens worden besproken.

I. Vloerconstructie en geluidisolatie²⁾

624.025.3:699.844

door ir M. L. KASTELEYN

Summary: Design of floors and sound insulation

A survey is given of the results of the research carried out in the Experimental Flats T.N.O. on the air-borne and impact sound insulation of floors. It is evident that the insulation between two flats is insufficient, when an ordinary wood joist floor is used. A wood joist floor with suspended ceiling and a reinforced brickwork floor are just acceptable. A good insulation is obtained e.g. with an 11 cm reinforced concrete floor, a reinforced brickwork floor with suspended ceiling or a wood joist floor with suspended ceiling, pugged with sand. The 11 cm concrete floor with suspended ceiling gives a very good insulation. If the impact sound insulation of certain stony floors is too low at high frequencies, even a simple floor covering will improve the insulation sufficiently.

1. Inleiding

De volledige resultaten van de geluidisolatie-metingen in de Proefwoningen T.N.O. te Rotterdam aan muren, vloeren en vloerbedekkingen werden reeds eerder gepubliceerd [1]. Deze lijvige rapporten waren slecht bruikbaar – en ook als zodanig bedoeld – voor specialisten op het gebied van de geluidisolatie. Teneinde deze materie voor een grotere groep belangstellenden toegankelijk te maken, werd besloten een samenvattend overzicht van de resultaten op te stellen. Wat de geluidisolatie van muren betreft, werd reeds een dergelijk overzicht gepubliceerd [2]. In de hier volgende verhandeling worden de hoofdpunten besproken van een soortgelijk overzicht, dat momenteel in bewerking is, betreffende de geluidisolatie van vloeren en invloed van vloerbedekkingen.

2. Het meten van de geluidisolatie

Wanneer in een kamer een geluidbron, b.v. de menselijke

stem of een luidspreker, via de lucht de vloer enigszins in trilling brengt en deze vloer op zijn beurt de lucht in de eronder gelegen kamer wederom in trilling brengt, hebben we te maken met de luchtgeluidisolatie van de vloer. Wanneer het geluid in de eerstgenoemde kamer niet via de lucht maar door rechtstreeks contact de vloer in trilling brengt, b.v. het lopen of hameren op de vloer, wordt het in de andere kamer gehoorde geluid contactgeluid genoemd, en hebben we te maken met de contactgeluidisolatie van de vloer.

Om de geluidisolatie te kunnen bepalen, moeten we de sterkte van het geluid kennen. Als maatstaf hiervoor wordt niet de geluiddruk zelf gebruikt, maar een logaritmische maat, de decibel (dB). De geluidsterkte uitgedrukt in dB noemen we het geluidsdruk-niveau of kortweg het geluid-niveau. De definitie van het geluidsdruk-niveau L luidt: $L = 20 \log (p_1/p_0)$, waarin p_1 de effectieve wisseldruk van het geluid voorstelt en p_0 een vergelijkingsdruk, die overeenkomt met de gehoordrempel van het menselijk oor (2×10^{-5} newton/m² = 2×10^{-10} atm.).

De meting van de luchtgeluidisolatie gaat nu als volgt: In de ene kamer, de zendkamer, plaatsen we een luidspreker en een microfoon; in de andere kamer, de ontvangkamer, alleen een microfoon. De luidspreker geeft een krachtig ge-

¹⁾ Bewerkte weergave van de inleidingen, gehouden op de gecombineerde vergadering van de Geluidstichting en het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Afdelingen voor Gezondheidstechniek en Technisch Wetenschappelijk Onderzoek en de Sectie voor Utiliteitsbouw) dd. 21 Mei 1954 te Utrecht.

²⁾ Publicatie no. 47 van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O.

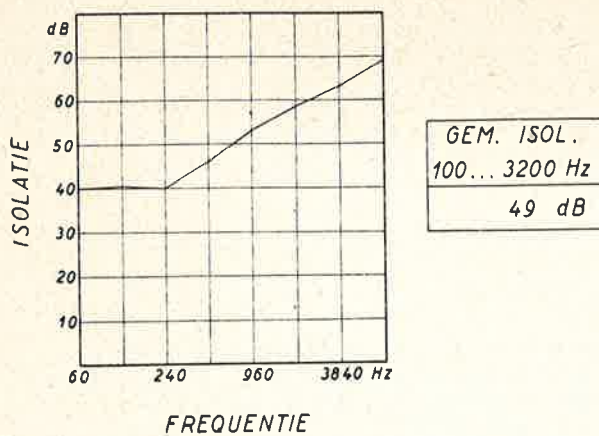


Fig. 1. De luchtgeluidisolatie van de als vergelijkingsvloer gebruikte betonvloer (11 cm beton, 2 cm estrich deklaag, 1 cm pleisterlaag aan de onderzijde) als functie van de frequentie.

- a 300 kg/m², 14 cm
- b 60 kg/m², 24 cm
- c 200 kg/m², 17 cm

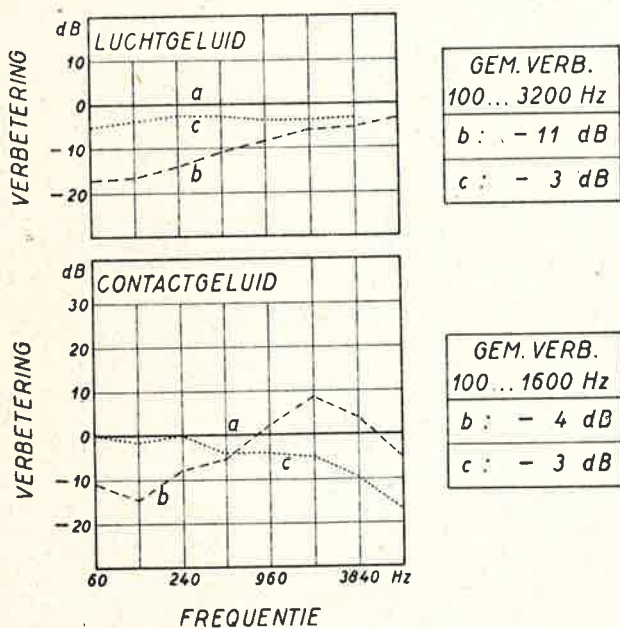


Fig. 2. De verbetering van de luchtgeluid- en contactgeluidisolatie t.o.v. de 11 cm betonvloer (a) van de houten balkvloer met vast plafond (b) en van de holle baksteen vloer (c).

luid, waarin alle toonhoogten voorkomen, zgn. witte ruis (vgl. wit licht, waarin alle kleuren tegelijkertijd voorkomen). Het geluidniveau, afkomstig van de luidspreker, wordt in beide kamers gemeten met behulp van een met de microfoons verbonden electro-acoustische meetapparatuur. Het verschil tussen de beide gemeten niveau's is een maat voor de luchtgeluidisolatie van de vloer.

In de meetapparatuur is een serie octaaf-bandfilters opgenomen met middenfrequenties bij 60, 120, 240... 7680 Hz. Met behulp hiervan vinden we de isolatie als functie van de frequentie (toonhoogte), de zgn. isolatiekarakteristiek.

Voor het bepalen van de contactgeluidisolatie wordt op

de te onderzoeken vloer een hamermachine geplaatst, die 10 slagen per seconde op de vloer geeft. Gemeten wordt het geluidniveau, dat daardoor in de eronder gelegen kamer ontstaat, eveneens voor de bovengenoemde frequentiebanden afzonderlijk.

Het geluidniveau, dat zowel bij de meting van de luchtgeluid- als bij die van de contactgeluidisolatie in de ontvangkamer ontstaat, zal niet alleen afhangen van het geluidvermogen, dat de kamer binnentreedt, maar ook van de aldaar aanwezige gordijnen, vloerkleden e.d., die de eigenschap hebben het geluid „op te slorpen”, te absorberen. Om onafhankelijk te zijn van de aankleding van het ontvangvertrek wordt voor deze absorptie een correctie op de meetuitkomst aangebracht.

De door ons toegepaste meetmethode is in overeenstemming met de internationaal vastgestelde voorschriften voor geluidisolatiemetingen.

3. De geluidisolatie van verschillende vloerconstructies

Dit overzicht begint met het vergelijken van de isolatiewaarden van drie veel voorkomende vloerconstructies, nl. de betonvloer, de houten balkvloer en de vloer van holle baksteen, om daarna te vervolgen met de bespreking van de invloed van verschillende constructiewijzigingen op isolatie.

De in de grafieken opgegeven isolaties zijn de gemiddelde waarden van de uitkomsten in de voor- en achterkamers van de proefwoningen. De afmetingen van de vloeren in deze kamers zijn 3,35 × 4,75 m², resp. 2,75 × 3,90 m², terwijl de kamers een hoogte hebben van 2,80 m.

De betonvloer

De in de proefwoningen aanwezige betonvloer heeft een dikte van 11 cm, is aan de bovenzijde voorzien van een 2 cm dikke deklaag van magnesiet-estrich, aan de onderzijde van een 1 cm dikke pleisterlaag. De totale dikte bedraagt dus 14 cm, de massa per oppervlakte-eenheid 300 kg/m².

Toegepast als scheidingsconstructie tussen twee woonlagen in de etagewoningbouw voldoet deze vloer goed, zowel met het oog op de luchtgeluidisolatie als op de contactgeluidisolatie. Wat de contactgeluidisolatie betreft zeer zeker, wanneer de vloer voorzien is van een vloerbedekking, zoals bij bewoning in het algemeen het geval zal zijn.

Bij de vergelijking van de isolatiewaarden van de verschillende constructies zullen de uitkomsten steeds betrokken worden op die van de betonvloer. In de grafieken wordt dus niet de isolatiekarakteristiek gegeven maar de verbetering — die ook negatief kan zijn — t.o.v. de betonvloer. Direct is dan te zien of we te maken hebben met een goede of een minder goede vloer, al naar gelang de verbetering voor de verschillende frequenties positief of negatief blijkt te zijn.

Van de betonvloer zelf geeft fig. 1 ter oriëntering de karakteristiek voor de luchtgeluidisolatie. Het kennen van het met de hamermachine verkregen contactgeluidniveau is in dit verband weinig interessant, en dit wordt derhalve niet opgegeven.

Uit de figuur zien we, dat de luchtgeluidisolatie sterk frequentie-afhankelijk is, en wel toeneemt bij toenemende frequentie.

Rechts naast de grafiek staat de gemiddelde waarde van de isolatie over het frequentiegebied van 100... 3200 Hz. Het vermelden van deze gemiddelde waarde was tot nu toe gebruikelijk en is ontstaan uit de wens de isolatiekarakteristiek met één getal te karakteriseren. Daar men zich reeds bewust was, dat dit getal niet altijd een goede maatstaf is

voor het gedrag van de betreffende constructie, werd na de oorlog internationaal overeengekomen bij het opgeven van de meetuitkomsten steeds de karakteristiek zelf te geven, eventueel vergezeld van het gemiddelde. Recente onderzoeken hebben het vermoeden bevestigd, dat deze gemiddelde isolatie geen voldoende maatstaf is voor de geluidwerende kwaliteit. Het schijnt, dat vooral de lage frequenties verantwoordelijk zijn voor de geluidhinder.

De houten balkvloer met vast plafond

De in de proefwoningen voorkomende houten balkvloer heeft een balkhoogte van 18 cm, terwijl de balkafstand h.o.h. 60 cm bedraagt. Het plafond van tengels, riet en specie is direct aan de balken bevestigd. De dikte van de houten dekvloer bedraagt 2,5 cm.

In fig. 2 zijn de resultaten gegeven voor deze vloer en voor de hierna te bespreken vloer van holle baksteen, beide vergeleken met de betonvloer. Bovenaan zijn de schetsen getekend met daarnaast de massa per oppervlakte-eenheid en de vloerhoogte.

We zien in de bovenste grafiek, dat de luchtgeluidisolatie van de houten balkvloer veel lager is dan die van de betonvloer (de verbetering t.o.v. de betonvloer, de nullijn, is nl. negatief), vooral bij de - uit het oogpunt van geluidhinder waarschijnlijk belangrijke - lage frequenties.

De contactgeluidisolatie (zie onderste grafiek) is bij de lage frequenties slechter, bij de hoge frequenties beter dan die van de betonvloer. Het ongunstige resultaat bij de lage frequenties wordt niet gecompenseerd door het gunstige gedrag bij de hoge frequenties.

Bij bewoning zullen de vloeren weliswaar vrijwel steeds voorzien zijn van een vloerbedekking, maar deze heeft in het algemeen de eigenschap de contactgeluidisolatie alleen bij de hoge frequenties meer of minder sterk te verbeteren, en wel bij de stenen vloeren meer dan bij de houten vloeren; bij de lage frequenties is de invloed echter in de meeste gevallen nihil. Een te geringe contactgeluidisolatie bij de hoge frequenties kan dus gemakkelijk door het aanbrengen van een vloerbedekking verbeterd worden, bij de lage frequenties is dit niet mogelijk en zullen andere middelen toegepast moeten worden.

Zowel uit het oogpunt van luchtgeluid- als van contactgeluidisolatie is de betonvloer dus verre te verkiezen boven de houten balkvloer, en moet de laatste als scheidingsconstructie tussen twee woonlagen in etagewoningen als beslist onvoldoende beschouwd worden.

De vloer van holle baksteen

Als voorbeeld van dit type vloeren wordt hier besproken de vloer van gewapende Perfora-steen (zie fig. 2, vloer c). De luchtgeluidisolatie is over het gehele frequentiegebied 2 à 4 dB lager dan die van de betonvloer (de verbetering is negatief). Dit verschil in isolatie zal in de praktijk merkbaar zijn.

De contactgeluidisolatie ligt lager dan bij de betonvloer, echter vooral bij de hoge frequenties. Bij de lage frequenties is de isolatie vrijwel gelijk aan die van de betonvloer. Door het aanbrengen van een vloerbedekking is de contactgeluidisolatie van een holle baksteen vloer gemakkelijk voldoende te maken.

Deze vloer voldoet dus duidelijk beter dan de houten balkvloer, en is, ondanks de lagere luchtgeluidisolatie, vergeleken met de betonvloer, als scheidingsconstructie in etagewoningen als toelaatbaar te beschouwen.

4. De invloed van constructiewijzigingen

De hier te bespreken constructiewijzigingen zullen voor-

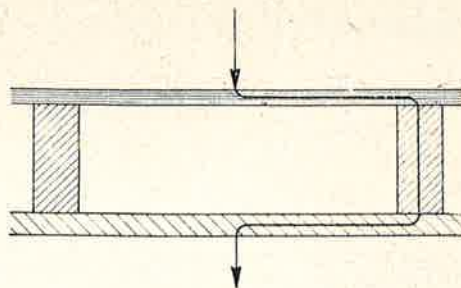


Fig. 3. De overdracht van trillingen in een houten balkvloer.

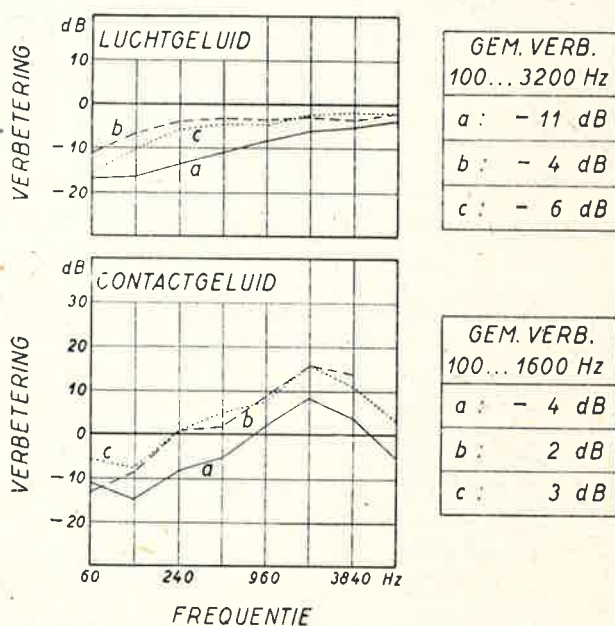
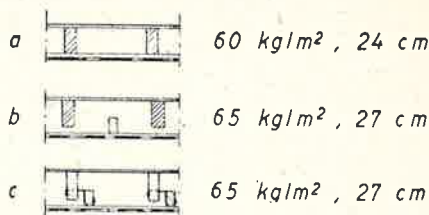


Fig. 4. De invloed van een vrijdragend plafond van verschillende constructie (b en c) op de isolatie van een houten balkvloer (a).

namelijk betrekking hebben op de houten balkvloer met vast plafond, daar deze vloer de meeste verbetering behoeft.

Om na te kunnen gaan van welke wijzigingen in de constructie een goed resultaat te verwachten is, is het van belang te weten, hoe de overdracht van de trillingen in de vloer plaats heeft. In fig. 3 is deze trillingsoverdracht met de lijn met pijlen aangegeven. Dat de trillingen niet via de lucht maar voornamelijk door de balken van de dekvloer naar het plafond overgebracht worden, blijkt o.a. uit het feit, dat het onderbreken van deze weg, b.v. door het aanbrengen van een vrijdragend plafond of van een veerkrachtig materiaal tussen dekvloer en balken, de isolatie sterk verbetert. Een ander bewijs hiervoor vormt het feit, dat het aanbrengen van een licht, geluid absorberend materiaal in de ruimten tussen de balken vrijwel geen verbetering van de isolatie tot gevolg heeft.

De isolatie van een houten vloer is dus te verbeteren door het aanbrengen van een vrijdragend plafond, of door het aanbrengen van een laag veerkrachtig materiaal tussen de dekvloer en de balken (zwevende dekvloer), zodat het direct contact tussen beide vermeden wordt.

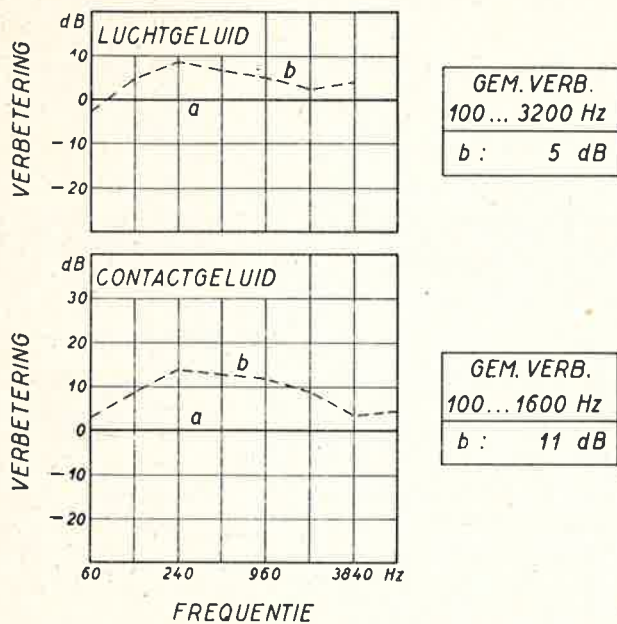
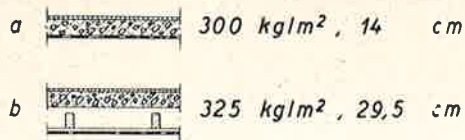


Fig. 5. De invloed van een vrijdragend plafond (b) op de isolatie van de betonvloer (a).

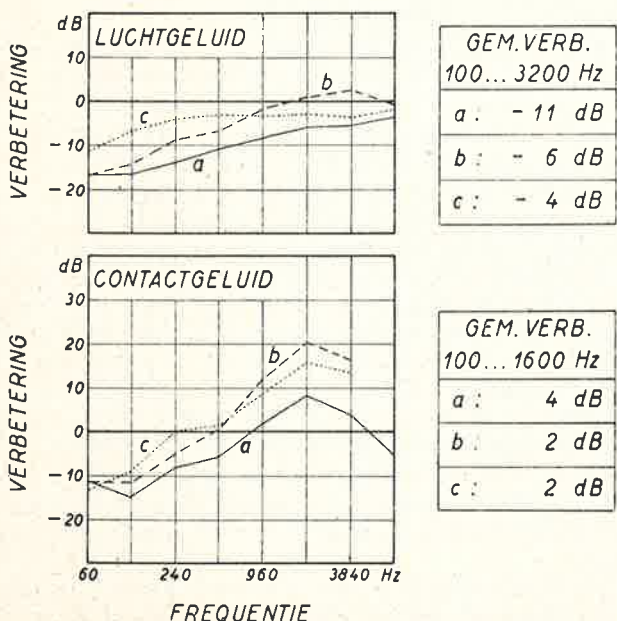
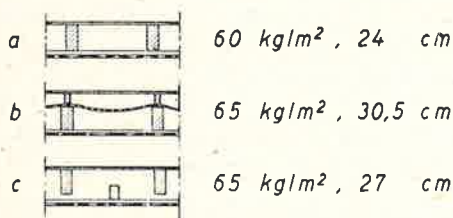


Fig. 6. De invloed van een zwevende dekvloer (b) op de isolatie van de houten balkvloer (a). Ter vergelijking de verbetering van de isolatie van de houten balkvloer met vrijdragend plafond (c).

Een andere methode ter verbetering van de isolatie is het verzwaren van de vloer. Dit heeft alleen zin bij vloeren met een laag eigen gewicht, dus bij houten balkvloeren, omdat het totale gewicht na verzwarening minstens het dubbele moet zijn van het oorspronkelijke gewicht om een merkbaar effect te bereiken.

Invloed van een vrijdragend plafond

Bij houten balkvloeren

De gunstige invloed van een vrijdragend plafond bij houten balkvloeren toont fig. 4. Bij vloer *b* zijn de plafondhangers opgelegd op de muren, bij vloer *c* zijn ze d.m.v. stalen beugels dichtbij de opleggingen aan de balken bevestigd.

Beide constructies geven een belangrijke verbetering van de isolatie t.o.v. de vloer met vast plafond (vloer *a*). De resultaten voor de vloeren *b* en *c* lopen weinig uiteen. De luchtgeluidisolatie is vooral bij de lage frequenties beter, de verbetering van de contactgeluidisolatie bedraagt 6 à 7 dB over het gehele frequentiegebied.

Bij stenen vloeren

Ook bij betonvloeren heeft het aanbrengen van een vrijdragend plafond een gunstige invloed, vooral op de contactgeluidisolatie (zie fig. 5). De geluidisolatie van een dergelijke vloer is voor een scheidingsconstructie tussen twee woonlagen als zeer goed te beschouwen.

Eenzelfde verbetering als bij de betonvloer is te verwachten, wanneer de holle baksteen vloer voorzien wordt van een vrijdragend plafond.

Invloed van een bijzondere deklaag

Bij houten balkvloeren

Een andere wijze van onderbreking van de weg, die de trillingen via de balken volgen, is het aanbrengen van een veerkrachtig materiaal tussen de dekvloer en de balken, b.v. een steenwoldeken, zie fig. 6, vloer *b*. Ter vergelijking zijn in deze figuur ook de resultaten van de vloer met vrijdragend plafond getekend (vloer *c*.) We zien dat vloer *b* voor de lage frequenties minder gunstige uitkomsten geeft dan vloer *c*, voor de hoge frequenties is het juist andersom. Dit geldt zowel voor de luchtgeluid- als voor de contactgeluidisolatie.

Bij het aanbrengen van de dekvloer bij vloer *b* moet er voor gewaakt worden, dat niet door de veerkrachtige laag heen gespijkerd wordt. Hierdoor zou immers weer direct contact tussen dekvloer en balken tot stand gebracht worden.

Een keuze tussen beide vloerconstructies valt ten gunste van vloer *c* uit, in verband met de hogere isolatiewaarden bij de lage frequenties.

Bij stenen vloeren

De invloed van bijzondere deklagen aangebracht op een betonvloer toont fig. 7. Bij vloer *b* is op de betonvloer een 2 cm dikke laag tinslakkenwol (Estanisol L.T.-plaat, volumegewicht 200 kg/m³) gelegd, waarop de dekvloer van beton ter dikte van 4 cm aangebracht is. Deze vloer is niet voorzien van een estrich deklaag. De verbetering is daarom betrokken op de resultaten, die de vloer zelf opleverde voordat de bijzondere deklaag gelegd was (zelfde oppervlaktelaag).

De luchtgeluidisolatie is iets hoger dan die van de betonvloer zelf, de contactgeluidisolatie laat een aanzienlijke verbetering zien, ook voor de lage frequenties.

Bij vloer *c* bestaat de bijzondere deklaag uit een houten dekvloer op spijkerribben op klossen. Tussen de klossen en de betonvloer ligt een laag zachtboard (Treetex).

De luchtgeluidisolatie van deze vloer is t.o.v. die van de betonvloer weinig verbeterd, de contactgeluidisolatie wederom aanzienlijk, vooral bij de hoge frequenties.

In verband met de hogere isolatie bij de lage frequenties is vloer *b* te prefereren boven vloer *c*.

Invloed van het verzwaren van de vloer

Zoals reeds werd opgemerkt, wordt een verzwareing alleen toegepast bij vloeren, die een laag eigengewicht hebben, dus bij houten balkvloeren. Niet steeds echter leidt verzwareing tot het gewenste resultaat. Metingen van Aston [3] toonden aan, dat de isolatie vrijwel niet verandert, wanneer een zandverzwareing van 50 kg/m², op analoge wijze aangebracht als bij vloer *b* in fig. 8, verdubbeld wordt tot 100 kg/m². Blijkbaar komen de bovenste lagen zandkorrels niet meer in trilling. De „effectieve” zandlaag is dunner naarmate de frequentie hoger is, m.a.w. bij een bepaalde dikte van de zandlaag is de verbetering bij de - belangrijke - lage frequenties groter dan bij de hoge frequenties.

In fig. 8 zijn de resultaten gegeven voor de door ons onderzochte houten balkvloer met het met zand verzwaarde plafond (vloer *b*). Zowel voor de luchtgeluid- als voor de contactgeluidisolatie geeft de verzwareing een grotere verbetering bij de lage dan bij de hoge frequenties.

Een ander soort verzwareing is toegepast bij vloer *c* (fig. 8), waar de houten balken vervangen zijn door betonbinten. De grotere massa van de betonbinten t.o.v. die van de houten balken heeft hier een gunstige invloed op de isolatie [4].

Deze vloer geeft een grotere verbetering van de isolatiewaarden dan vloer *b*. De verbetering is nu onafhankelijk van de frequentie.

Bij houten vloeren met vrijdragend plafond zal een verzwareing van het plafond wel volledig effect hebben, daar de

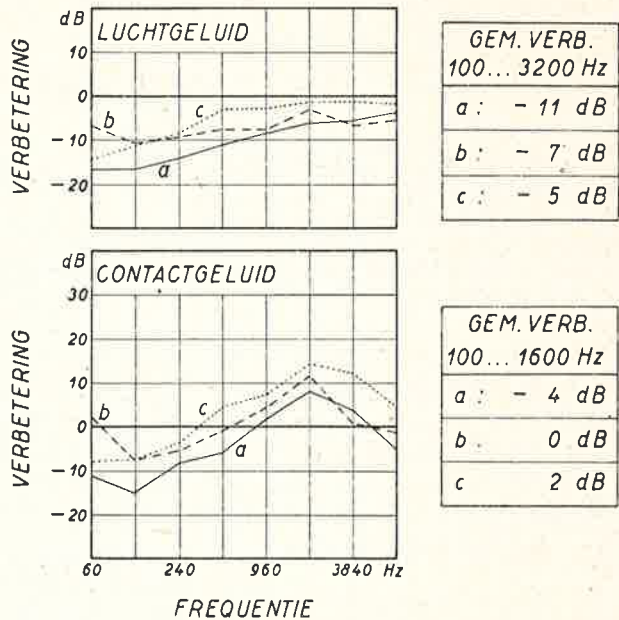
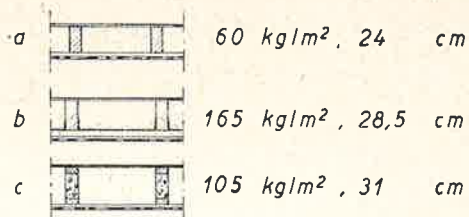


Fig. 8. De invloed van een zandverzwareing op het plafond (b) en van betonbinten i.p.v. houten balken (c) op de isolatie van de houten balkvloer (a).

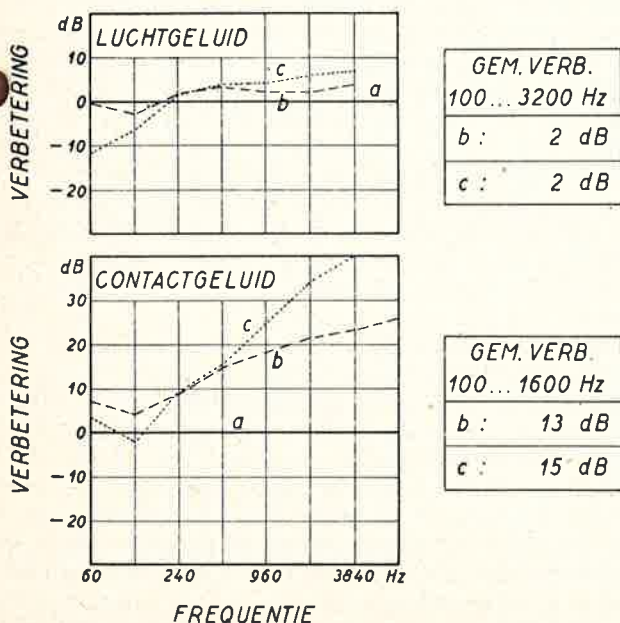
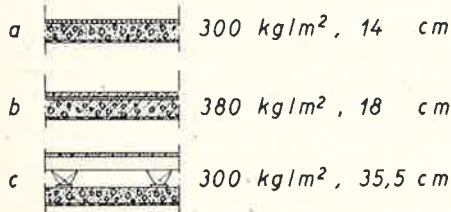


Fig. 7. De invloed van een zwevende betonnen dekvloer (b) en van een zwevende houten dekvloer (c) op de isolatie van de betonvloer (a).

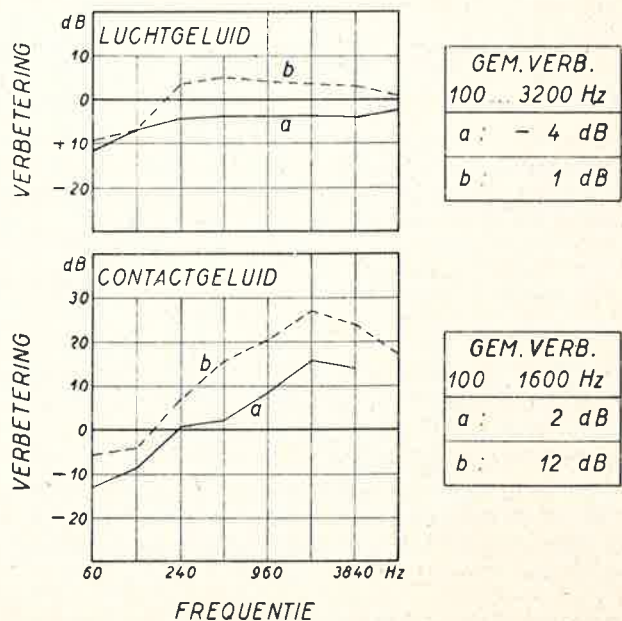
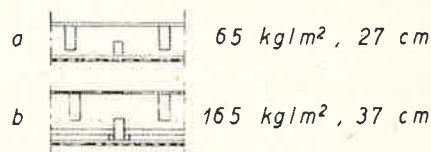


Fig. 9. De invloed van een zandverzwareing (b) op de isolatie van een houten balkvloer met vrijdragend plafond (a).

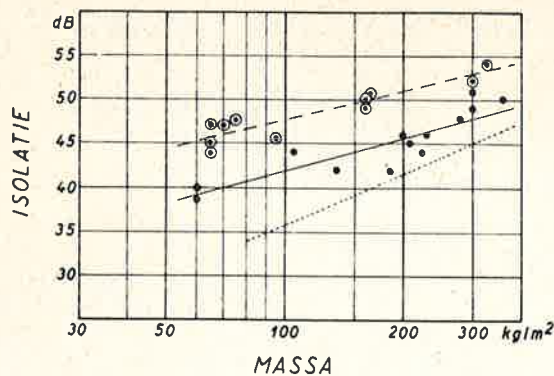


Fig. 10. De gemiddelde luchtgeluidisolatie als functie van de massa per vierkante meter.

- Vloeren met vast plafond.
- ⊙ - - - ⊙ „ „ „ vrijdragend plafond.
- - - - - Massalijn voor muren, op grond van de metingen in de Proefwoningen T.N.O.

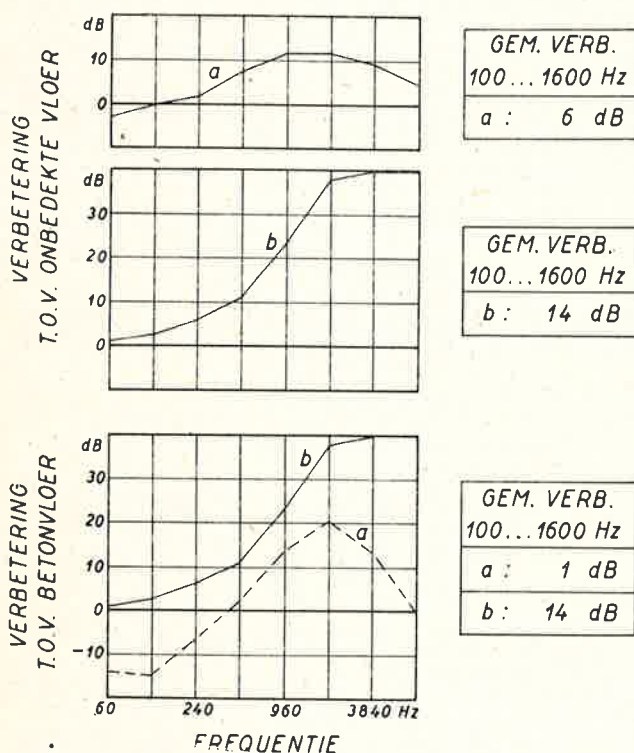


Fig. 11. De invloed van de vloerbedekking twisted op de contactgeluidisolatie van de houten vloer (a, bovenste grafiek) en van de betonvloer (b, middenste grafiek). De verbetering heeft hier betrekking op de onbedekte vloer.

In de onderste grafiek de verbetering t.o.v. de vergelijkingsvloer van de contactgeluidisolatie van de houten vloer belegd met twisted (a) en van de betonvloer belegd met twisted (b).

trillingen nu niet meer een rechtstreekse verbinding vinden tussen vloer en plafond via de balken, maar hun weg moeten zoeken via de lucht en de gehele zandlaag.

Zowel voor de luchtgeluid- als voor de contactgeluidisolatie vinden we een duidelijke verbetering, vrijwel onafhankelijk van de frequentie (fig. 9). Uit deze figuur blijkt tevens, dat deze vloer, behalve voor de laagste twee frequenties, beter is dan de betonvloer (de nullijn).

5. Verband tussen luchtgeluidisolatie en massa

We zullen hier volstaan met het geven van het verband

tussen de gemiddelde luchtgeluidisolatie en de massa per vierkante meter, en dus het verband voor elke frequentieband afzonderlijk achterwege laten.

Wanneer bij een vloer het vaste plafond vervangen wordt door een vrijdragend plafond, wordt de gemiddelde luchtgeluidisolatie ongeveer 5 dB beter, terwijl de massa per oppervlakte-eenheid vrijwel niet verandert. In fig. 10, die het verband tussen beide geeft, vinden we dan ook twee massakrommen, één voor vloeren met vast plafond en één voor vloeren met vrijdragend plafond. Op het oog zijn door de punten rechte lijnen getrokken. Deze lijnen lopen vrijwel evenwijdig, de ene 5 dB hoger dan de andere.

Ter vergelijking is in deze figuur ook een gedeelte van de massakromme voor muren getekend, zoals die gevonden werd in de Proefwoningen T.N.O. te Rotterdam (de puntlijn). De laatste ligt duidelijk lager, zelfs lager dan de lijn voor vloeren met vast plafond. De oorzaak hiervan is nog onvoldoende onderzocht.

6. Invloed van vloerbedekkingen op de isolatie

Daar bij bewoning de vloeren vrijwel steeds voorzien zijn van een vloerbedekking, werd de invloed hiervan op de isolatie nagegaan. Zoals te verwachten was en uit de metingen bleek, heeft een vloerbedekking vrijwel geen invloed op de luchtgeluidisolatie. De contactgeluidisolatie wordt echter meer of minder sterk verbeterd.

Fig. 11 geeft als voorbeeld de invloed van de vloerbedekking „twisted”. In de bovenste grafiek staat de verbetering, die twisted op een houten balkvloer ten gevolge heeft. De verbetering is in dit geval betrokken op de onbedekte, houten vloer (de nullijn). In de middelste grafiek de invloed van twisted op de betonvloer (hier is dus de onbedekte betonvloer op de nullijn).

Uit beide grafieken zien we, dat

- a. de verbetering bij de lage frequenties gering, bij de hoge frequenties groot is;
- b. de verbetering op de betonvloer (in het algemeen vloeren met steenachtig oppervlak) veel groter is dan op de houten vloer.

In de onderste grafiek is de verbetering getekend van de houten vloer bedekt met twisted (kromme a) en van de betonvloer met twisted (kromme b) t.o.v. de onbedekte betonvloer (de vergelijkingsvloer). Hieruit blijkt dus, dat, wanneer de vloeren bedekt zijn met een vloerbedekking, de betonvloer over het gehele frequentiegebied, dus ook voor de hoge frequenties, een betere contactgeluidisolatie heeft dan de houten vloer.

In de figuren 12 en 13 is de invloed van een aantal vloerbedekkingen resp. op de houten balkvloer en op de betonvloer gegeven. De verbeteringen zijn steeds betrokken op de onbedekte vloer. In fig. 12 stelt de nullijn dus de onbedekte houten vloer voor, in fig. 13 is de onbedekte betonvloer de nullijn.

Viltzeil en linoleum, dikte 2 mm, direct op de vloer aangebracht, hebben een onderling ongeveer gelijke en slechts geringe invloed op de contactgeluidisolatie. Het aanbrengen van een laag vilt papier onder het viltzeil geeft reeds een duidelijke verbetering (vergelijk de krommen a en b in fig. 13). Salonparket laat een zelfde verbetering zien (fig. 13, kromme d). Een laag stro-karton onder het salonparket geeft wederom gunstigere resultaten, evenals kurklinoleum (fig. 13, kromme e resp. c). De grootste verbeteringen verkrijgen we met de vloerleedachtige materialen twisted, pluche, bouclé en cocosmat (zie de kromme f, g, h en i in de figuren 12 en 13).

Steeds wordt echter de contactgeluidisolatie bij de lage frequenties weinig beïnvloed. Daarom is het van belang, dat

de onbedekte vloer zelf reeds een voldoende contactgeluidisolatie bij de lage frequenties heeft.

Tenslotte zijn in fig. 14 ter vergelijking de resultaten gegeven van de betonvloer belegd met twisted en van twee betonvloeren voorzien van een bijzondere deklaag. We zien hieruit, dat de verbetering van de contactgeluidisolatie van de betonvloer, zoals die verkregen wordt door middel van een eenvoudige vloerbedekking als twisted, niet veel minder is dan de verbetering, die men verkrijgt met behulp van een vrij kostbare constructie als een zwevende dekvloer. Natuurlijk is de laatste wel duurzamer, terwijl men bij toepassing daarvan de zekerheid heeft van een goede contactgeluidisolatie, hetgeen niet het geval is, als men zich verlaat op het al dan niet leggen van een vloerbedekking door de bewoners.

7. Besluit

Uit het voorgaande blijkt, dat de houten balkvloer met vast plafond als scheidingsconstructie tussen twee woonlagen als beslist onvoldoende beschouwd moet worden. Een houten vloer met vrijdragend plafond is juist toelaatbaar, evenals een holle baksteen vloer. Een goede geluidisolatie verkrijgt men o.a. met een houten balkvloer met verzaard, vrijdragend plafond, een holle baksteen vloer met vrijdragend plafond, of een 11 cm betonvloer; de laatste met een vrijdragend plafond geeft een zeer goede geluidisolatie.

Een eventueel te geringe contactgeluidisolatie voor hoge frequenties bij bepaalde, steenachtige vloeren wordt door een eenvoudige vloerbedekking reeds voldoende verbeterd.

Uit de in 1950 in Rotterdam en Den Haag gehouden enquête naar geluidhinder in etagewoningen is gebleken, dat de vloeren aanleiding geven tot vele klachten. In verband hiermede is het van het grootste belang bij de bouw van deze woningen de nodige aandacht te besteden aan de geluidisolatie van de toe te passen vloerconstructies.

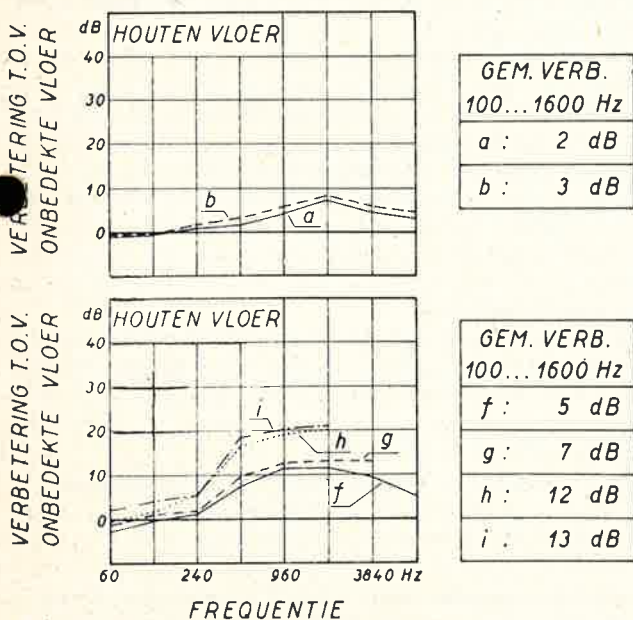


Fig. 12. De verbetering van de contactgeluidisolatie door het aanbrengen van verschillende vloerbedekkingen op de houten balkvloer.

a. viltzeil op viltpapier
b. linoleum, dikte 2 mm, op viltpapier

f. twisted
g. pluche
h. bouclé
i. cocosmat

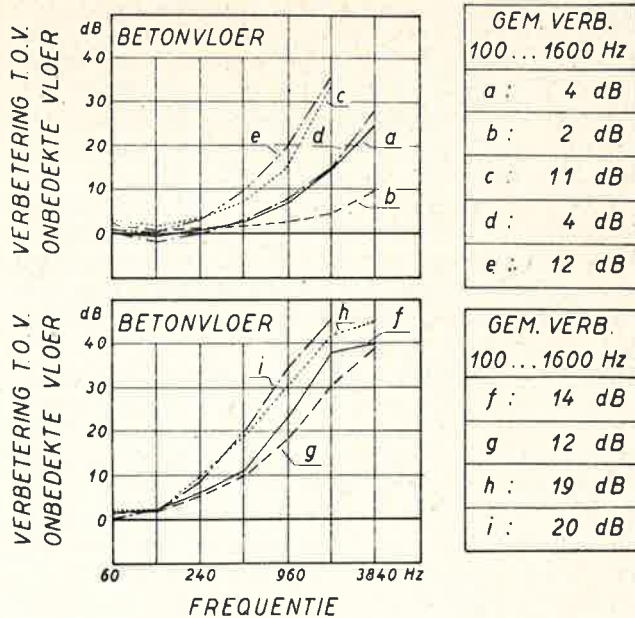


Fig. 13. De verbetering van de contactgeluidisolatie door het aanbrengen van verschillende vloerbedekkingen op de betonvloer

a. viltzeil op viltpapier
b. linoleum, dikte 2 mm
c. kurklinoleum, dikte 6,5 mm
d. salonparket
e. salonparket op stro-karton
f. twisted
g. pluche
h. bouclé
i. cocosmat

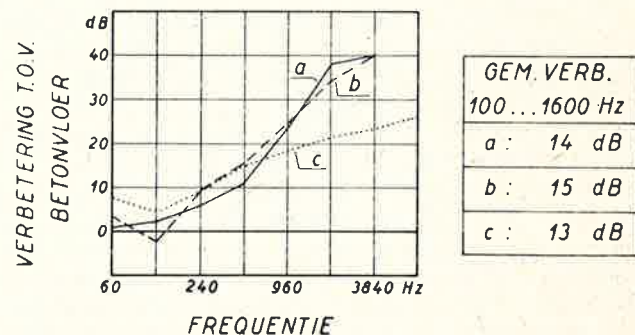


Fig. 14. De verbetering van de contactgeluidisolatie van de betonvloer t.g.v. het aanbrengen van de vloerbedekking twisted (a), een zwevende houten dekvloer (b) en een zwevende betonnen dekvloer (c).

Literatuur

- [1] Van den Eijk, J. en Kasteleyn, M. L., Onderzoekingen in de Proefwoningen betreffende de overdracht van lucht- en contactgeluid via muren en vloeren. Rapport nr 1 van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O., tevens Publicatie nr 27 van de Technisch Physische Dienst T.N.O. en T.H., 1950.
Bijlage I: Meetresultaten muren
" II: " vloeren
" III: " vloerbedekkingen
- [2] Van den Eijk, J. en Kasteleyn, M. L., Geluidisolatie door muren. Rapport nr 14 van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O., tevens Publicatie nr 42 van de Technisch Physische Dienst T.N.O. en T.H., 1952.
- [3] Aston, G.H., The sound insulation of wood-joint floors. Report of the 1948 Summer Symposium of the Acoustics Group. The Physical Society, London 1949.
- [4] Meyer, E., Akust. Z. 2 [1937], 72-75.

Beraadslaging

Ir J. HOLLANDER, Technische Bedrijven van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven: Als vergelijkingsvloer werd genomen een betonvloer van 11 cm dikte. In het algemeen worden betonvloeren van geringere dikte (8 cm) toegepast. Zijn er onderzoeken verricht naar het verband tussen de geluidisolatie en de vloerdikte?

Ir KASTELEYN: Mij staan momenteel geen gegevens daaromtrent ter beschikking. De isolatie van een 8 cm betonvloer, inclusief afwerkklagen 10 à 11 cm, zal naar schatting ongeveer 3 dB lager zijn dan die van de 11 cm betonvloer. Wat de geluidisolatie betreft, is de 8 cm betonvloer gelijk te stellen met een holle baksteen vloer.

Prof. ir A. DE HEER, hoogleraar Technische Hogeschool, Delft: Aan de vorige vraag zou ik nog willen toevoegen, dat door de aanwezigheid van een estrich deklaag op de als vergelijkingsvloer gebruikte betonvloer speciaal de contactgeluidisolatie zo'n gunstige waarde heeft. Vloeren van 8 à 9 cm dikte, afgewerkt 9 à 11 cm, zijn althans in de eenvoudige woningbouw meer normaal. Een dergelijke vloer zou m.i. dan ook als vergelijkingsvloer genomen moeten worden.

Ir KASTELEYN: In verband met de metingen was het noodzakelijk een van de in de Proefwoningen aanwezige vloeren als vergelijkingsvloer te nemen. De keus viel op een bekende, weinig aan veranderingen onderhevige vloer, nl. de massieve betonvloer. Deze heeft in de Proefwoningen een dikte van 11 cm. Een gunstige omstandigheid daarbij was, dat deze vloer een goede geluidisolatie geeft. Vertoont een andere vloer een positieve verbetering t.o.v. deze betonvloer, dan hebben we een goede tot zeer goede vloer. Vinden we een negatieve verbetering, dan is de betreffende vloer minder goed tot slecht, al naar de grootte van de „verbetering”.

Ir N. SNIJDERS, Technisch Fysische Dienst T.N.O. en T.H., Delft: Is er bij vrijdragende plafonds een minimale afstand, die tussen vloerbalk en plafond gehandhaafd moet worden om het gunstige effect te bereiken?

Ir KASTELEYN: Het is alleen van belang, dat de balken, ook bij belasting, geen contact maken met het plafond. In de bouw is het gebruikelijk deze afstand 3 à 5 cm te maken.

Ir A. J. J. DORRENBOOM, Dienst van Volkshuisvesting, Rotterdam: Plant het contactgeluid zich in doorgaande betonvloeren in horizontale richting onverzwaakt voort, hetgeen dan aanleiding zou geven tot geluidhinder in verderop gelegen woningen? Zo ja, welke maatregelen moeten hiertegen getroffen worden?

Ir KASTELEYN: In doorlopende betonvloeren wordt het geluid slechts weinig gedempt. Is er geen mogelijkheid de vloer te onderbreken, dan moeten we ervoor zorgen, dat de trillingen niet of sterk verzwakt in de betonvloer kunnen komen door het aanbrengen van een zwevende dekvloer of, indien mogelijk, van een geschikte vloerbedekking.

J. KOK, algemeen adviseur bij de Nederlandse Baksteen-industrie, Amsterdam: 1) Is er een belangrijk verschil in flankerende transmissie geconstateerd bij stenen vloeren enerzijds en houten vloeren met vrijdragend plafond anderzijds?

2) Is de verhouding tussen de geluidisolatie en het gewicht bij vloeren een andere dan bij muren?

3) Zijn gegevens bekend omtrent de isolatie van versterkte houten vloeren, b.v. met Andreas-kruisen?

Ir KASTELEYN: 1) In de zendkamer worden behalve de vloer ook de muren in trilling gebracht, die de trillingen doorgeven, langs de vloer heen, naar de muren van de eronder gelegen ontvangkamer. Het geluidniveau in de ontvangkamer is dus niet alleen afhankelijk van hetgeen door de vloer komt, maar ook van hetgeen de muren afstralen. De bijdrage, die de muren leveren, zal groot zijn, wanneer een goed isolerende vloer omringd is door lichte, gemakkelijk

in trilling te brengen muren, terwijl de bijdrage verwaarloosbaar is bij matig isolerende vloeren tussen zwaar muurwerk. Bij een stenen vloer (b.v. holle baksteen) en bij een houten vloer met vrijdragend plafond zal de flankerende transmissie nog niet overheersend zijn, mits de vloeren aangebracht zijn tussen steensmuren.

2) Zoals uit de grafiek betreffende het verband tussen de luchtgeluidisolatie en de massa bleek, is de helling van de lijnen voor vloeren iets kleiner dan die voor muren. De lijnen voor vloeren liggen hoger dan die voor muren, m.a.w. bij een zelfde massa isoleert een vloer beter dan een muur.

3) Wanneer een dergelijke versterking slechts een geringe verzwaring van de balken betekent, zal de geluidisolatie hierdoor weinig verbeterd worden. Gegevens hierover staan ons niet ter beschikking.

Ir P. A. DE LANGE, Technisch Fysische Dienst T.N.O. en T.H., Delft: 1) Hoewel ik het in principe eens ben met de opmerking „een vloerbedekking heeft geen invloed op de luchtgeluidisolatie”, wil ik er op wijzen, dat bij houten vloeren in de praktijk zich tussen de vloerdelen dikwijls kieren, geluidlekken dus, bevinden, die door de vloerbedekking afgedicht worden, hetgeen een gunstige invloed op de luchtgeluidisolatie heeft.

2) Uit een van de grafieken bleek, dat salonparket een even gunstige invloed op de contactgeluidisolatie heeft als linoleum of vilt papier. Dit verbaast mij en ik meen, dat dit dan ook stellig niet altijd opgaat.

Ir KASTELEYN: 1) Volkomen juist. U wijst hier overigens op een groot bezwaar van de houten vloer, nl. het op den duur ontstaan van kieren, die de toch al niet hoge geluidisolatie nog aanmerkelijk kunnen verlagen.

2) Salonparket bestaat uit twee lagen op elkaar gelijmd houten plankjes van 3 mm dikte. Het geheel ligt los op de vloer. Daar de vloer nooit volkomen vlak is, bevinden zich tussen het salonparket en de vloer luchtkussens, die de oorzaak zijn van het gunstige gedrag van het salonparket wat de contactgeluidisolatie betreft.

B. MERKELBACH, architect, Amsterdam: 1) Kunt U iets medelen over het verschil in isolatie van betonvloeren en Cusveller vloeren?

2) Wat is de invloed van een laag klinkerisoliet op een betonvloer i.p.v. estrich?

Ir P. A. DE LANGE, Technisch Fysische Dienst T.N.O. en T.H., beantwoordt deze vragen: 1) Uit metingen bleek, dat de luchtgeluidisolatie van een Cusveller vloer, in overeenstemming met zijn kleinere massa/m², geringer is dan die van de betonvloer. Niettemin is ook de Cusveller vloer stellig toelaatbaar als scheiding tussen twee woonlagen. De contactgeluidisolatie staat weinig of niet ten achter bij die van de gewapend betonvloer.

2) Hoewel muren van ter plaatse gestort klinkerisolietbeton bijzonder goed geluidisolerende eigenschappen hebben, is uit metingen gebleken, dat een deklaag van klinkerisolietbeton op een betonvloer geen betere isolatie geeft dan een estrich deklaag van gelijke dikte.

H. F. LOUWE KOOYMANS, Inspectie Volksgezondheid te Arnhem: Kan een der inleiders iets medelen over de kostprijzen van de verschillende vloeren?

Ir W. P. VAN LEENING: Daar de prijzen van de verschillende materialen steeds variëren, is hierop geen algemeen geldend antwoord te geven. Wel betekent het aanbrengen van een vrijdragend plafond of van een zwevende dekvloer een duidelijke kostprijsverhoging. De in de woningbouw gangbare vloertypen, zijnde de houten balkvloer met vast plafond, de 8 cm gewapend betonvloer en de gewapende baksteen vloer, zijn in het algemeen op dezelfde kostprijs te stellen.

De Heer TOCKIN, Delft: Heeft de samenstelling van het plafond (bouwplaten, riet, steengas) geen invloed op de isolatie?

Ir KASTELEYN: De gebruikelijke uitvoeringsvormen zullen elkaar weinig ontlopen. Nieuwe onderzoeken geven de hoop, dat met bepaalde, slappe platen betere resultaten te bereiken zijn. Voldoende gegevens hierover staan mij niet ter beschikking.

A. LEEUWENBURGH, architect B.N.A., Ministerie van Wederopbouw en Volkshuisvesting, 's-Gravenhage: 1) Was bij de vergeleken constructies het vaste plafond in uitvoering en materiaal constant?

2) Bij de stenen vloeren werd gesproken over Estanisol met betonnen dekvloer. Was dit beton of estrich?

3) Welke verbetering is mogelijk door op een betonvloer een laag zand aan te brengen, waarover een laag gipsestrich of een houten vloer op in het zand rustende spijkerribben?

Ir KASTELEYN: 1) Bij de houten vloeren was het plafond, bestaande uit tengels, riet en specie, steeds hetzelfde.

2) De betonnen dekvloer bestaat uit beton, aan de bovenzijde afgesmeerd met cement. Met estrich is echter hetzelfde resultaat te verwachten.

3) Het aanbrengen van een estrich of houten dekvloer op een zandlaag op een betonvloer geeft een geringere verbetering dan wanneer het zand vervangen wordt door een materiaal als steenwol. Bovendien bestaat het gevaar, dat na verloop van tijd het zand vaster in elkaar gedrukt wordt, waardoor de aanvankelijk verkregen verbetering nog minder wordt.

II. Over lichte wanden met goede geluidisolatie^{1) 2)}

624.022.5: 699.844

door prof. dr ir C. W. KOSTEN

Summary: *Lightweight double walls having a great sound transmission loss.*

These walls should be "airtight" and have a rather wide cavity; the flexural stiffness of the leaves must be chosen carefully.

Sound bridges (ties etc.) are sometimes tolerable. A transmission loss as great as that of a 2 to 4 times heavier single wall can be obtained.

1. Inleiding

Wanneer een wand twee vertrekken niet slechts in ruimtelijke zin, doch ook acoustisch van elkaar scheidt, spreken we van een geluidsisolerende wand. Onderwerp van dit artikel is na te gaan hoe maximale geluidisolatie kan worden verkregen met een minimum aan materiaalverbruik.

Onder de geluidisolatie tussen twee ruimten verstaan we, ruw gesproken, het verschil tussen het geluidniveau in de ruimte waar de geluidbron staat (het zgn. zendvertrek) en het niveau in de andere, aangrenzende ruimte (het zgn. ontvangvertrek). Hebben twee geluiden een niveauverschil van 30, 40, 50, 60 . . . decibel (dB) dan bedoelen we daarmee, dat de „energie" van het zwakste geluid 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} . . . keer de „energie" van het sterkste geluid is. De decibel-taal spreken we noodgedwongen, daar de ons interesserende zeer kleine doorgelaten energie-fracties te moeilijk aan te voelen zijn. Tabel I geeft een eerste ruwe indruk van voorkomende en bereikbare isolatiewaarden.

Tabel I

lichte wanden, zoals men die veelvuldig aantreft	25 dB
muur met normale deur	30 dB
goede lichte wand; scheiding kantoormuuren	35 dB
" " " " " "	40 dB
halfsteens muur; scheiding binnenshuis	45 dB
heelsteens muur; woningscheiding	50 dB
2 x halfsteens spouw bij doordachte bouw	55 dB
2 x halfsteens spouw bij gescheiden bouw	60 dB
met uiterste zorg bereikbaar	65 dB

Het mag genoegzaam bekend geacht worden, dat tegenwoordig in veel sterkere mate dan vroeger, de uiterste waak-

¹⁾ Voordracht gehouden voor de Geluidstichting en de Afdelingen voor Gezondheidstechniek, Technisch Wetenschappelijk Onderzoek en de Sectie Utiliteitsbouw van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs op 21 Mei 1954 te Utrecht.

²⁾ Publicatie nr 53 van de Technisch Fysische Dienst van T.N.O. en T.H.

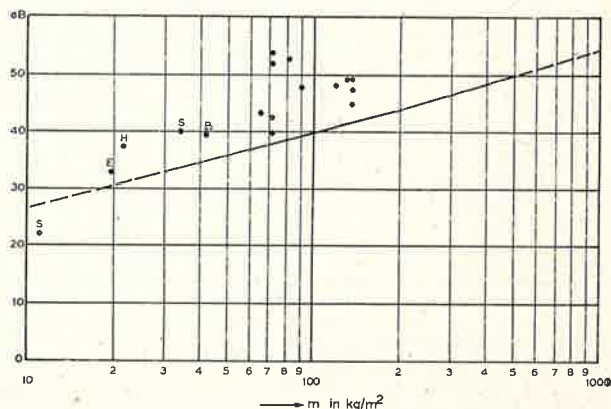


Fig. 1. De praktijk-massawet. De gemiddelde isolatie i neemt toe met het aantal kg/m^2 van een wand. Doordachte spouwconstructies (de streppen) steken gunstig af bij wat enkelvoudige wanden doorgaans isoleren (de getrokken lijn.)

zaamheid geboden is op het stuk van geluidisolatie. Vele moderne bouwwerken schieten in deze ernstig te kort, hetzij omdat men te ver is gegaan bij het streven naar het bouwen met minder bouwmaterialen, hetzij omdat te weinig aandacht is besteed aan het feit, dat de tegenwoordige samenleving drukker, enerverender, lawaaieriger is dan vroeger. Bij het zoeken naar een antwoord op de vraag, hoe we een wand kunnen maken met een goede geluidisolatie bij een minimum aan materiaal, kunnen wij ons uiteraard niet losmaken van vele bijkomende zaken, zoals kostprijs, stabiliteit, sterkte, brandbaarheid, enz. In hetgeen volgt staat de hoeveelheid verbruikt materiaal erg op de voorgrond. Gedacht is vooral aan het ontwerpen van lichte, verplaatsbare wanden, zoals in Amerika op grote schaal, en in Nederland in toenemende mate worden toegepast.

2. Isolatie en muurmassa

Het mag algemeen bekend geacht worden, dat muren beter isoleren naarmate de massa per oppervlakte-eenheid (het aan-

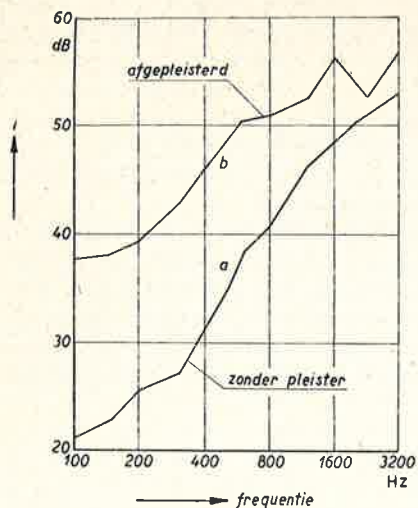


Fig. 2. a. Isolatie van een drijfsteenwand (25 cm dik, 270 kg/m²) als functie van de frequentie, b. Idem doch afgepleisterd; blijktbaar zijn geluidleken zeer nadelig.

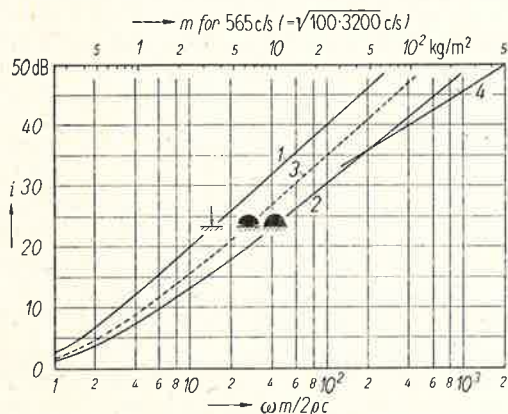


Fig. 3. Massawetten.

- Kromme 1: loodrecht invallend geluid, theorie,
- Kromme 2: alzijdige inval, theorie,
- Kromme 3: bijna alzijdige inval (vrijwel strijkende inval is niet meegerekend), theorie,
- Kromme 4: praktijk-wet.

Theoretisch neemt de isolatie vrijwel 6 dB toe voor elke factor 2 stijging in muurdikte en frequentie (voor elk octaaf dus).

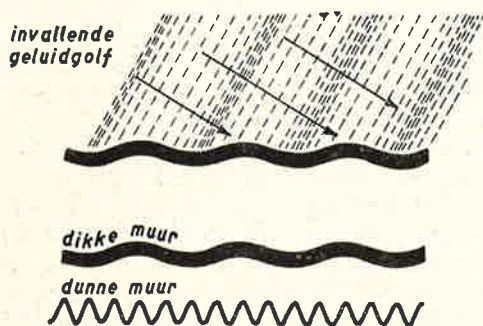


Fig. 4. Coincidentie-effect: een scheef invallende luchtgeluidgolf, die een wand een langgolvlige lopende golf tracht op te dringen (boven), zal hierin beter slagen als de vrije buigingsgolven van dezelfde frequentie in de wand dezelfde golflengte hebben (midden) dan wanneer de vrije golflengte ervan verschilt, b.v. te klein is (onder). In het getekende geval zal de dikke wand slechter isoleren dan de dunne.

tal kg/m²) van de muur hoger is. Fig. 1 illustreert dit feit; de getrokken lijn geeft aan, welke isolatie verwacht mag worden bij een bepaald aantal kg/m². De lijn staat bekend als de grafische voorstelling van de zgn. praktijk-massawet. Het is mogelijk voor een gegeven aantal kg/m² een hoger aantal dB te verkrijgen dan de massawet zou doen verwachten. De meetpunten in fig. 1 spreken in deze zeer duidelijke taal. Deze punten hebben (op het punt S links onder de rechte lijn na) betrekking op doordacht geconstrueerde, lichte, dubbele wanden, zgn. lichte spouwconstructies. Het construeren van een lichte spouwwand geeft geen garantie van meer decibels dan de massawet voorspelt. In vele praktijkgevallen blijkt de gevonden isolatie van verplaatsbare wanden zelfs aanzienlijk onder de massawet te liggen, hetgeen wijst op gemaakte denk- of constructiefouten.

Blijkens fig. 1 kan zeker 5 à 10 dB worden gewonnen t.o.v. de massawet. Bedenkt men, dat wanden waardoor een beluisterd gesprek

juist onhoorbaar is
duidelijk hoorbaar is
juist verstaanbaar is
duidelijk verstaanbaar is

telkens circa 5 dB in isolatie verschillen, dan is het duidelijk dat 5 dB winst zeer waardevol kan zijn.

Gemakshalve spraken we over de isolatie van een wand, terwijl we, nauwkeurig gezegd, bedoelden het gemiddelde van de isolatiewaarden tussen 100 en 3200 Hz. De isolatie is „uiteraard” afhankelijk van de toonhoogte waarbij we de meting uitvoeren. Een volledige karakterisering van de isolerende eigenschappen van een muur krijgen we dan ook feitelijk eerst, als we de isolatie in dB geven als functie van de toonhoogte (in Hz). Doorgaans neemt de isolatie circa 5 dB toe voor ieder octaaf stijging der frequentie.

Fig. 2 is een voorbeeld [1] van zo'n isolatie-karakteristiek (isolatie als functie van de frequentie). Tevens leert deze figuur dat muren praktisch luchtdicht moeten zijn om overeenkomstig hun massa te isoleren. De afgepleisterde muur isoleert zeer veel beter dan de blijkbaar niet „vol en zat” gemetselde muur. Een slecht gemetselde muur heeft, als alleen op de geluidisolatie wordt gelet, slechts eenzijdig te worden afgepleisterd; afpleisteren van de andere zijde blijkt niet meer te helpen dan op grond van de massa van de tweede pleisterlaag te verwachten is.

Het geschetste verband tussen de isolatie enerzijds, en de massa en frequentie anderzijds (fig. 1 en 2) heeft de theoretici vele jaren geïntrigeerd. Het heeft dan ook niet ontbroken aan theoretische massawetten, waarvan er in fig. 3 een drietal zijn weergegeven [2], en wel voor normale geluid inval (kromme 1), alzijdige inval (kromme 2) en bijna alzijdige inval (kromme 3). Ter vergelijking is de praktijk-curve van fig. 1 er ook ingetekend (kromme 4). De theoretische curven geven de isolatie als functie van $\omega m/2\rho c$, waarin

- $\omega = 2\pi$ maal de frequentie,
- $m =$ muurmassa per oppervlakte eenheid,
- $\rho =$ dichtheid van lucht (1,2 kg/m³),
- $c =$ geluidsnelsheid in lucht (340 m/s).

Zowel de massa- als de frequentie-afhankelijkheid wordt door de theorie redelijk verklaard. Dat de praktijk-curve 4 bij hogere waarden van m steeds meer bij de theorie achterblijft (minder dB), zou erop kunnen wijzen, dat de fundamentele onderstelling, die aan de theoretische krommen ten grondslag ligt, te weten dat het gedrag van de muur uitsluitend door de massa per m² wordt beheerst, bij dikkere muren onjuist wordt. Inderdaad is uit nauwkeurig onderzoek gebleken, dat ook de muurstijfheid van belang is, soms zelfs in hoge mate.

3. Isolatie, muurmassa en -stijfheid

Als we een punt van een muur loodrecht op het muurvlak in trilling brengen, zal deze trilling zich als een transversale golf naar alle kanten over de muur verbreiden. In het ons interesserende geval zijn dit zgn. buigingsgolven, waarvan de voortplantingssnelheid blijkt af te hangen van de massa per m^2 , van de zgn. buigstijfheid van de muur en van de frequentie. In een dikke muur lopen deze buigingsgolven door de grotere buigstijfheid sneller dan in een dunne. Dit nu blijkt voor de dikke muren een handicap te zijn, waardoor de isolatie nadelig wordt beïnvloed.

Fig. 4 doet ons aanvoelen, hoe dit in zijn werk gaat. De onderste twee golflijnen stellen resp. een dikke en een dunne muur voor, in zgn. vrije transversale golving gebracht met een bepaalde (voor beide muren zelfde) frequentie, b.v. door één punt van de muur in trilling te brengen. De golflengte in de dikke muur is (ondanks het feit dat de frequentie voor beide muren dezelfde is) groter als gevolg van de grotere voortplantingssnelheid. Het bovenste deel van fig. 4 stelt voor een in de richting van de pijlen scheef op de dikke muur invallende geluidsgolf, wederom van dezelfde frequentie. Deze golf zal de muur in een golving trachten te brengen, bepaald door het zich naar rechts voortplantende patroon van ver- en onderdrukken, dat de geluidsgolf op de muur aanbrengt. In de geschetste situatie verzet de dikke muur zich nauwelijks tegen deze door de geluidsgolf gewilde, zgn. opgedrukte golf, immers in volle vrijheid zou de dikke muur hetzelfde kunnen doen (middelste deel fig. 4). De dikke muur zal dus in de geschetste situatie een isolatie nul hebben; de dunne muur isoleert wel degelijk, daar in dit geval geen aanpassing, geen zgn. coïncidentie optreedt.

Het zou te ver voeren, deze theorie in details te willen behandelen. We poneren slechts de conclusies: iedere wand met massa en buigstijfheid zal tot een zekere kritieke frequentie de massawet volgen; boven de kritieke frequentie is er altijd een scheve invalrichting te vinden waarvoor de isolatie nul is; boven de kritieke frequentie is daardoor de isolatie bij alzijdig invallend geluid kleiner dan de massawet voorspelt; dikke muren hebben een lage kritieke frequentie, dunne muren een hoge; enkele octaven boven de kritieke frequentie is over het algemeen weinig meer over de isolatie te voorspellen.

Fig. 5 geeft de kritieke frequentie als functie van de muurdikte voor enkele materialen [3]. Zo ligt de kritieke frequentie voor een halfsteens muur bij circa 200 Hz, voor 5 mm hout bij circa 4000 Hz, voor 4 mm glas bij circa 3000 Hz.

Uit deze voorbeelden is duidelijk, dat een halfsteens muur in het belangrijkste frequentiegebied, zeg rond 500 Hz, wél te lijden heeft van het coïncidentie-effect, een dun houten paneel niet.

Bij de theorie is ondersteld, dat de muur oneindige afmetingen heeft, hetgeen niet te verwezenlijken is en gegronde twijfel doet ontstaan aan de praktische waarde van de theorie. Fig. 6, 7 en 8 tonen echter, dat het coïncidentie-effect soms duidelijk aanwezig is en de isolatie zeer ernstig kan schaden. Fig. 6 heeft betrekking op drie even zware wanden. Blijkbaar is de materiaalkeuze lang niet onverschillig [4]. Fig. 7 toont aan, dat het coïncidentie-effect naar hogere frequenties kan worden verschoven door verslapping van het paneel [5]. Fig. 8 laat zien hoe de kritieke frequentie naar lagere frequenties verschuift bij het dikker maken van het monster, terwijl de gemeten isolatie steeds meer achterblijft bij wat de massawet voorspelt (rechten a), blijkbaar als gevolg van de stijfheid [6]. Alle drie figuren onderstrepen, dat we aandacht zullen moeten besteden aan de stijfheid, die zo zal moeten worden gekozen, dat onder geen voorwaarde de kritieke frequentie bij omstreeks 500 Hz valt. Op grond van deze

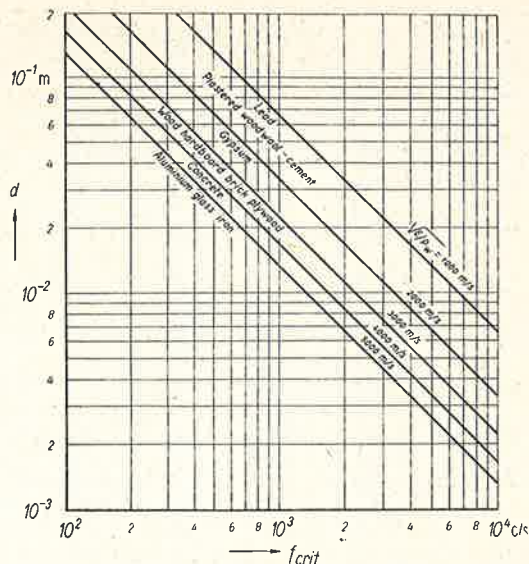


Fig. 5. De kritieke coïncidentie-frequentie als functie van de muurdikte voor materialen met verschillende eigenschappen ($\sqrt{E/p_w}$ = geluidssnelheid voor longitudinale golven in de wand).

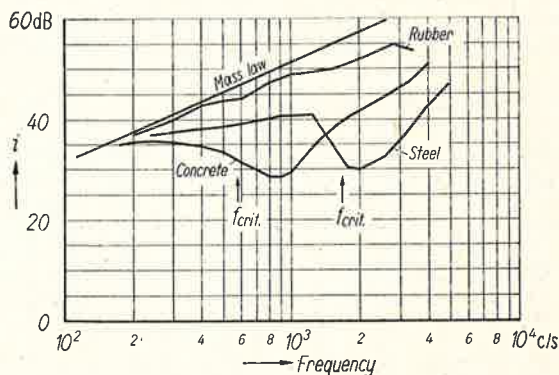


Fig. 6. Geluidsielatiekrommen van wanden met 55 kg/m^2 :

- a) theoretisch, slap
- b) 4,2 cm rubber
- c) 0,7 cm staal
- d) 2,5 cm beton

De materiaalkeuze is belangrijk, het isolatieverlies door coïncidentie overtuigend. f_{krit} = berekende waarde van de kritieke frequentie, waarboven de isolatie moet lijden door coïncidentie.

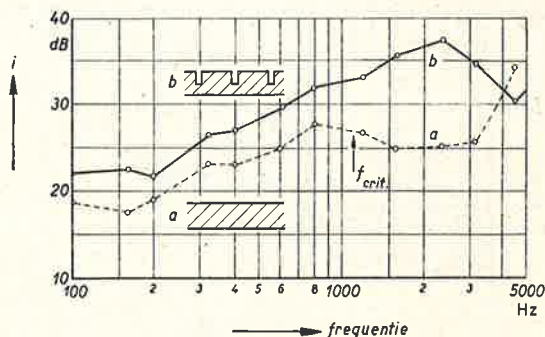


Fig. 7. a. Isolatiekromme van een multiplex-wand van 15 mm, b. Idem na inzagen van groeven; kleinere stijfheid, waardoor hogere kritieke frequentie en gunstiger isolatiegedrag.

feiten kan als betrekkelijk veilige vuistregel worden geponeerd, dat men dunne wanden zo slap mogelijk zal maken (coïncidentie naar hogere frequenties), en dat men dikke wanden zo stijf mogelijk zal maken (coïncidentie zo ver mogelijk naar lage frequenties). Dunne slappe wanden blijven echter relatief in het voordeel t.o.v. dikke stijve wanden,

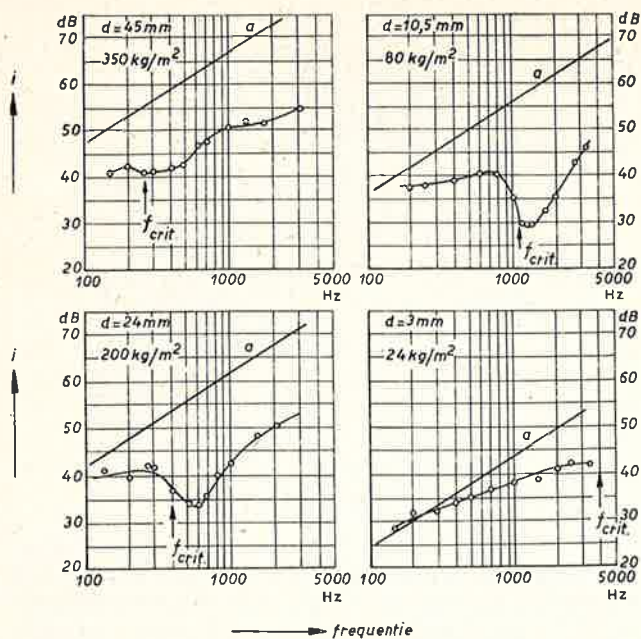


Fig. 8. De isolatiekrommen voor stalen wanden van verschillende dikte d (en massa). De gemeten en berekende (f_{crit}) kritieke frequentie verschuift naar lagere frequentie met toenemende wanddikte.

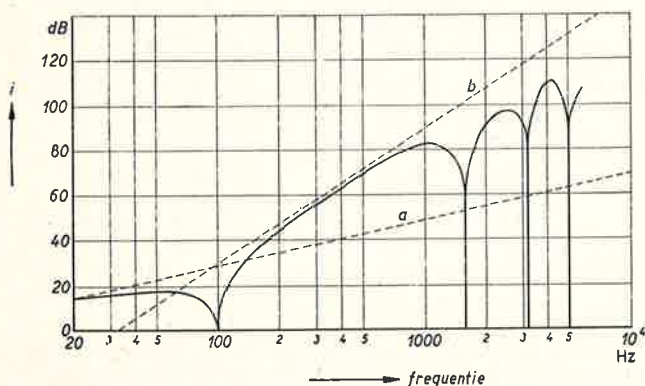


Fig. 9. Isolatiekromme (theoretisch) voor dubbele beglazing (elke ruit $7,5 \text{ kg/m}^2$, afstand 10 cm) bij loodrechte geluidinval. a) de massawet voor een enkelvoudige wand van 15 kg/m^2 . b) een eenvoudige theoretische vuistregel voor spouw-wanden.

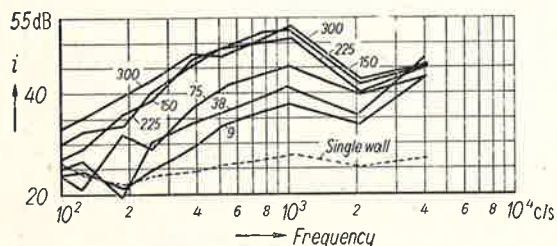


Fig. 10. Isolatiekrommen volgens London [8] voor multiplex dubbele wanden met verschillende luchtlaagdikten (in mm bij de krommen). De gemeten isolatiekromme voor de enkele wand (dus halve massa) is ter vergelijking gestippeld ingetekend.

doordat zij in 't geheel geen last hebben van isolatieverlaging door coincidentie. Hun massawerking wordt niet aangetast door de stijfheid. Nu is deze massawerking niet bijster groot als gevolg van de kleine muurdikte, zodat de isolatie van dunne wanden, hoewel relatief gunstig, in absolute zin nog vrij klein moet worden genoemd.

4. Isolatie van dubbele wanden

Een bekend middel om hogere isolatiewaarden te verkrijgen is het maken van spouwconstructies, hetgeen, speciaal bij lichte wanden, tot zeer goede resultaten leidt.

Fig. 9 toont als voorbeeld wat theoretisch de isolatie zou zijn van een spouwconstructie bestaande uit twee ruiten van elk $7,5 \text{ kg/m}^2$ op 10 cm onderlinge afstand, bij normale inval van het geluid [7]. De isolatiekromme vertoont inzinkingen, een vrij ernstige bij 100 Hz , die samen blijkt te hangen met de resonantie van de beide ruiten op de tussenliggende, zich als veer gedragende luchtlaag, en een serie inzinkingen boven 1500 Hz , die het gevolg is van het resoneren van de luchtlaag zelf (vergelijk de eigentrillingen van een „aan beide zijden gesloten orgelpijp”). Voor frequenties lager dan de eerste resonantie ($< 100 \text{ Hz}$) wordt de massawet gevolgd, is er dus geen winst behaald met de spouwconstructie (stippellijn a). Tussen 100 Hz en 1500 Hz , d.w.z. in een belangrijk frequentiegebied, verwachten we echter aanzienlijke winst, zij het niet over het gehele gebied.

Deze „grauwe” theorie is echter verre van volledig. Bij scheve inval verschuiven alle inzinkingen naar lagere frequenties, waardoor het gunstige gebied, zeg van $150 \dots 1500 \text{ Hz}$, wordt aangetast. Ook zal bij scheve inval de stijfheid van de spouwbladen (i.c. de ruiten) zich doen gevoelen en moeten we dus bedacht zijn op inzinkingen in bepaalde frequentiegebieden door coincidentie. Inhaerent aan stijfheid is inwendige wrijving, waardoor de buigingsgolven in de spouwbladen gedempt zullen zijn, iets wat voor de isolatie vrij belangrijk blijkt te zijn en niet in de eenvoudige theorie tot uitdrukking komt. Voorts zijn de afmetingen nooit oneindig groot, moeten wij dus rekenen met de inklemsijfheid, die ook inzinkingen door resonantie veroorzaakt. De theorie houdt vervolgens geen rekening met een eventuele vulling van de spouw, iets wat veelvuldig wordt gedaan ter verhoging van de isolatie. Tenslotte wordt de spouw, wederom in afwijking van de simpele spouwtheorie, vrijwel steeds overbrugd met spouwankers, latwerk, klossen e.d. Liever dan in te gaan op de theorieën, waarbij met één of meer van de juist genoemde omstandigheden wordt rekening gehouden, willen wij trachten aan de hand van voorbeelden een indruk te geven van de gevolgen. Bij alle voorbeelden wordt gewerkt met alzijds invallend geluid.

In fig. 10 zijn resultaten van London [8] aan multiplex dubbele wanden weergegeven, waaruit blijkt dat een royale luchtlaagdikte zeer voordelig is. Alle krommen vertonen een inzinking bij 2000 Hz , die verklaarbaar bleek uit coincidentie (buigstijfheid der bladen). Verdubbeling der massa zou op grond van de massawet 4 à 6 dB isolatiewinst doen verwachten. Dat de dubbele wand veel meer dan 6 dB ligt boven de enkele wand is dus de winst als gevolg van de spouwconstructie. Fig. 11 geeft een andere meetserie van London, ditmaal met constante luchtlaagdikte doch met verschillende spouwbladdikte [8].

Houtw cementplaten en houtwolmagnesiumplaten (hierna beide kortweg houtwolplaten te noemen) hebben voor vele isolatiedoeleinden gunstige eigenschappen. Zij hebben bij een geringe stijfheid een hoge massa en zijn bovendien zeer poreus (zie verderop: afpleisteren!); voorts zijn zij verre van „ideaal-elastisch”, d.w.z. hun inwendige wrijving is groot, waardoor de buigingsgolven door de platen sterk gedempt zijn. Ook in combinatie met andere materialen worden ze gebruikt. In fig. 12 is het resultaat te zien van een enkele en een dubbele wand van houtwolplaten (Gösele [9]). De dubbele wand van houtwolplaten is in Nederland ook met goed resultaat toegepast (de isolatiekromme bleek die van kromme a in fig. 12 vrijwel te dekken). Om geluidlekkers te voorkomen dienen de platen zorgvuldig afgepleisterd te worden (één zijde per

spouwblad voldoende!). Bij de dubbele wand zal men de buitenvlakken afpleisteren als men naar hoge isolatie streeft. De luchtlaagdikte wordt dan vergroot met vrijwel twee maal de spouwbladdikte, daar de poriën in de bladen zo wijd zijn, dat de lucht in het inwendige van de platen gemakkelijk bereikbaar is. Niet-afgepleisterde houtwolplaten absorberen invallend geluid (omzetten van geluidenergie in warmte). Zou men een dubbele houtwolwand maken, waarvan het ene blad uitwendig is afgepleisterd en het andere inwendig (aan de spouwzijde dus) dan zou men de volgende eigenschappen verkrijgen:

1. minder isolatie dan volgens fig. 12 als gevolg van de verkleining van de effectieve luchtlaagdikte,
2. hoge geluidabsorptie voor geluid invallend op de niet-afgepleisterde zijde (kan van belang zijn voor de acoustiek van het zendvertrek),
3. vrijwel geen absorptie van geluid invallend op de afgepleisterde zijde.

In fig. 12 is ter vergelijking als kromme *c* ingestippeld de isolatiecurve van een heelsteenswand van 450 kg/m².

Fig. 13 toont metingen van Gösele [10] aan een dubbele wand van hardboardplaten gevuld met „Fasermatten”. De coïncidentie-inzinking bij 3000 Hz is zeer duidelijk, de gemiddelde isolatie tussen 100 en 3200 Hz echter nog zeer hoog, zulks als gevolg van het feit dat de spouw zeer wijd was en de spouwbladen volkomen los van elkaar waren (geen geluidbruggen, noch via latten, noch via gemeenschappelijke inklemming).

Fig. 14 (eveneens naar Gösele) laat zien dat een dunne luchtlaag catastrofaal is voor de isolatie bij de lage frequenties (resonantie-inzinking). Ook hier is een coïncidentie-put aanwezig bij de verwachte frequentie (spouwbladstijfheid).

Fig. 15, 16 tonen instructieve resultaten van de Technisch Physische Dienst T.N.O. en T.H. De basisconstructie is in fig. 15 getekend. Twee dubbelwandige elementen werden in een houten frame *F* geplaatst, dat op zijn beurt was bevestigd in de opening tussen de twee meertuimten. Als alle spleten zorgvuldig waren gedicht, werd kromme 1 gemeten. De krommen 2 en 3 leveren het bewijs hoe noodzakelijk een grondige spleetafdichting is (zie inschrift in fig 15). Kromme 4 heeft betrekking op een niet volledig geslaagde poging de spleten tussen elementen en frame *F* af te dichten met rubberstrippen. In fig. 16 is weergegeven wat het resultaat is van verschil in constructie der elementen:

kromme 1 : 4 mm multiplex, 75 mm lucht, ledig, 4,5 kg/m²,
 kromme 2 : 6 mm multiplex, 75 mm lucht, ledig, 6,8 kg/m²,
 kromme 3 : als 2, doch met tinslakkenwolvulling, 19,5 kg/m²,
 kromme 4 : als 1, doch met houtwolverzwarend inwendig, 21,5 kg/m².

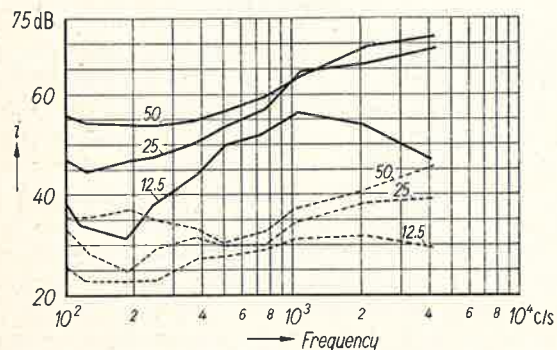


Fig. 11. Enkele (stippellijnen) en dubbele wanden van „plasterboard” van verschillende plaatdikten (in mm bij de lijnen) volgens London [8]. De dubbele wanden hebben een luchtlaag van 75 mm.

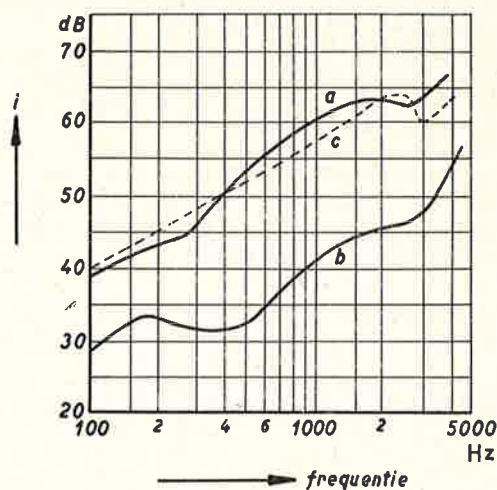
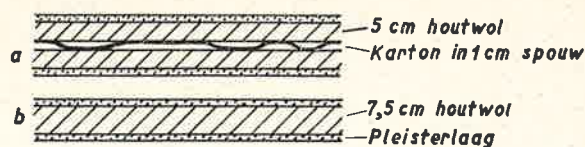


Fig. 12. Isolatiekromme voor houtwolcementconstructies:
 a) 2 platen van 5 cm dik afgepleisterd houtwolcement op 1 cm afstand,
 b) enkele wand van 7,5 cm tweezijdig afgepleisterd houtwolcement,
 c) ter vergelijking een enkelvoudige wand van 25 cm dik en 450 kg/m².

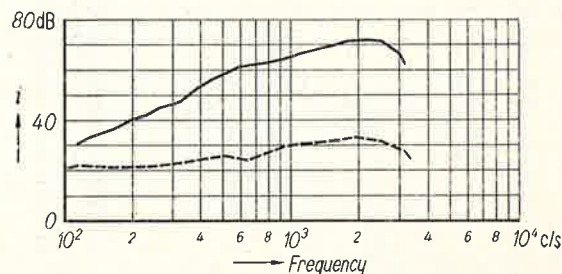


Fig. 13. Isolatiekromme van een dubbele wand van 1,1 cm dikke hardboardplaten op 15 cm afstand; in de spouw „Fasermatten”. Geen geluidbruggen, geen gemeenschappelijke inklemming. Ter vergelijking het gedrag van de half zo zware enkele wand gestippeld.

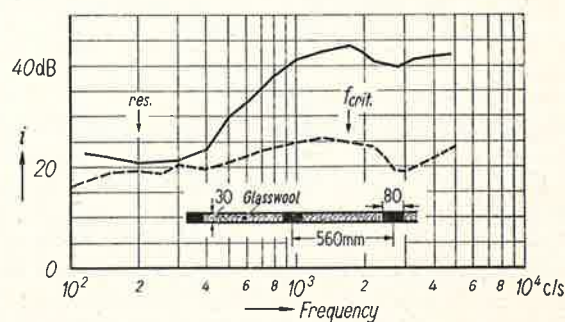


Fig. 14. Dubbele wand op latwerk: 1 cm multiplex platen op 3 cm afstand, vulling glaswol; gestippeld 1 cm multiplex enkele wand (volgens Gösele). f_{krit} = berekende kritieke frequentie, res. = berekende laagste resonantiefrequentie.

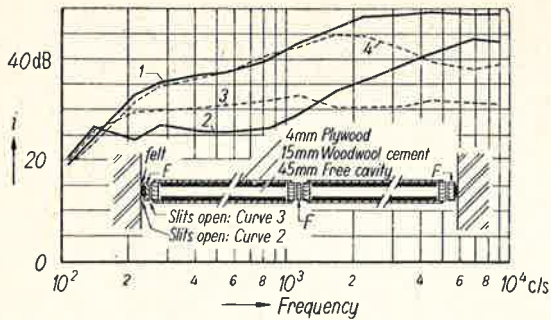


Fig. 15. Dubbele wand uit hout en houtwolcement: 1) zonder lekkende spleten, 2 en 3) met lekkende spleten, 4) als kromme 3 doch met vrijwel geheel afgedichte spleten. (Technisch Physische Dienst T.N.O. en T.H.)

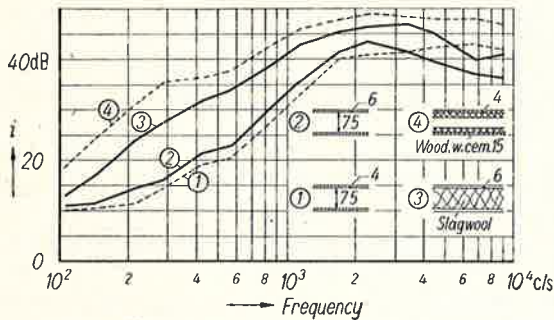


Fig. 16. Enkele variaties van de constructie van fig. 15.

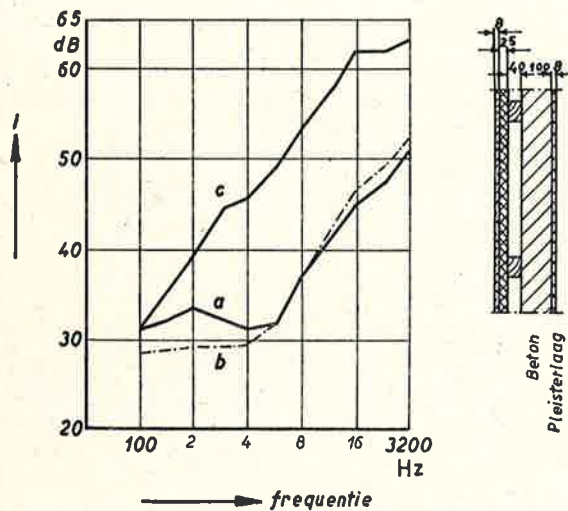


Fig. 17. a) Wand van 10 cm uit lichte betonblokken (105 kg/m^2), b) idem met 8 mm pleisterlaag, c) met houtwolcementplaat op latwerk (totaal 135 kg/m^2).

De resultaten spreken overigens voor zichzelf.

Constructies die het midden houden tussen een zware en lichte bouwwijze worden ook toegepast, en met succes. Zo toont fig. 17 de gunstige invloed op de geluidisolatie van een afgepleisterde houtwollaag, op latwerk bevestigd tegen een wand uit lichte betonblokken [11]. Men vraagt zich onwillekeurig af of de vele geluidbruggen, die door het latwerk worden gevormd, de isolatie niet aanzienlijk zullen schaden. Het antwoord is: dit zal niet het geval zijn als de beplating een geringe buigstijfheid heeft. De door de zware wand via het latwerk overgedragen trilkrachten wekken weliswaar buigingsgolven op in de beplating. Is deze „buigslap” dan zullen deze golven langzaam lopen, dus kortgolvig zijn, en geen

aanleiding geven tot het uitstralen van geluid. Dit is als het ware het omgekeerde coincidentie-effect. Luchtgolven kunnen geen kortgolfige golven opwekken in buigslappe platen. Omgekeerd: kortgolfige vrije golven in buigslappe platen kunnen de langgolfige luchtgolven niet uitstralen. Dit is in fig. 18 in beeld gebracht voor een geluidbrug door gemeenschappelijke inklemming. Een spouwconstructie met twee zware bladen heeft wel te lijden van omlopend geluid, een combinatie van een dik en een dun blad niet. Het is dan ook geen uitzondering, dat wordt gemeten dat in de praktijk een combinatie dik-dun beter isoleert dan de veel zwaardere combinatie dik-dik.

Fig. 19 geeft de isolatiecurve van een Bruynzeel houten dubbele wand van 42 kg/m^2 met een gemiddelde isolatie van $39,5 \text{ dB}$.

Uit het bovenstaande komt men er gemakkelijk, doch ten onrechte, toe te denken dat een dubbele wand de remedie is tegen gehorigheid. Daarom willen wij besluiten met enkele waarschuwingen:

- de wand moet „luchtdicht” zijn (fig. 2 en 15),
- de stijfheid der spouwbladen dient bekeken (fig. 6, 7, 8 en 18),
- de luchtlaagdikte moet niet te klein zijn (fig. 10 en 14)
- men overwege of geluidbruggen toegestaan zijn.

De lichte, enkele en dubbele wanden, die men in de praktijk ontmoet, schieten doorgaans tekort op één of meer van deze punten. Als regel kan dan ook worden gesteld, dat de bestaande wanden (op enkele uitzonderingen na) 5 à 10 dB verbeterd kunnen worden zonder noemenswaarde prijsstijging.

Bovenstaand overzicht geeft niet alle resultaten weer, die bij de Technisch Physische Dienst T.N.O. en T.H. bekend zijn. Dit is mede veroorzaakt door het vertrouwelijke karakter

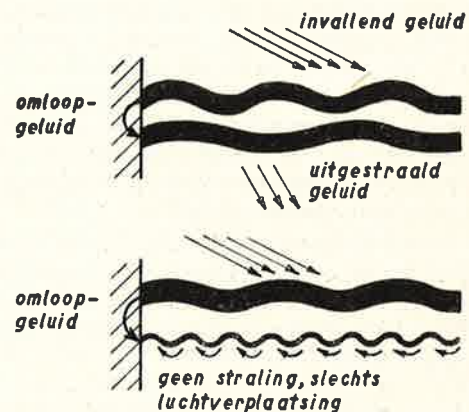


Fig. 18. Het „omgekeerde” coincidentie-effect. Geluidbruggen naar een dikke wand zijn gevaarlijker dan naar een dunne, buigslappe plaat.

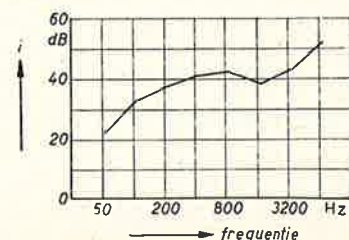


Fig. 19. Een houten Bruynzeel dubbele wand van 42 kg/m^2 met gemiddeld $39,5 \text{ dB}$ isolatie.

van sommige meetresultaten. Niettemin moge het duidelijk zijn, dat lichte constructies aantrekkelijke eigenschappen kunnen hebben, en waard zijn veelvuldiger te worden toegepast dan heden ten dage het geval is, zij het voornamelijk in die gevallen waarin slechts matige eisen aan de isolatie worden gesteld.

- [1] Forschritte und Forschungen im Bauwesen, Reihe D, Heft 2, Schallschutz, Franckh'sche Verlagshandlung Stuttgart, p. 23.
- [2] C. W. Kosten. Proc. first I.C.A.-Congress, Nederland 1953, blz. 264; ook *Acustica* 4 (1954), 264.
- [3] L. Cremer, *Akust. Z.* 7 (1942), 81.
- [4] Zie (2), p. 266.
- [5] L. Cremer en A. Eisenberg, *Bauplanung und Bautechnik* (1948), 235.
- [6] Zie [1], p. 57.
- [7] F. Ingerslev, *Akustik*, Copenhagen 1949, p. 267.
- [8] A. London, *J. acoust. Soc. Amer.* 22 (1950), 270.
- [9] Zie [1], p. 79.
- [10] Zie [1], p. 61.
- [11] Zie [1], p. 25.

Beraadslaging

B. MERKELBACH: Is in verband met het gevaar van spleetvorming te verwachten, dat houten wanden, die altijd zullen krimpen, bruikbaar zijn?

SPREKER acht het geenszins onmogelijk houten wanden te construeren, die ook lange tijd bevredigend blijven. Doeltreffende methoden om dit te bereiken zijn reeds ontwikkeld.

L. J. WIGGERS: Bestaat er verband tussen de massa van een dubbele wand en de gewenste spouwwijdte?

SPREKER: Inderdaad. Tussen de resonantiefrequentie f , de massa m en de spouwwijdte d bestaat ruw gesproken het verband

$$\pi^2 f^2 m d = \chi P_0,$$

waarin $\chi = C_p / C_v = 1,4$ voor lucht, en $P_0 =$ „barometerstand” = 10^5 newton/m². Deze formule is een bijzondere gedaante van de bekende resonantie-formule

$$\omega = 1 / \sqrt{mC}.$$

Wil men bv. $f = 50$ Hz houden, dan wordt het verband tussen m en d

$$m d = 5,6 \text{ kg/m.}$$

Een wand van 56 kg/m² zou dan 10 cm spouwwijdte dienen te bezitten.

III. Het verband tussen de geluidisolatie van vloeren en de geluidhinder ²⁾

door C. BITTER en P. VAN WEEREN

Summary: *Sound insulation in floors and its bearing upon the problem of sound nuisance.*

A study is made of the connection between the sound insulation of a number of floor types and the audibility of sounds from upstairs or downstairs neighbours, the following points being considered:

1. Assessment of different floor types on the basis of the "audibility percentage".
2. Assessment of different floor types on the basis of the sound insulation measured.
3. Connection between the "audibility percentage" and the sound insulation (average insulation as well as insulation of different sound pitches individually).

Stone floors show a lower "audibility percentage" both for impact sounds (as caused for instance by walking or by stamping of feet) and for air-borne sounds (radio and speech).

The audibility of sounds would seem to be largely determined by the insulation of the lower frequencies.

1. Inleiding

In 1950 werd in ruim 1200 etagewoningen een enquête gehouden, die tot doel had de samenhang tussen de ondervonden geluidhinder en de geluidisolatie na te gaan, teneinde voor deze laatste normen te kunnen opstellen. In dit artikel komen alleen de vloeren ter sprake.

Aan de ondervraagde personen werd gevraagd, of zij een bepaald geluid van de burens horen, en zo ja, of zij daarvan hinder, eventueel erge hinder ondervinden. Bij de tweede vraag speelt uiteraard het subjectieve element een grotere rol dan bij de eerste. Het ligt daarom voor de hand te beginnen met na te gaan, of er een verband gevonden kan worden tussen de geluidisolatie en het percentage ondervraagden, dat een bepaald geluid van de burens hoort („percentage gehoord”).

Voor „de geluidisolatie” kunnen we nemen de over het toonhoogte-gebied van 100—3200 Hz gemiddelde isolatie, of de isolatie bij de verschillende toonhoogten afzonderlijk. Uit het al dan niet vinden van het verband zal dan blijken, of de gemiddelde isolatie dan wel de isolatie bij een bepaalde toonhoogte van belang is voor het „percentage gehoord”.

Fig. 1 geeft de schetsen met een korte beschrijving van de

¹⁾ Bewerkte weergave van de inleidingen, gehouden op de gecombineerde vergadering van de Geluidstichting en het Koninklijk Instituut van Ingenieurs (Afdelingen voor Gezondheidstechniek en Technisch Wetenschappelijk Onderzoek en de Sectie voor Utiliteitsbouw) dd. 21 Mei 1954 te Utrecht. Zie voor voordrachten I en II *De Ingenieur* No. 38 van 17 September.

²⁾ Publicatie no. 48 van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O.

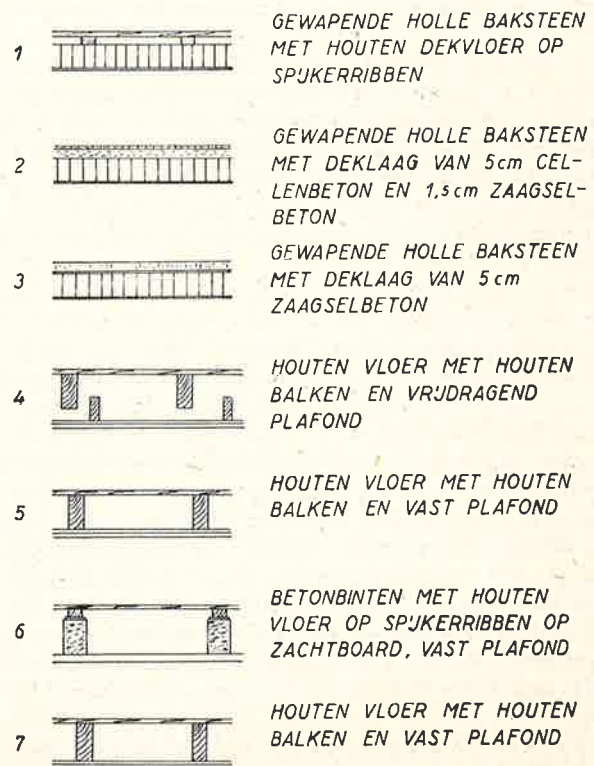


Fig. 1. Vloertypen, aanwezig in de bij de enquête betrokken woningcomplexen (1 t/m 5 in Den Haag; 6 en 7 in Rotterdam).

TABEL 1
Percentage „gehoord” voor de constructies 1 t/m 7

Constructie	Radio		Praten		Lopen	Stampen	Stofzuiger		Spelende kinderen	
	bo.b.	be.b.	bo.b.	be.b.	bo.b.	bo.b.	bo.b.	be.b.	bo.b.	be.b.
1	66.2	66.4	52.3	47.2	67.7	58.6	63.8	36.3	44.6	31.2
2	51.2	52.3	54.1	53.5	67.4	59.3	57.1	40.0	54.7	32.6
3	64.3	57.1	45.2	40.5	61.9	32.6	83.3	64.3	45.2	31.0
4	70.5	68.4	65.9	62.4	91.8	58.8	80.6	36.1	20.5	11.3
5	81.3	75.8	85.9	82.1	92.3	80.0	85.9	47.1	25.4	15.2
6	53.8	33.1	39.0	24.4	77.4	72.2	69.4	30.6	51.6	13.8
7	72.4	71.4	68.9	64.1	85.6	66.7	79.3	46.5	23.4	12.5

Toelichting: bo.b. = gehoord van bovenburen
be.b. = „ „ benedenburen

TABEL 2
Constructie-rangorden op grond van percentage „gehoord”

	Radio		Praten		Lopen	Stampen	Stofzuiger		Spelende kinderen	
	bo.b.	be.b.	bo.b.	be.b.	bo.b.	bo.b.	bo.b.	be.b.	bo.b.	be.b.
Toenemende percentages „gehoord”	2	6	6	6	3	3	2	6	4	4
	6	2	3	3	2	1	1	4	7	7
	3	3	1	1	1	4	6	1	5	6
	1	1	2	2	6	2	7	2	1	5
	4	4	4	4	7	7	4	7	3	3
	7	7	7	7	4	6	3	5	6	1
	5	5	5	5	5	5	5	3	2	2

Toelichting: bo.b. = gehoord van bovenburen
be.b. = „ „ benedenburen

verschillende vloertypen, die in de bij de enquête betrokken woningen aanwezig waren.

2. Het opstellen van een rangorde der vloertypen op grond van het „percentage gehoord”.

Uit veertien geluiden, waarover de bewoners systematisch ondervraagd werden, zijn voor de bepaling van de rangorde der vloertypen de volgende zes gekozen: radio, praten, lopen, stampen, stofzuiger en spelende kinderen. Deze keuze is gedaan, omdat aangenomen kan worden, dat deze geluiden in vrijwel elke woning worden voortgebracht, terwijl de overige acht geluiden in de verschillende huizenblokken in veel mindere mate voorkomen. Radio en praten zijn luchtgeluiden, lopen en stampen contactgeluiden, terwijl een stofzuiger en spelende kinderen zowel lucht- als contactgeluid produceren.

Voor elk van de hierboven genoemde zes geluiden is per vloertype het percentage van de ondervraagde personen; dat het betreffende geluid hoort, berekend, zowel voor de geluiden komend van de bovenburen als voor die, afkomstig van de benedenburen (resp. „percentage gehoord bo.b.” „percentage gehoord be. b.”). Voor de berekening van het „percentage gehoord bo.b.” werd als totaal aantal personen genomen het totale aantal ondervraagden per vloertype verminderd met het aantal personen van de bovenste woonlaag, daar deze geen bovenburen hebben. Om overeenkomstige redenen werd voor de berekening van het „percentage gehoord be. b.” het totale aantal personen per vloertype verminderd met het aantal van de onderste woonlaag. Hierbij zij opgemerkt, dat per woning één persoon ondervraagd werd. De op deze wijze verkregen percentages zijn verzameld in tabel 1.

Voor elk van de zes geluiden kan men nu volgens toenemende „percentages gehoord” een rangorde van de vloertypen opstellen. In tabel 2 zijn deze vermeld, waarbij aan-

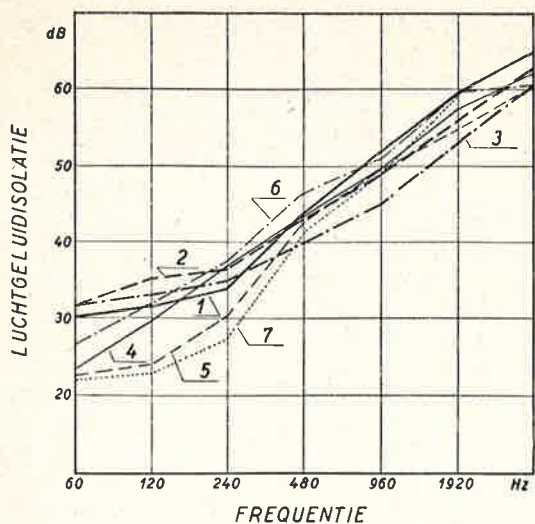
gegeven is, of ze betrekking hebben op geluiden van bovenburen of van benedenburen.

Wat de geluiden radio, praten, lopen en stampen betreft valt het op, dat de stenen vloertypen 1, 2 en 3 vóór de houten vloeren 4, 5 en 7 komen. De stenen vloeren gaan dus gepaard met een lager percentage gehoord. Voor stofzuiger is dit minder duidelijk, terwijl voor spelende kinderen juist de hou-

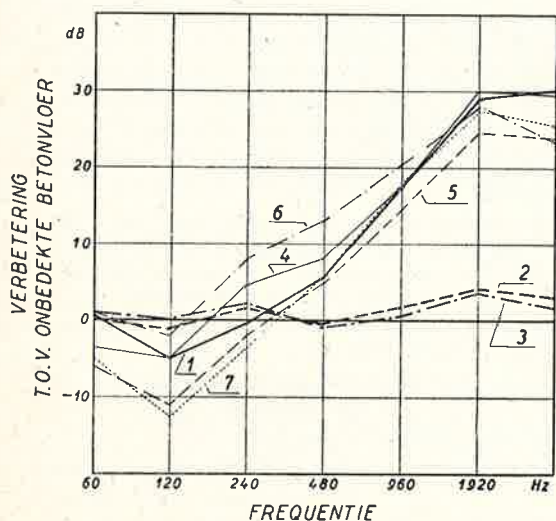
TABEL 3
Resulterende rangorden der constructies

Radio en praten (luchtgeluiden)	Radio, praten, lopen en stampen (lucht- en contactgeluiden)	Alle geluiden
Resulterende rangorde	Resulterende rangorde	Resulterende rangorde
6	3	6
3	6	1
2	2	3
1	1	2
4	4	4
7	7	7
5	5	5
W = 0,92 p < 0,01	W = 0,74 p < 0,001	W = 0,27 p < 0,02

Toelichting: De mate van overeenstemming tussen de rangorden wordt uitgedrukt in de zgn. concordantie-coëfficiënt W, op de statistische berekening waarvan niet nader ingegaan zal worden. De grootte van W geeft de mate van overeenstemming aan. Bij volkomen overeenstemming is de waarde van W = 1. De p in de tabel is een maat voor de betrouwbaarheid, de significantie, van de betreffende coëfficiënt. Zo wil b.v. p = 0,01 zeggen, dat de kans kleiner is dan 1 op 100, dat een bepaalde overeenstemming door het toeval tot stand gekomen is, terwijl er in werkelijkheid geen overeenstemming is.



Constructie 1 2 3 4 5 6 7
 Gem. isolatie in dB
 (100—3200 Hz) 46 46 43 45 42 47 42
 Fig. 2. Luchtgeluidisolatie van de vloertypen 1 t/m 7.



Constructie 1 2 3 4 5 6 7
 Gem. verbetering in dB
 (100—1600 Hz) 8 1 1 9 5 12 5
 Fig. 3. Contactgeluidisolateverbetering van de vloertypen 1 t/m 7 met vloerzeil.

ten vloeren voorop komen. Nu blijkt uit de bij de enquête gestelde vraag naar de gezinssamenstelling, dat in de woningblokken met houten vloeren (de typen 4, 5 en 7) veel minder kinderen aanwezig zijn dan in de woningen met stenen vloeren (1, 2 en 3). Hieruit is het afwijkend gedrag van de rangorde voor het geluid „spelende kinderen” te verklaren.

Vloertype 6 blijkt voor de luchtgeluiden (radio en praten) in vergelijking met de andere vloertypen het beste te voldoen; voor de contactgeluiden (lopen en stampen) ligt vloertype 6 tussen de stenen en de houten vloeren in.

Gaat men de overeenstemming van de vier rangorden voor de geluiden radio, praten, lopen en stampen (lucht- en contactgeluiden) na, dan vinden we dat deze redelijk is, terwijl de overeenstemming tussen de twee rangorden voor de geluiden radio en praten (luchtgeluiden) nog beter is. De overeenstemming tussen de rangorden voor alle zes geluiden is uiteraard op grond van de afwijkingen bij stofzuiger en spelende kinderen niet groot. In tabel 3 is de resulterende rangorde bij het op verschillende wijzen samennemen van geluid-

den vermeld, benevens de mate van overeenstemming, uitgedrukt door de zgn. concordantiecoëfficiënt W.

In de resulterende rangorden voor luchtgeluiden (radio en praten) en voor lucht- en contactgeluiden (radio, praten, lopen en stampen) komen uiteraard de stenen vloeren weer vóór de houten vloeren.

3. Het opstellen van een rangorde van vloertypen op grond van de gemeten geluidisolatie

In circa 10 procent van de bij de enquête betrokken woningen werden geluidisolatie-metingen verricht. O.a. werden de luchtgeluid- en de contactgeluidisolatie van de vloeren bepaald. De verkregen gegevens bevatten de isolatie voor de frequentiebanden van een octaaf breedte rondom 60, 120, 240 — 7680 Hz, dus de isolatie van zeer lage tot die van zeer hoge tonen (de stemtoon A ligt bij 440 Hz, de hoogste toon op de piano is ongeveer 4000 Hz).

In fig. 2 zijn de karakteristieken van de luchtgeluidisolatie van de verschillende vloertypen gegeven, terwijl fig. 3 de verbetering van de contactgeluidisolatie van de zeven vloertypen t.o.v. die van de 11 cm betonvloer van de Proefwoningen T.N.O. geeft.

Bij de lage frequenties vertoont de luchtgeluidisolatie duidelijke verschillen, bij 480 Hz en hoger zijn de verschillen ongeveer van gelijke grootte als de mogelijke fluctuaties, die bij het meten van een aantal vloeren van hetzelfde type zouden optreden (wanneer we vloer 3 buiten beschouwing laten, is de bandbreedte van de overige zes krommen kleiner dan 5 dB).

Dit leidt tot de conclusie, dat voor de luchtgeluidisolatie de verschillen alleen bij de lage frequenties voldoende groot zijn omeen eventueel verband tussen het „percentage gehoord” of de geluidhinder en de geluidisolatie te kunnen verwachten. In eerste instantie sluiten dus de bij de enquête betrokken vloertypen het vinden van een verband bij de hoge tonen uit.

Hetzelfde geldt voor de contactgeluidisolatie, daar de isolatie bij hoge tonen sterk afhankelijk is van de toevallig aanwezige vloerbedekking. Deze heeft slechts een zeer geringe invloed op de contactgeluidisolatie bij de lage tonen.

TABEL 4

Constructierangorden volgens de luchtgeluidisolatie van vloeren voor verschillende frequenties

100—3200 Hz	60 Hz	120 Hz	240 Hz	480 Hz	960 Hz	1920 Hz	3840 Hz
6	2	2	6	6	1	6	1
1	3	3	4	1	6	1	7
2	1	6	2	4	4	7	2
4	6	1	3	5	5	4	4
3	4	4	1	2	7	2	3
5	5	5	5	7	2	5	5
7	7	7	7	3	3	3	6

Constructierangorden volgens de verbetering van de contactgeluidisolatie van vloeren voor verschillende frequenties (vloerbedekking: vloerzeil)

100—1600 Hz	60 Hz	120 Hz	240 Hz	480 Hz	960 Hz	1920 Hz	3840 Hz
6	3	3	6	6	6	4	1
4	6	2	4	4	7	1	4
1	1	6	3	1	1	6	7
5	2	1	2	7	4	7	5
7	4	4	1	5	5	5	6
2	7	5	5	2	2	2	2
3	5	7	7	3	3	3	3

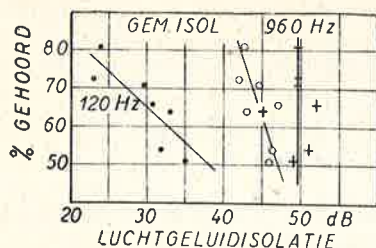


Fig. 4a. Verband tussen het percentage van de ondervraagde personen, dat de radio van de bovenburen hoort, en de luchtgeluidisolatie van de vloeren.

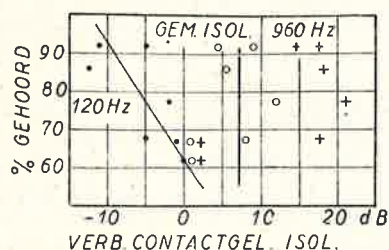


Fig. 4b. Verband tussen het percentage van de ondervraagde personen, dat lopen van de bovenburen hoort, en de contactgeluidisoliatieverbetering van de vloeren.

Dat echter de lage luchtgeluidisolatie van vloer 3 bij de hoge frequenties (zie fig. 2) niet het hoogste „percentage gehoord” ten gevolge heeft (zie tabel 1), is een aanwijzing, dat de luchtgeluidisolatie bij de hoge frequenties (480 Hz en hoger) weinig invloed heeft op het „percentage gehoord”.

In tabel 4 is de rangorde van de vloertypen gegeven, zowel op grond van de gemiddelde isolatie over 100 — 3200 Hz, resp. 100 — 1600 Hz voor de luchtgeluidisolatie resp. de contactgeluidisolatie, als op grond van de isolatie bij de verschillende frequentiebanden afzonderlijk. Uit deze tabel blijkt dat er zowel voor de lucht- als voor de contactgeluidisolatie een duidelijke scheiding is tussen stenen en houten vloeren bij 60 en 120 Hz, dus bij lage frequenties.

Bij deze frequenties valt vloertype 6, zowel wat de lucht- als wat de contactgeluidisolatie betreft, in de groep van de stenen vloeren.

4. Het verband tussen het „percentage gehoord” en de geluidisolatie

Het is vanzelfsprekend te *veronderstellen*, dat minder mensen een geluid zullen horen, als de geluidisolatie beter is. Dit geldt zowel voor de luchtgeluid- als voor de contactgeluidisolatie.

Nu kan men het „percentage gehoord” vergelijken met de *gemiddelde* isolatie, en ook met de isolatie bij de verschillende frequentiebanden afzonderlijk. In fig. 4 is het verband tussen het „percentage gehoord radio bo.b.” en de luchtgeluidisolatie, resp. het „percentage gehoord lopen bo.b.” en de contactgeluidisolatie grafisch uitgezet, en wel voor de gemiddelde isolatie en voor de frequentiebanden 120 Hz en 960 Hz. Hieruit zien we, dat in beide gevallen bij 120 Hz een verband bestaat (het „percentage gehoord” neemt af bij hogere isolatie). Tussen de gemiddelde luchtgeluidisolatie en het „percentage gehoord radio” is er sprake van een zwak verband (de door de punten getrokken lijn loopt bijna verticaal). Voor 960 Hz en voor de gemiddelde contactgeluidisolatie bestaat er geen verband.

Voor de bepaling van de numerieke waarde en de significantie van het verband kunnen we een statistische berekening uitvoeren. We bepalen hiertoe de samenhang (de zgn. correlatie) tussen de waarden van de percentages gehoord bij de verschillende vloertypen (tabel 2) en de corresponderende waarden van de luchtgeluid- resp. contactgeluidisolatie. Bij de berekening van deze percentages is het aandeel van iedere enquêtrice door weging onafhankelijk gemaakt van de soms zeer uiteenlopende aantallen personen, die iedere enquêtrice per vloertype heeft ondervraagd³⁾. We doen dit voor elk ge-

³⁾ Dat de enquêtrices in het algemeen geen belangrijke invloed hebben uitgeoefend op de beoordeling of een geluid gehoord wordt blijkt uit onderstaand staatje, waarin het gemiddeld aantal gehoorde geluiden (voor de zes geluiden radio, praten, lopen, stampen, stofzuiger en spelende kinderen) is opgegeven. Alleen enquêtrice 1 wijkt enigszins af.

Gemiddeld aantal gehoorde geluiden (van 6 geluiden)	
enquêtrice 1	3,30
„ 2	4,68
„ 3	4,83
„ 4	4,72
„ 5	4,78
„ 6	4,80

TABEL 5

Correlatie-coëfficiënten, aangevende de mate van samenhang tussen het percentage „gehoord” van bovenburen, en de lucht- resp. contactgeluidisolatie

		Significant op 0,01 punt	Significant op 0,02 punt	Significant op 0,05 punt	Niet significant 0,10 punt
Radio	60 Hz	-0,877			-0,708
	120 Hz				-0,739
	240 Hz				-0,724
Praten	60 Hz			-0,824	-0,691
	120 Hz				
	240 Hz				
Lopen	60 Hz		-0,869		-0,697
	120 Hz				-0,134
	240 Hz				

Toelichting: De correlatie-coëfficiënt geeft aan de mate van samenhang tussen twee groepen waarnemingen. Als bij het toenemen van de ene grootte de andere ook groter wordt, spreekt men van een positieve correlatie; indien echter bij het toenemen van de ene grootte de andere kleiner wordt, noemt men de correlatie negatief. Waar men in ons geval kan verwachten, dat bij een betere geluidisolatie minder mensen iets horen, zal dit dus door een *negatieve* correlatie aangegeven worden. Ook hier is weer de betrouwbaarheid van de correlatie-

coëfficiënten van belang. Als een correlatie b.v. significant is op het 2%-punt, wil dit zeggen, dat er een kans van 2 op 100 is, dat een dergelijke of hogere correlatie-coëfficiënt door het toeval tot stand gekomen is, terwijl er in werkelijkheid geen verband is tussen de isolatie en het „percentage gehoord”. Men pleegt een correlatie-coëfficiënt als betekenis hebbend te aanvaarden, wanneer de kans, dat dit zuiver een toevalsresultaat is, kleiner is dan 5 op 100, hetgeen ook als grens aangenomen werd bij de reeds eerder genoemde concordantie-coëfficiënten.

luid, waarbij achtereenvolgens de gemiddelde isolatie en die bij de verschillende frequentiebanden genomen worden. In tabel 5 zijn de op deze wijze berekende correlatie-coëfficiënten gegeven.

Noch bij de gemiddelde isolatie, noch bij frequenties van 480 Hz en hoger bestaat er een significante correlatie, zoals te verwachten was na hetgeen opgemerkt werd bij de bespreking van de figuren 2 en 3. Voor 240 Hz bestaat er waarschijnlijk een zwak verband. Voor de luchtgeluidisolatie is de samenhang het grootst bij de frequentieband rondom 120 Hz, voor de contactgeluidisolatie bij die rondom 60 Hz.

Hieruit volgt dus, dat de isolatie bij de lage frequenties van invloed is op het gehoord worden van de geluiden.

Een dergelijke conclusie kan niet zonder meer uit de isolatiekarakteristiek op zichzelf afgeleid worden. Behalve de geringere isolatie bij de lage dan bij de hoge tonen zijn nl. ook de volgende factoren van invloed: de hoogte van het geluidniveau bij de verschillende frequenties in de ruimte, van waaruit het geluid afkomstig is; de oorgevoeligheid; en het maskeringseffect.

Bij de enquête werd o.a. de vraag gesteld: „Vindt U dit geluid hoog of laag?” Zowel voor de geluiden praten als radio is het aantal personen, dat deze geluiden laag vindt, ongeveer twee maal zo groot als het aantal, dat deze geluiden hoog vindt. Bij lopen b.v. is deze verhouding zelfs 4:1.

Het voorgaande is dus niet in tegenspraak met de uitkomst, dat de isolatie bij de lage tonen voornamelijk bepalend is voor het al dan niet gehoord worden van de verschillende geluiden. Het verdient echter aanbeveling deze resultaten nog met enige voorzichtigheid te hanteren.

5. Het verband tussen het percentage hinderlijk en de geluidisolatie

Er zijn nog geen berekeningen uitgevoerd betreffende het verband tussen de geluidisolatie en het percentage der ondervraagden, dat een bepaald geluid van de burens hinderlijk vindt (het „percentage hinderlijk”), om te zien, of ook nu de isolatie bij de lage frequenties het belangrijkste is. Hier moet nagegaan worden, of de enquêtrices mogelijk invloed uitgeoefend hebben op de ondervraagden omtrent het al dan niet hinderlijk vinden van de geluiden.

Dit werd nl. geconstateerd bij een andere bewerking, die werd gevolgd om tot een rangorde van de verschillende vloertypen te komen. Hierbij werd voor iedere ondervraagde (één per woning) een zgn. hinderindex opgesteld, gebaseerd op het „hinderlijk” of „erg hinderlijk” vinden van de geluiden. Na ampele overwegingen werd besloten „erg hinderlijk” equivalent te stellen met twee maal „hinderlijk”. Indien een

ondervraagde b.v. hinder ondervindt van twee geluiden, krijgt hij de hinderindex 2. Deze kan hij ook krijgen, wanneer hij van slechts één geluid erge hinder ondervindt. Zo kan hinderindex 4 betekenen: erge hinder van twee geluiden, of erge hinder van één geluid plus hinder van twee geluiden, of hinder van vier geluiden.

Voor alle ondervraagden werden op deze wijze de hinderindices vastgesteld, en wel betrokken op dezelfde zes geluiden als bij het „percentage gehoord”, t.w. radio, praten, lopen, stampen, stofzuiger en spelende kinderen.

Op grond van deze hinderindices zou men de vloertypen onderling kunnen vergelijken (men kan bv. de gemiddelde hinderindex per type nemen; ook zijn nog andere methoden mogelijk).

De verdeling van de hinderindices voor de verschillende enquêtrices bleek echter sterk uiteen te lopen. Zo had b.v. één enquêtrice als resultaat, dat $\frac{1}{3}$ van de door haar ondervraagde personen een hinderindex 0 had, terwijl bij de ondervraagden van een andere enquêtrice de hinderindex 0 in het geheel niet voorkwam. Hier blijkt dus, dat de enquêtrices een belangrijke invloed hebben gehad op het beoordelen van de hinderlijkheid der geluiden door de ondervraagde personen.

Uit de rangorde van de vloertypen gebaseerd op de hinderindices bleken de stenen vloeren toch ook als groep beter te voldoen dan de houten vloeren als groep, zoals eveneens bij het opstellen van een rangorde op grond van het „percentage gehoord” gevonden werd.

Het beter voldoen van de stenen vloeren ligt dus duidelijk vast.

Beraadslaging

Dr P. SPAANDER, Pharmaceutisch Inspecteur van de Volksgezondheid, Den Haag: Heeft de inleider bij de enquête ook rekening gehouden met de vloerbedekking?

INLEIDER: Bij de enquête werd gevraagd naar de vloerbedekking in de woonkamer, de keuken en de gang of hal. Er werd gevraagd naar de vloerbedekking van het totale oppervlak en naar de plaatselijke, extra bedekking. Voor een systematische verwerking van de gegevens omtrent de vloerbedekking met betrekking tot de geluidhinder ontbrak tot nu toe de tijd. Het ligt wel in het voornemen hier in de toekomst aandacht aan te schenken.

Op de luchtgeluidisolatie heeft een vloerbedekking vrijwel geen invloed, op de contactgeluidisolatie kan de invloed, vooral bij de hoge frequenties, belangrijk zijn. De in fig. 3 opgegeven waarden gelden voor de vloeren, wanneer zij bedekt zijn met vloerzeil.

IV. Het ontwerp normblad V1070: Geluidwering in woningen

door W. P. VAN LEENING

Summary: *The tentative Dutch standard V 1070: Sound insulation in dwellings.*

A general review is given of this recently published performance standard. After a justification of performance standards as such, and a discussion of the difficulties encountered in making results of acoustical research accessible to non-specialized building technicians, the contents of the standard are given in concise form. A novelty is the introduction of acoustical performance numbers P, being a classification of acoustical properties without direct quantitative relationship to air-borne and structure-borne sound transmission expressed in dB. The performance numbers will group together all constructions that are acoustically equivalent for normal purposes. Figures 2 and 3 give some examples of floor constructions, of which the numbers 8 and 9 will generally have to be considered unsatisfactory for use between apartments: numbers 10, 16 and 17 are acceptable, and number 15 and 18 are good floors for that purpose.

1. Functionele kwaliteitsnormen

In het bouwen heeft traditie en overlevering steeds een grote rol gespeeld. De ervaring, dat gebouwen van bepaalde constructie bevredigende gebruikresultaten opleverden, was aanleiding dat opvolgende geslachten nagenoeg dezelfde constructies toepasten. In de loop van de tijd was daarbij uiteraard, onder invloed van een streven naar kostenbeperking of van veranderende architectuuropvattingen, wel een evolutie waar te nemen. Deze evolutie bleef echter bepaald ten achter bij die van de wetenschap, die steeds beter de mogelijkheid ging bieden om de constructies aan te passen aan omstandigheden en gebruikseisen.

De bepalende factoren veranderen met de tijd, zodat, ook al zou een bepaalde constructie voorheen optimaal doeltreffend zijn geweest (wat soms zeker aan twijfel onderhevig is), thans een wetenschappelijke analyse belangrijke resultaten kan opleveren. Teneinde deze nu voor de bouwpraktijk bruikbaar te doen zijn, dienen zij te worden gegoten in de vorm van bouwvoorschriften, die telkens op een bepaald kwaliteitsaspect zijn gericht en als functionele kwaliteitsnormen kunnen worden betiteld. Vanzelfsprekend moeten dergelijke normen van tijd tot tijd aan nieuwe omstandigheden en inzichten worden getoetst en zo nodig herzien.

Het hier bedoelde werk is het eerst aangevat voor de problemen van sterkte en stijfheid; daarop hadden aanvankelijk acht normbladen betrekking, die nu zijn herzien en omgewerkt tot het normboekje N1055. Na de tweede wereldoorlog kreeg de Stichting Ratiobouw vele nieuwe d.w.z. niet-traditionele bouwsystemen en -constructies ter beoordeling voorgelegd, waarbij ook ten aanzien van thermische en acoustische eigenschappen niet op ervaring kon worden gesteund.

Dit leidde tot versterkte behoefte aan normen voor de genoemde kwaliteitsfactoren en tot het initiatief een aantal normalisatiecommissies in het leven te roepen. Daardoor konden als vrucht van samenwerking der beste deskundigen, zo

goed mogelijke beoordelingsmaatstaven worden ontwikkeld.

Een dezer Commissies, aangeduid als F3, stelde het normboekje V1070 op, dat betrekking heeft op geluidwering in woningen, en dat in het volgende nader wordt behandeld.

2. Fundamentele overwegingen

Allereerst moest aandacht worden besteed aan het in de norm als minimum te omschrijven acoustische *kwaliteitspeil*. Hierin schuilt uiteraard een subjectief element. Betere geluidwering kost gewoonlijk geld, vooralsnog zonder dat daar *aantoonbare* economische of andere winst tegenover staat. Voortgezette research zal, naar het zich laat aanzien, wel een quantitative waardering van de winstposten mogelijk maken, doch voorlopig moet men zich behelpen met het algemene inzicht, dat geluidhinder een maatschappelijk kwaad vormt, waartegen moet worden opgetreden. Hoeveel financiële offers men zich daartoe wil of moet getroosten, is een vraag die o.m. van locale factoren afhangt. De Commissie F3 heeft daarom gemeend drie verschillende acoustische kwaliteitsklassen te moeten omschrijven, waaruit degenen die bindende voorschriften opstellen (gewoonlijk de Gemeentelijke Overheid in haar bouwverordening) een keuze kunnen doen. Het mag hier nog wel even worden opgemerkt, dat een norm als zodanig slechts handleiding, richtlijn is en geen juridische kracht bezit.

Ook *begripsmoeilijkheden* eisten ernstige overweging. De geluidwering wordt bepaald zowel door luchtgeluidisolatie als door contactgeluidtransmissie. Beide begrippen worden uitgedrukt in voor de niet-specialist moeilijk te hanteren en te interpreteren curven, die een aantal decibels geven in afhankelijkheid van de frequentie (toonhoogte) van het geluid, terwijl de praktijkgeluiden een groot aantal frequenties met variërende energie bevatten.

Het logarithmische karakter van de decibel als eenheid en de menselijke gehooreigenschappen leiden er verder toe, ook al wordt een isolatie- of transmissiecurve in één getal (aantal dB) samengevat, dat gemakkelijk misvattingen ontstaan. De

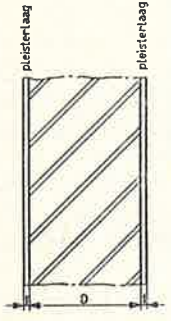
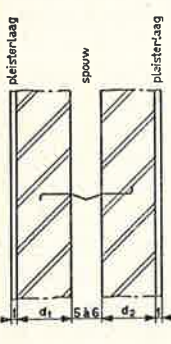
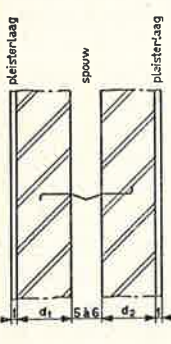
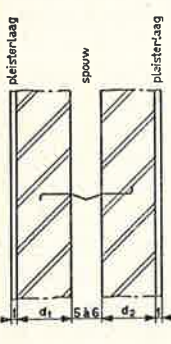
¹⁾ Zie voor de voordrachten I en II *De Ingenieur* No. 38 en III No. 41 van 17 September en 8 October 1954.

TABEL 1

Scheidingsconstructies tussen	Minimale prestatienummers P, behorende bij kwaliteitsklassen															
	a. Goed				ab. Tussenklasse								b. Matig			
	vloeren en wanden (muren)				vloeren				wanden (muren)				vloeren en wanden (muren)			
enerzijds → anderzijds ↓	w.r.	s.r.	n.r.	o.r.	w.r.	s.r.	n.r.	o.r.	w.r.	s.r.	n.r.	o.r.	w.r.	s.r.	n.r.	o.r.
Woonruimte	11	11	11	9	11	11	11	9	10	10	10	8	10	10	10	8
Slaapruiimte	11	10	11	9	11	10	11	9	10	9	10	8	10	9	10	8
Nevenruimte	11	11	10	8	11	11	10	8	10	10	9	7	10	10	9	7
Ondergeschikte ruimte	9	9	8	—	9	9	8	—	8	8	7	—	8	8	7	—

w.r. = woonruimte
s.r. = slaapruiimte
n.r. = nevenruimte
o.r. = ondergeschikte ruimte

(Overgenomen uit V 1070, Geluidwering in Woningen)

Nr	PRESTATIENUMMERS MUREN	P																																																																																																												
1	 <p>Muur van metselwerk of beton, aan weerszijden voorzien van pleisterlaag ter dikte van 1 cm. is afhankelijk van dikte en soortelijke massa, zie onderstaande tabel. De massa per m² van de beide pleisterlagen tezamen is gesteld op 35 kg/m².</p>	<p>D in cm ↓</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Soortelijke massa ρ van het metselwerk of van het beton in kg/m³ (excl. pleisterlagen)</th> <th>Totale massa per m² van de wand (muur) in kg/m²</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>600 tot 1100</td> <td>65 tot 90</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>1100 tot 1800</td> <td>90 tot 125</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>1800 ...</td> <td>125 ...</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>790 tot 1300</td> <td>90 tot 125</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>1300 tot 2100</td> <td>125 tot 180</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>2100 ...</td> <td>180 ...</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>610 tot 1000</td> <td>90 tot 125</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>1000 tot 1610</td> <td>125 tot 180</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>1610 ...</td> <td>180 ...</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>860 tot 1380</td> <td>125 tot 180</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>1380 tot 2050</td> <td>180 tot 250</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>2050 ...</td> <td>250 ...</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>880 tot 1300</td> <td>180 tot 250</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>1300 tot 1970</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1970 ...</td> <td>360 ...</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td rowspan="10">2</td> <td rowspan="10">  <p>Spouwmuur met ankers gelijk te stellen aan massieve muur nr 1, waarbij $D = d_1 + d_2 + 0,5$. Zie bovenstaande tabel.</p> </td> <td rowspan="10"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Soortelijke massa ρ van het metselwerk of van het beton in kg/m³ (excl. pleisterlagen)</th> <th>Totale massa per m² van de wand (muur) in kg/m²</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>760 tot 1120</td> <td>180 tot 250</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>1120 tot 1700</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1700 ...</td> <td>360 ...</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1000 tot 1510</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1510 tot 2160</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2160 ...</td> <td>500 ...</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>810 tot 1230</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1230 tot 1750</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1750 ...</td> <td>500 ...</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>1110 tot 1600</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1600 tot 2350</td> <td>500 tot 720</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>2350 ...</td> <td>720 ...</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>1000 tot 1430</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1430 tot 2110</td> <td>500 tot 720</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>2110 ...</td> <td>720 ...</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>1070 tot 1580</td> <td>500 tot 720</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>1580 tot 2210</td> <td>720 tot 1000</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>2210 ...</td> <td>1000 ...</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody> </table>	Soortelijke massa ρ van het metselwerk of van het beton in kg/m ³ (excl. pleisterlagen)	Totale massa per m ² van de wand (muur) in kg/m ²	P	600 tot 1100	65 tot 90	5	1100 tot 1800	90 tot 125	6	1800 ...	125 ...	7	790 tot 1300	90 tot 125	6	1300 tot 2100	125 tot 180	7	2100 ...	180 ...	8	610 tot 1000	90 tot 125	6	1000 tot 1610	125 tot 180	7	1610 ...	180 ...	8	860 tot 1380	125 tot 180	7	1380 tot 2050	180 tot 250	8	2050 ...	250 ...	9	880 tot 1300	180 tot 250	8	1300 tot 1970	250 tot 360	9	1970 ...	360 ...	10	2	 <p>Spouwmuur met ankers gelijk te stellen aan massieve muur nr 1, waarbij $D = d_1 + d_2 + 0,5$. Zie bovenstaande tabel.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Soortelijke massa ρ van het metselwerk of van het beton in kg/m³ (excl. pleisterlagen)</th> <th>Totale massa per m² van de wand (muur) in kg/m²</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>760 tot 1120</td> <td>180 tot 250</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>1120 tot 1700</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1700 ...</td> <td>360 ...</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1000 tot 1510</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1510 tot 2160</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2160 ...</td> <td>500 ...</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>810 tot 1230</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1230 tot 1750</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1750 ...</td> <td>500 ...</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>1110 tot 1600</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1600 tot 2350</td> <td>500 tot 720</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>2350 ...</td> <td>720 ...</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>1000 tot 1430</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1430 tot 2110</td> <td>500 tot 720</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>2110 ...</td> <td>720 ...</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>1070 tot 1580</td> <td>500 tot 720</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>1580 tot 2210</td> <td>720 tot 1000</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>2210 ...</td> <td>1000 ...</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>	Soortelijke massa ρ van het metselwerk of van het beton in kg/m ³ (excl. pleisterlagen)	Totale massa per m ² van de wand (muur) in kg/m ²	P	760 tot 1120	180 tot 250	8	1120 tot 1700	250 tot 360	9	1700 ...	360 ...	10	1000 tot 1510	250 tot 360	9	1510 tot 2160	360 tot 500	10	2160 ...	500 ...	11	810 tot 1230	250 tot 360	9	1230 tot 1750	360 tot 500	10	1750 ...	500 ...	11	1110 tot 1600	360 tot 500	10	1600 tot 2350	500 tot 720	11	2350 ...	720 ...	12	1000 tot 1430	360 tot 500	10	1430 tot 2110	500 tot 720	11	2110 ...	720 ...	12	1070 tot 1580	500 tot 720	11	1580 tot 2210	720 tot 1000	12	2210 ...	1000 ...	13
			Soortelijke massa ρ van het metselwerk of van het beton in kg/m ³ (excl. pleisterlagen)	Totale massa per m ² van de wand (muur) in kg/m ²	P																																																																																																									
			600 tot 1100	65 tot 90	5																																																																																																									
			1100 tot 1800	90 tot 125	6																																																																																																									
			1800 ...	125 ...	7																																																																																																									
			790 tot 1300	90 tot 125	6																																																																																																									
			1300 tot 2100	125 tot 180	7																																																																																																									
			2100 ...	180 ...	8																																																																																																									
			610 tot 1000	90 tot 125	6																																																																																																									
			1000 tot 1610	125 tot 180	7																																																																																																									
1610 ...	180 ...	8																																																																																																												
860 tot 1380	125 tot 180	7																																																																																																												
1380 tot 2050	180 tot 250	8																																																																																																												
2050 ...	250 ...	9																																																																																																												
880 tot 1300	180 tot 250	8																																																																																																												
1300 tot 1970	250 tot 360	9																																																																																																												
1970 ...	360 ...	10																																																																																																												
2	 <p>Spouwmuur met ankers gelijk te stellen aan massieve muur nr 1, waarbij $D = d_1 + d_2 + 0,5$. Zie bovenstaande tabel.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Soortelijke massa ρ van het metselwerk of van het beton in kg/m³ (excl. pleisterlagen)</th> <th>Totale massa per m² van de wand (muur) in kg/m²</th> <th>P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>760 tot 1120</td> <td>180 tot 250</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>1120 tot 1700</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1700 ...</td> <td>360 ...</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1000 tot 1510</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1510 tot 2160</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2160 ...</td> <td>500 ...</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>810 tot 1230</td> <td>250 tot 360</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1230 tot 1750</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1750 ...</td> <td>500 ...</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>1110 tot 1600</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1600 tot 2350</td> <td>500 tot 720</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>2350 ...</td> <td>720 ...</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>1000 tot 1430</td> <td>360 tot 500</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>1430 tot 2110</td> <td>500 tot 720</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>2110 ...</td> <td>720 ...</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>1070 tot 1580</td> <td>500 tot 720</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>1580 tot 2210</td> <td>720 tot 1000</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>2210 ...</td> <td>1000 ...</td> <td>13</td> </tr> </tbody> </table>	Soortelijke massa ρ van het metselwerk of van het beton in kg/m ³ (excl. pleisterlagen)	Totale massa per m ² van de wand (muur) in kg/m ²	P	760 tot 1120	180 tot 250	8	1120 tot 1700	250 tot 360	9	1700 ...	360 ...	10	1000 tot 1510	250 tot 360	9	1510 tot 2160	360 tot 500	10	2160 ...	500 ...	11	810 tot 1230	250 tot 360	9	1230 tot 1750	360 tot 500	10	1750 ...	500 ...	11	1110 tot 1600	360 tot 500	10	1600 tot 2350	500 tot 720	11	2350 ...	720 ...	12	1000 tot 1430	360 tot 500	10	1430 tot 2110	500 tot 720	11	2110 ...	720 ...	12	1070 tot 1580	500 tot 720	11	1580 tot 2210	720 tot 1000	12	2210 ...	1000 ...	13																																																			
			Soortelijke massa ρ van het metselwerk of van het beton in kg/m ³ (excl. pleisterlagen)	Totale massa per m ² van de wand (muur) in kg/m ²	P																																																																																																									
			760 tot 1120	180 tot 250	8																																																																																																									
			1120 tot 1700	250 tot 360	9																																																																																																									
			1700 ...	360 ...	10																																																																																																									
			1000 tot 1510	250 tot 360	9																																																																																																									
			1510 tot 2160	360 tot 500	10																																																																																																									
			2160 ...	500 ...	11																																																																																																									
			810 tot 1230	250 tot 360	9																																																																																																									
			1230 tot 1750	360 tot 500	10																																																																																																									
1750 ...	500 ...	11																																																																																																												
1110 tot 1600	360 tot 500	10																																																																																																												
1600 tot 2350	500 tot 720	11																																																																																																												
2350 ...	720 ...	12																																																																																																												
1000 tot 1430	360 tot 500	10																																																																																																												
1430 tot 2110	500 tot 720	11																																																																																																												
2110 ...	720 ...	12																																																																																																												
1070 tot 1580	500 tot 720	11																																																																																																												
1580 tot 2210	720 tot 1000	12																																																																																																												
2210 ...	1000 ...	13																																																																																																												

Alle maten zijn vermeld in cm

Fig. 1.

veel gehoorde uitspraak b.v. dat 55 dB slechts 10% beter zou zijn dan 50 dB, is uiteraard apert onjuist.

Ten gerieve nu van al degenen die zich in deze problematiek niet te veel kunnen of willen verdiepen, maar in de praktijk van het bouwen toch wel degelijk met geluidwering te maken hebben, zijn door de Commissie F3 de prestatienummers ingevoerd. Deze karakteriseren de geluidweringseigenschappen van de verschillende constructies in die zin dat een hoger prestatienummer duidt op een betere geluidwering, echter zonder de pretentie deze verbetering evenredig of zelfs maar quantitatief weer te geven. Zij moeten worden gezien als een indeling in groepen van verschillende constructies, die in acoustisch opzicht, zowel t.a.v. luchtgeluid als van

contactgeluid, in de praktijk ongeveer gelijkwaardig zijn te beschouwen (zie figuren 1, 2 en 3).

Bij het stellen van eisen ten aanzien van de geluidwering door scheidingsconstructies moet ook rekening worden gehouden met de bestemming van de aan weerszijden gelegen vertrekken. Het maakt verschil of die vertrekken tot dezelfde dan wel tot verschillende woningen behoren en of de behoefte aan rust en de kans op lawaai productie groot of klein is.

In dit verband onderscheidt de norm V1070 vier categorieën van vertrekken.

Indien een aanmerkelijke geluidproductie kan optreden, doch tevens — op andere tijdstippen — de behoefte aan bescherming tegen geluidhinder groot is, wordt het betreffende vertrek gerangschikt onder de groep *woonruimten*, waartoe behalve hoofd- en tweede woonvertrekken ook woonkeukens behoren. Als *slaapruiimten* worden aangemerkt die vertrekken waar de kans op lawaai productie gering doch de behoefte aan rust groot is. Behalve de eigenlijke slaapkamers behoren b.v. ook studeer- en werkkamers tot deze groep. In het omgekeerde geval — grote kans op lawaai, weinig behoefte aan rust — spreekt men van *nevenruimten*. Deze categorie omvat het deel van de woning waar het verkeer en een groot deel van de huishoudelijke werkzaamheden plaats vinden, alsmede de sanitaire ruimten, dus o.m. gangen, trappen, keukens en badkamers. Is tenslotte noch de lawaai productie noch de behoefte aan rust van betekenis, dan zijn *ondergeschikte ruimten* in het geding; tot deze groep behoren kasten, bergkelders, bergzolders e.d.

3. Korte weergave van de inhoud van V1070

Het kernpunt van de norm is de eisentabel B2a uit V1070, weergegeven in tabel 1. Deze geldt uitsluitend voor scheidingsconstructies tussen ruimten behorende tot verschillende woningen en geeft aan, welke prestatienummers alle scheidingsconstructies tussen twee woningen ten minste moeten hebben om die woningen tot een bepaalde acoustische kwaliteitsklasse te mogen rekenen. Dat deze prestatienummers mede afhangen van de bestemming der ruimten is in het voorgaande reeds vermeld; nu kan worden gepreciseerd, dat indien de scheiding tussen twee slaapruiimten of tussen twee nevenruimten in het geding is, het prestatienummer één lager mag zijn dan indien aan de ene zijde lawaai kan optreden en aan de andere zijde toch rust nodig is, zoals tussen twee woonruimten of wanneer twee ruimten met verschillende bestemming (woon-, slaap- of nevenruimte) worden gescheiden. Grenst een ondergeschikte ruimte aan de scheiding, dan is het prestatienummer van weinig betekenis; de minima zijn zo goed mogelijk in harmonie met de rest van de tabel gekozen.

Nr	PRESTATIENUMMERS VAN VLOEREN	P
8		8
9		9
10		10

Alle maten zijn vermeld in cm

Fig. 2.

Ten aanzien van het peil der verschillende klassen zij vermeld, dat klasse *b* („Matig”) ongeveer overeenkomt met traditioneel bouwen, althans wat de muren betreft. Eénsteens baksteenmuur b.v. heeft het prestatienummer 10. Om de vloeren tussen etagewoningen binnen klasse *b* te aanvaarden zijn echter ten opzichte van de houten balkenvloer met vast plafond al verbeteringen nodig, zulks gebaseerd op het feit dat de geluidwering van die vloeren zonder twijfel onvoldoende is. Zelfs indien aan de eisen voor klasse *b* wordt voldaan (hoe, zal later blijken) blijven de etagevloeren het zwakke punt en dat motiveert de invoering van klasse *ab* („Tussenklasse”), die voor muren gelijk is aan *b*, doch voor vloeren een stap hoger gaat op de ladder der prestatienummers. De Commissie F3 meende echter de kwaliteit pas „goed” te mogen noemen (klasse *a*) indien ook de muren een stap worden verbeterd.

De in het voorgaande besproken tabel zou uiteraard weinig betekenis hebben, indien de norm geen aanwijzingen bevatte om het prestatienummer van een bepaalde constructie te bepalen. Eigenlijk zou in de voorgaande zin moeten staan „van een bepaalde constructie, in een bepaald geval”, want behalve de scheidingsmuur tussen twee naast elkaar gelegen vertrekken bepalen de aansluitende muren en vloeren (en zelfs enigermate de grootte van de vertrekken) mede, hoe de geluidwering tussen die ruimten uitvalt. Bovendien kunnen uitvoeringsfouten, scheuren en lekken een belangrijke invloed uitoefenen. Voor een norm gaat deze differentiatie natuurlijk veel te ver en V1070 moest zich derhalve bepalen tot voor de normale woningbouw karakteristieke omstandigheden, hetgeen blijkens de ervaring zonder bezwaar mogelijk was. Wel werd echter een uitdrukkelijke waarschuwing opgenomen

Nr	PRESTATIENUMMERS VAN VLOEREN <i>Vervolg</i>	P
15		11
16		10
17		10
18		13

Alle maten zijn vermeld in cm

Fig. 3.

voor gevallen waar duidelijk afwijkende omstandigheden heersen of bepaalde uitvoerings- of constructiefouten aanwijsbaar zijn.

De norm geeft nu drie methoden om tot het prestatienummer *P* te geraken. In de eerste plaats zijn voor een aantal gangbare constructies schetsen, beschrijvingen en bijbehorende waarden van *P* opgenomen. Voorbeelden zijn weergegeven in de figuren 1, 2 en 3 (blz. 17, 19 en 21 van V1070). Ten aanzien van de vloeren blijkt hier, dat constructies nr 8 en 9 voor etagevloeren in klasse *b* onaanvaardbaar zijn; constructies 10, 16 en 17 voldoen juist, de nummers 15 en 18 voldoen ruimschoots en zijn ook in de klassen *ab* en *a* bruikbaar. Uit fig. 1 is af te leiden dat bij massieve muren het prestatienummer volgt uit de massa per m², en ook dat spouwen in een constructie, voor zover het onvolkomen spouwen zijn (overbrugd door ankers of andere koppelingen), geacht worden geen verbetering in de geluidwering te geven.

Het verband tussen geluidwering en massa per m² van de constructie levert de tweede manier om het prestatienummer van een bepaalde constructie te leren kennen. In tabel 2 is tabel C2a uit de norm weergegeven. Met behulp hiervan kan voor een groot aantal constructies, die in de voorafgaande paragraaf van de norm niet zijn opgenomen, het prestatienummer uit de massa per oppervlakte-eenheid worden afgeleid. Eigenlijk kunnen alle niet apart behandelde constructies op basis van de massa worden beoordeeld en zelfs zullen de prestatienummers van verschillende wel als zodanig omschreven muren en vloeren blijken overeen te stemmen met de massa (zie b.v. fig. 1). Maar er zijn ook constructies die een betere prestatie leveren dan met de massa overeenkomt, waarover later.

TABEL 2

Massa per m ² van een gemeenschappelijke en dichte wand (muur) of vloer met constante plaatselijke massa		Prestatienummer P
Muur of wand (kg/m ²)	Vloer (kg/m ²)	
65		5
90	45	6
125	65	7
180	90	8
250	125	9
360	180	10
500	250	11
720	360	12

Voor een massa per m² tussen twee in bovenstaande tabel genoemde waarden gelegen, treedt de kleinste van die twee waarden in de plaats.

Voor gebruik van de massatabel moet aan de voorwaarde zijn voldaan dat de scheiding nagenoeg luchtdicht is, zoals b.v. wordt verkregen door een zorgvuldig aangebrachte pleisterlaag. Is de constructie niet homogeen, b.v. doordat lichte-holten voorkomen zoals in balkenvloeren, dan geeft de norm aanwijzingen om de kenmerkende massa per m² te bepalen. Dit komt er meestal op neer, dat het gemiddelde gewicht per m² kan worden aangehouden, tenzij b.v. een lichte vloer en licht plafond op zware balken zijn aangebracht. Ontbreekt het plafond bij een balkenvloer, dan is de massa van de vloer zonder de balken bepalend.

Het zal opvallen, dat de massatabel verschil maakt tussen muren en vloeren in die zin, dat om een zelfde prestatienummer te bereiken een muur tweemaal zo zwaar moet zijn als een vloer. Verder blijkt dat de stap naar één hoger prestatienummer steeds overeenkomt met een factor $\sqrt{2}$ in de massa. Terloops zij opgemerkt dat zulks gewoonlijk 2.5 à 3 dB verbetering in de gemiddelde luchtgeluidisolatie betekent. Het juist genoemde verschil tussen muren en vloeren is voor een deel gebaseerd op het ervaringsfeit dat een muur, om eenzelfde luchtgeluidisolatie te bereiken als een vloer, ca $\sqrt{2}$ maal zo zwaar moet zijn. Hieruit volgt, dat de geluidwering van een muur steeds een „stap” beter is dan die van een vloer met hetzelfde prestatienummer. Dit moest om economische redenen worden geaccepteerd; het opvoeren van het vloergewicht in klasse *b* tot 250 kg/m², of het verkrijgen van een daarmee overeenkomende isolatie zou te hoge financiële offers vergen. Zulks klemt te meer, daar de traditionele bouwmuur wel in klasse *b* past, doch de traditionele etagevloeren behoeven als gezegd voor die klasse reeds belangrijke verbetering.

De derde methode voor toewijzing van prestatienummers is bedoeld voor constructies wier prestaties boven die volgens de massawet liggen. Zulks moet blijken uit een certificaat, dat door twee deskundige en onpartijdige instituten of personen voor dat doel is opgemaakt en uitgegeven. De norm geeft hieromtrent nadere voorschriften, die o.m. de geldigheidsduur van het document betreffen.

Het behoeft geen betoog, dat het toekennen van prestatienummers op uitgebreide feitenmateriaal in de vorm van meetresultaten moet berusten. De prestatienummers die in de norm zelf worden gegeven en ook de massatabel berusten grotendeels op metingen, die door de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O. en door de Technische Fysische Dienst van T.N.O. en T.H. zijn uitgevoerd, hetzij als onderdeel van de onderzoeken in de Proefwoningen T.N.O., hetzij in opdracht van de Stichting Ratiobouw. Het is dan ook niet toevallig dat de norm het uitgeven van certificaten toevertrouwt

aan T.P.D. en Ratiobouw gezamenlijk, tenzij in een bouwverordening uitdrukkelijk anders wordt bepaald.

4. Enkele bijzondere punten

Hoewel een uitvoerige bespreking van alle bijzonderheden van de norm in dit kader niet past, moge hier nog kort op enkele aanvullende aspecten worden ingegaan.

De Commissie meende, dat voor bepalingen omtrent de geluidwering binnen een woning in de huidige omstandigheden in het algemeen nog geen plaats is. Wel echter wordt aangegeven dat ten minste één der slaapkamers, de zgn. „stille kamer”, ten aanzien van de geluidwering beter verzorgd moet worden dan de overige. Op die wijze ontstaat de mogelijkheid om die bepaalde kamer te bestemmen voor ziekenkamer, studeerkamer of slaapkamer voor personen die nacht arbeid verrichten, in het algemeen dus voor een doel dat grotere behoefte aan rust meebrengt. In de klasse *a* („goed”) worden daaraan dan nog enkele eisen gekoppeld ten aanzien van de acoustische scheiding tussen de stille kamer en de rest van de woning.

De waterleiding met de daarbij behorende toestellen, de afvoerleidingen en de centrale verwarmingsinstallatie vormen vaak een bron van ernstige geluidhinder, waartegen niet met bouwkundige middelen kan worden opgetreden. Het bleek niet doenlijk hieromtrent voorschriften te geven. Wel bevat de norm aanwijzingen om geluidhinder door installaties te beperken.

5. Slotbeschouwing

Het in deze norm behandelde onderwerp is voor de bouw wereld, althans in deze vorm, nieuw. Bovendien wortelt het in een wetenschap die zich nog in volle ontwikkeling bevindt. Beide omstandigheden maakten het gewenst vrij uitvoerige toelichtingen in het boekje op te nemen, gecombineerd met aanbevelingen voor die punten, welke een formulering als eis (nog) niet toelaten dan wel thans nog niet realiseerbare wensen omvatten.

In het hoofdstuk, dat de toepassing van deze norm behandelt, wordt impliciet in overweging gegeven, bij van toepassing verklaren van deze grondslagen de kwaliteitsklasse „matig” voor te schrijven. In de aanbevelingen wordt echter op de wenselijkheid gewezen, zo spoedig mogelijk op een betere acoustische kwaliteit over te gaan. De grote en nog steeds toenemende lawaai-productie in onze huidige maatschappij, vooral in de steden met hun grote bevolkingsdichtheid, vormt de basis voor de overtuiging dat een verstandige investering ten bate van betere geluidwering geen luxe is, maar één van de pijlers voor de bevordering der geestelijke volksgezondheid.

De enquête naar geluidhinder in woningen, waarover in serie met deze beschouwingen en ook in voorafgaande Instituutvergaderingen mededelingen zijn gedaan, illustreert hoeveel geluidhinder wordt ervaren, m.a.w. hoe gebrekkig de acoustische kwaliteit is in de woningen, die thans en in de voorafgaande decennia worden of zijn gebouwd. Dat vooral de vloeren onvoldoende geluidwering opleveren is een aanwijzing, dat de tussenklasse *ab* reeds nu ernstige overweging verdient. De betekenis van deze enquête kan nauwelijks worden overschat. Er komt een kwantitatief-statistische beoordeeling van de huidige situatie uit voort, die op geen enkele andere wijze zou kunnen worden verkregen. Bovendien komen nieuwe gegevens beschikbaar omtrent de betekenis der verschillende frequenties voor gehoorindruk en optreden van geluidhinder, die wellicht op den duur zullen leiden tot herziening van de weergave van meetresultaten omtrent geluidwering, en wellicht ook tot herziening van de besproken norm. Moge deze voordracht er toe bijdragen, dat in toe-

nemende mate aandacht wordt besteed aan de bestrijding van geluidhinder in het algemeen en aan de hulp die de norm V1070 daarbij kan bieden in het bijzonder.

Beraadslaging

Prof. ir A. DE HEER: In het normblad had ik gaarne het verband gezien tussen de prestatie nummers en de geluidisolatie in dB, m.a.w. de „vertaling” van de prestatie nummers. Evenmin blijkt eruit, hoe bepaalde constructies op luchtgeluid resp. contactgeluid reageren. Aan de prestatie nummers kleeft dus nog een zekere geheimzinnigheid, ondanks het gelegde verband tussen massa en prestatie nummer. Ik zou het op prijs stellen als de Commissie hierover nog eens haar licht zou willen laten schijnen.

INLEIDER: Hoewel de Commissie zeker geen geheimzinnigheid heeft beoogd, was het wel degelijk de bedoeling de gebruikers in prestatie nummers te leren denken en de dB op de achtergrond te schuiven, aangezien het denken in dB moeilijk blijkt te zijn. Bovendien is er geen vast verband te geven tussen prestatie nummers en de in dB uitgedrukte geluidweringscriteria luchtgeluidisolatie en contactgeluidtransmissie. Wel is een algemene betrekking tussen massa en gemiddelde luchtgeluidisolatie bekend, die tezamen met de in de norm gegeven massatabel in grove lijn een „vertaalrecept” levert. Echter kan in principe een even tekort schietende luchtgeluidisolatie worden gecompenseerd door een bijzonder geringe contactgeluidtransmissie.

V. Hoe waardeert de bewoner van de etagewoning een betere geluidisolatie

699.833:534.835
1) 2)

door C. BITTER en P. VAN WEEREN

Summary: Improved sound insulation and its appreciation by flat dwellers.

Information is given as to the degree of appreciation shown by flat dwellers for improved sound insulation as compared with their appreciation of other features of improved comfort such as better heat insulation and the provision of baths. It was found that a comparatively small number of persons consider sound insulation to be worth a certain expenditure, the amount they are willing to spend on this innovation being higher than for other features of improved comfort.

In the higher prosperity and income categories the number of persons who are prepared to incur expenditure on improved sound insulation is larger than in the lower prosperity and income categories. The amount that people are willing to spend on this improvement becomes greater the higher the prosperity and income categories concerned.

Bij de in 1950 gehouden enquête naar geluidhinder in etagewoningen werd in eerste instantie gestreefd naar het verkrijgen van een inzicht in de samenhang tussen geluidhinder en geluidisolatie, teneinde een basis te verkrijgen voor normen voor geluidisolatie.

Bij het opstellen van de vragen van de enquête is er ook aan gedacht iets naders te weten te komen omtrent de waardering door de bewoners van een betere geluidisolatie. Daar de gegevens omtrent een dergelijke waardering duidelijker zouden spreken, indien men ze kon vergelijken met de waardering van andere comfortveranderingen, is in de enquête ook gevraagd hoe de bewoners dachten over betere warmte-isolatie en het hebben van een badgelegenheid.

De betreffende vragen waren: „Welke huur betaalt u?”; „Welke huur zou u redelijk vinden voor dit huis?”; „Welke huur zou u redelijk vinden als u geen geluidhinder zou ondervinden?”; „Wat zou u aan huur willen betalen, indien u door een betere warmte-isolatie f 25,— op uw kolenvbruik per jaar zou kunnen besparen en u minder last van kou zou hebben?” Als geen douche of badgelegenheid aanwezig was, werd de vraag gesteld: „Welke huur zou u redelijk vinden als u een douche of badgelegenheid zou krijgen?”; als wel een douche of badgelegenheid aanwezig was werd de vraag gesteld: „Wat zou u aan huur willen betalen als u ze zou moeten missen?”

Ook werd gevraagd naar het gezinsinkomen en werd de welstandsklasse van de betrokken gezinnen genoteerd (bij de Nederlandse Stichting voor Statistiek, die het veldwerk heeft verricht is het gebruikelijk de gezinnen in te delen in vier welstandsklassen, t.w. de arme volksklasse, de overige volksklasse, de kleine middenstand en de goeude middenstand en welgestelden).

¹⁾ Voor de voordrachten I, II, III en IV zie de Afdeling Gezondheidstechniek in *De Ingenieur* No. 38, 41 en 44 respectievelijk van 17 Sept., 8 en 29 Oct. 1954.

²⁾ Publicatie no. 49 van de Afdeling Gezondheidstechniek TNO

Om een indruk te geven van de bevolkingscategorie, die men in de bij deze enquête betrokken woningen vindt, diene het volgende:

Meer dan $\frac{4}{5}$ van de gezinnen behoort tot de groep van de geschoolde arbeiders en de kleine middenstand; de arme volksklasse benevens de welgestelden treft men in de onderzochte woningen in veel mindere mate aan.

Ruim $\frac{4}{5}$ van de gezinsinkomens lag tussen f 2000,— en f 5000,—; bijna 90 % van de onderzochte woningen deed een maandhuur van f 40,— of minder.

Om nu uit te kunnen maken hoeveel de bewoners voor de drie genoemde comfortveranderingen over hebben, zou men telkens het verschil kunnen berekenen dat bestaat tussen de huurprijzen die redelijk worden geacht bij een bepaalde comfortverandering en de huurprijs, zoals die in feite is.

Veel beter kan men echter als basis van vergelijking aannemen de huur, die de bewoners redelijk achten voor hun woning als zodanig, waarbij nog geen sprake is van comfortverandering. Immers, men mag verwachten dat de bewoners zelf naar deze huurprijs hun redelijk geachte huurprijzen bij de diverse comfortveranderingen hebben afgemeten. Als men de in feite betaalde huur als basis nam, zou het kunnen voorkomen dat iemand met een betere geluidisolatie toch minder huur wil betalen; echter ligt de redelijk geachte huurprijs zonder comfortverandering dan nog een stuk lager, en heeft hij dus in feite geld over voor betere geluidisolatie.

Men kan dus voor iedere bewoner de verschillen berekenen, die bestaan tussen de voor de woning redelijk geachte huur en de huur, die men wil betalen bij de drie genoemde comfortveranderingen. Op deze wijze vindt men dus *hoeveel* personen iets voor deze comfortveranderingen over hebben en *wat* ze er voor over hebben.

Deze gegevens staan vermeld in Tabel 1. In deze tabel ziet men o.a. dat het percentage personen, dat iets over

TABEL 1

WAARDERING VOOR BEPAALDE COMFORTVERANDERINGEN

Comfortverandering	% van totaal aantal personen, dat iets voor comfortverandering over heeft	Gemiddelde financiële waardering van de comfortverandering in guldens per maand	
beter geluidisolatie	12	4,50 meer	
beter warmte-isolatie	36	4,00 meer	
badgelegenheid	krijgen	67	3,50 meer
	missen	50	4,75 minder

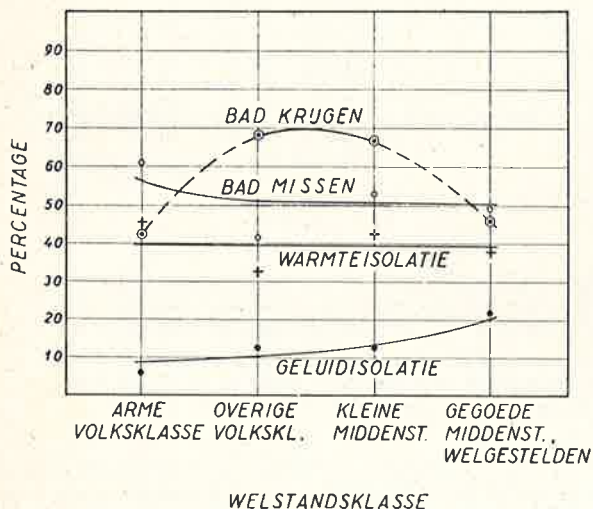


Fig. 1. Verband tussen het percentage van de ondervraagde personen, dat iets voor comfortverandering over heeft, en de welstandsklasse.

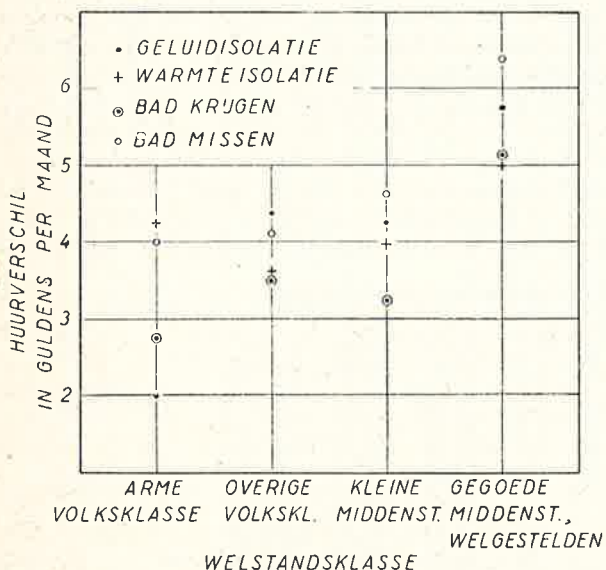


Fig. 2. Verband tussen het bedrag, dat men voor comfortverandering over heeft, en de welstandsklasse.

heeft voor betere warmte-isolatie drie maal zo groot is als het percentage personen, dat wat over heeft voor betere geluidisolatie. Voor het krijgen van een badgelegenheid hebben weer bijna twee maal zo veel mensen iets over. De grootte van de bedragen, die men er per maand voor over heeft, loopt niet veel uiteen. Wel kan men opmerken, dat dit bedrag het grootst is bij het zouden moeten missen van badgelegenheid; men kent de waarde

van dit comfort reeds. Wat verbetering van warmte-isolatie betekent kan men minder goed overzien; dit geldt in nog sterkere mate voor geluidisolatie. De veel geringere percentages van mensen, die iets voor deze beide soorten van isolatie over hebben, wijzen in deze richting.

Vervolgens zijn de gegevens wat gedetailleerder bezien en is ingegaan op de vraag hoe de aantallen personen, die iets over hebben voor de diverse comfortveranderingen, verdeeld zijn over de welstandsklassen en de inkomensklassen; ook is nagegaan of er verschil bestaat tussen de welstands- en inkomensklassen voor wat betreft de grootte van het bedrag dat men er voor over heeft.

In Fig. 1 is aangegeven het verband tussen het percentage ondervraagden dat iets voor comfortverandering over heeft en de welstandsklasse. Naar aanleiding van deze figuur kan het volgende worden opgemerkt. In de hogere welstandsklasse hebben meer personen iets over voor geluidisolatie dan in de lagere welstandsklasse. Voor betere warmte-isolatie ontlopen de aantallen elkaar niet veel voor de verschillende welstandsklassen. Een bad krijgen wordt vooral gewaardeerd door personen uit de middelste welstandsklassen.

In Fig. 2 is aangegeven het verband tussen het bedrag

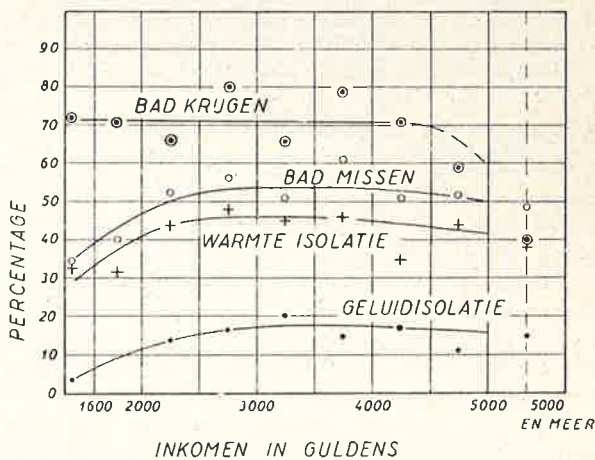


Fig. 3. Verband tussen het percentage van de ondervraagde personen, dat iets voor comfortverandering over heeft, en de inkomensklasse.

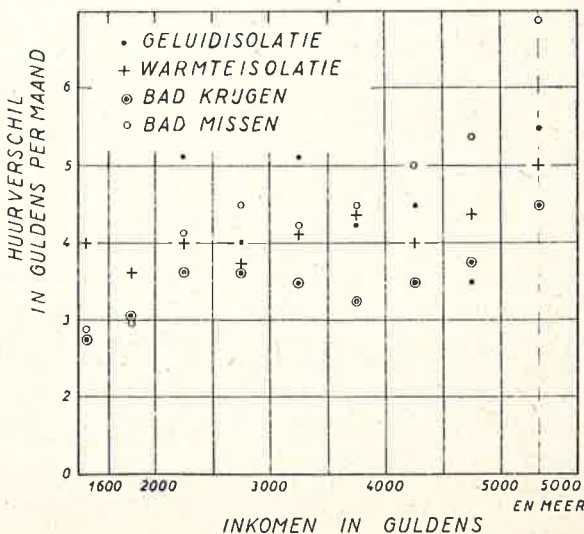


Fig. 4. Verband tussen het bedrag, dat men voor comfortverandering over heeft, en de inkomensklasse.

in guldens per maand, dat men voor de comfortveranderingen over heeft en de welstandsklasse. De spreiding in de bedragen is het grootst bij de geluidisolatieverbetering. Ruw gesproken kan men zeggen dat het bedrag oploopt als de welstandsklasse hoger wordt, in ieder geval is het bedrag voor iedere comfortverandering het grootst bij de groep van de welgestelden.

Het verband tussen het percentage ondervraagden, dat iets wil betalen voor comfortverandering in de inkomensklasse is aangegeven in Fig. 3. Tot een inkomen van ongeveer f 3000,— stijgen de percentages over het algemeen, daarna blijven ze ongeveer constant.

In Fig. 4 is aangegeven het verband tussen het bedrag

dat men wil betalen en de inkomensklasse. Vergeleken met de andere comfortveranderingen heeft men het meeste over voor geluidisolatie.

Concluderend kan men zeggen, dat verreweg het kleinste aantal mensen iets voor geluidisolatie over heeft, terwijl het bedrag, dat men er voor over heeft, hoger is dan voor de andere comfortverbeteringen.

Men zou kunnen zeggen: Weinig mensen beseffen de noodzaak van geluidisolatieverbetering; zij, die dit wel nodig vinden, misschien omdat zij juist veel last van geluid ondervinden, hebben er een tamelijk groot bedrag voor over.

699.833:534.835

VI. Bestrijding van lawaai in trappenhuizen¹⁾

door ir J. VAN DEN EIJK

Summary: *The abatement of noise in staircase halls.*

An enquiry carried out in 1200 flats in Rotterdam and The Hague gave the result that 65% of the inhabitants are annoyed by noises coming from the central staircase hall. Nearby half of them say that the annoyance is serious. Therefore the investigation as to the noise abatement in staircase halls, started a few years ago in the Experimental Flats T.N.O. in Rotterdam, was extended to other staircase halls. It turned out that a considerable improvement can already be obtained by applying 3,5 m² soft board per dwelling, mounted on battens. The cost of this provision is about 35 Dutch guilders per dwelling painting included and taking into account the saving of some plasterwork.

1. Uitkomsten van de geluidhinder-enquête

In de moderne étagebouw is het lawaai, dat in de woningen doordringt, en dat afkomstig is uit het trappenhuis, een bron van veel klachten. Voorzover deze bewering nog bewijs nodig heeft — eigenlijk is dit het intrappen van een open deur — is dat wel afdoende geleverd bij een enquête over geluidhinder in woningen, die door de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O. in samenwerking met het Nederlands Instituut voor Praeventieve Geneeskunde, de Stichting Ratiobouw en de Nederlandse Stichting voor Statistiek gehouden werd in een 1200 woningen in Rotterdam en 's-Gravenhage. De desbetreffende uitkomsten zijn in beeld gebracht in de figuren 1 t/m 5. Hierbij moet men in gedachten houden, dat er een verschil is tussen de Haagse en de Rotterdamse trappenhuizen: de Rotterdamse zijn zgn. gesloten, zij zijn voorzien van een straatdeur, de Haagse staan in open verbinding met de straat. Althans, zo was het in de bij de enquête betrokken gevallen.

Fig. 1 leert, dat slechts 12 % van alle ondervraagden in hun woning geen uit het trappenhuis afkomstige geluiden zegt te horen; 65 % blijkt hinder te ondervinden van een of ander geluid uit het trappenhuis, bijna de helft hiervan spreekt zelfs van erge hinder. Tenslotte geeft 13 % der ondervraagden op, dat ze wel in hun slaap gestoord worden door geluiden uit het trappenhuis. De uitkomsten voor 's-Gravenhage en Rotterdam afzonderlijk zijn niet sterk verschillend, maar merkwaardigerwijs blijkt uit de splitsing naar woonlagen dat op elke woonlaag geldt, dat in Rotterdam meer „erge hinder” wordt ondervonden dan op de overeenkomstige woonlaag in 's-Gravenhage. Deze uitkomst leidt er toe wat verder op de kwestie in te gaan.

Fig. 1 heeft betrekking op alle geluiden tezamen. Beschouwen we nu verschillende geluiden afzonderlijk,

dan komen er typische verschillen te voorschijn. Fig. 2 laat zien dat de erge hinder van *dichtslaande deuren* op alle étages in Rotterdam door veel meer mensen ondervonden wordt dan in 's-Gravenhage. Gemiddeld over alle woonlagen spreekt 28 % van de ondervraagden in Rotterdam van erge hinder, tegen 15 % in 's-Gravenhage. Het ligt voor de hand de verklaring voor dit verschil te zoeken in het feit dat Rotterdam gesloten trappenhuizen heeft: ieder die in Rotterdam in of uit gaat, moet behalve de eigen woningdeur ook de straatdeur passeren. Dit betekent dus een verdubbeling van het aantal malen dat een deur dichtgetrokken (= dichtgeslagen) wordt. En hiervan hebben de bewoners in de buurt van die straatdeur uiteraard meer last dan de hoger wonenden. Verder is in een gesloten trappenhuis de nagalmtijd langer dan in een open trappenhuis en daardoor tevens het

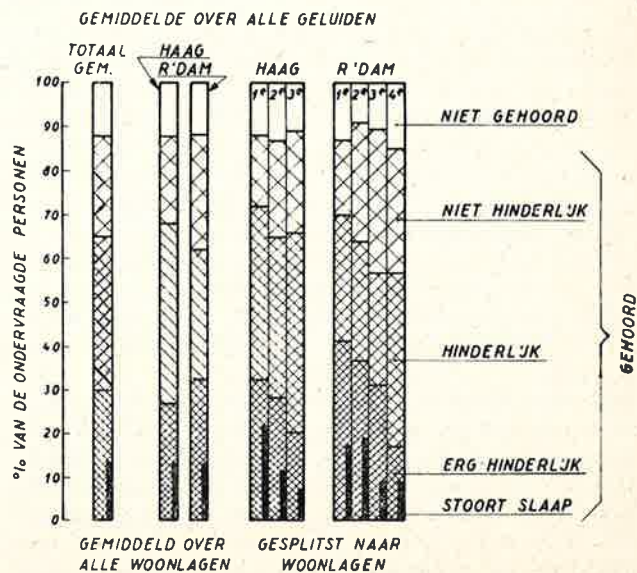


Fig. 1.

¹⁾ Publicatie no. 50 van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O.

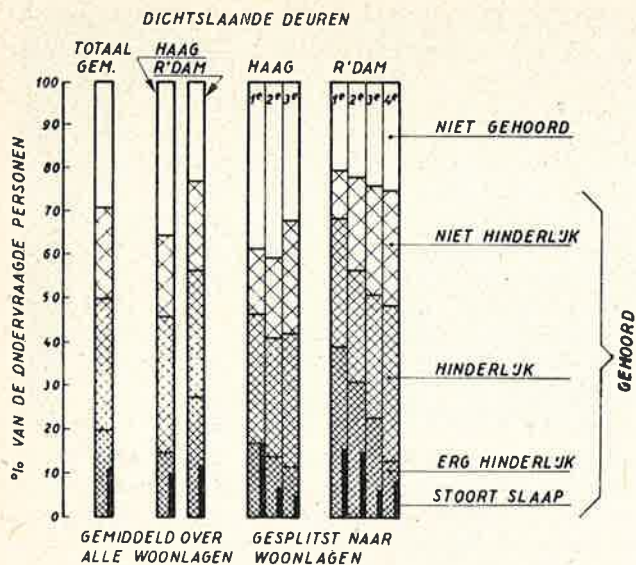


Fig. 2.

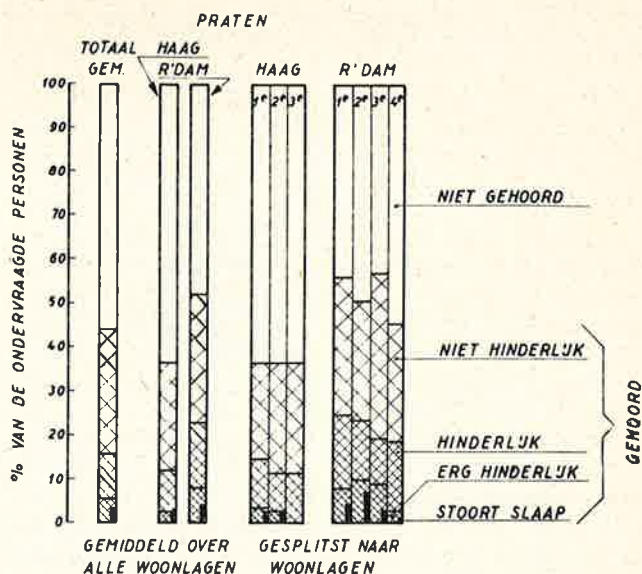


Fig. 4.

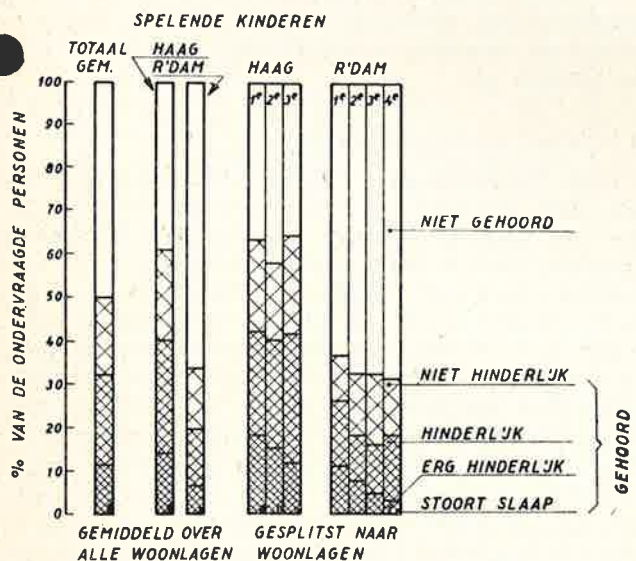


Fig. 3.

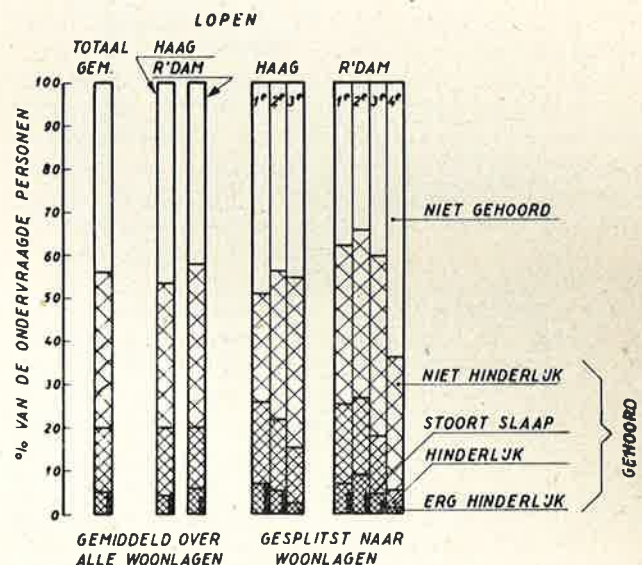


Fig. 1 t/m fig. 5. Enkele uitkomsten van de geluidhinder-enquête 1950, voorzover betrekking hebbend op in de trappenhuizen geproduceerde geluiden.

lawaainiveau hoger. Het gevolg is, dat in Rotterdam 68 % der ondervraagde personen op de begane grond klaagt over hinder of erge hinder van dichtslaan de deuren, tegen „slechts” 46 % der Hagenaars. Voor „erge hinder” afzonderlijk is het resp. 39 % en 17 %, dus in Rotterdam meer dan tweemaal zoveel als in 's-Gravenhage. Deze uitkomsten pleiten dus sterk tegen het gesloten trappenhuis.

Beschouwen we nu echter fig. 3, dan zien we hoe juist in de open trappenhuisen van 's-Gravenhage veel vaker hinder, resp. erge hinder, van *spelende kinderen* wordt ondervonden, dan in de gesloten trappenhuisen van Rotterdam; in zo'n open trappenhuis kunnen de kinderen vrij in en uit lopen, ook die er niet wonen. Uit dit oogpunt verdient het gesloten trappenhuis dus weer de voorkeur.

Fig. 4, die betrekking heeft op *gepraat* in het trappenhuis, laat zien, dat het gesloten Rotterdamse trappenhuis hier weer in het nadeel is, vermoedelijk door de langere nagalmtijd.

Uit fig. 5 blijkt, dat de hinder van *loopgeluiden* voor

Rotterdam en 's-Gravenhage niet veel verschilt, waaruit we misschien mogen concluderen, dat dit in hoofdzaak een kwestie is van contactgeluid, d.w.z. dat deze geluiden niet via de lucht de woningen binnentreden, maar zich, uitgaande van de traptréden, via de muren een weg banen naar de vertrekken. In dat geval doet het er n.l. uiteraard niets aan toe hoe lang de nagalmtijd is.

2. Bestrijding van de geluidhinder

2.1 Inleiding

Wat kan er nu tegen deze, zo veelvuldig voorkomende geluidhinder gedaan worden? Van de in het voorgaande besproken geluidbronnen is alleen het geluid gemaakt door het dichtslaan van deuren op technische wijze enigszins te verhelpen. Het feit, dat huisdeur en straatdeur niet op de wijze van een kamerdeur kunnen worden dichtgedaan, maar moeten worden dichtgetrokken, bevordert het dichtslaan ervan. In hoeverre hier met behulp van deurstuiters van veerkrachtig materiaal, deursluiters,

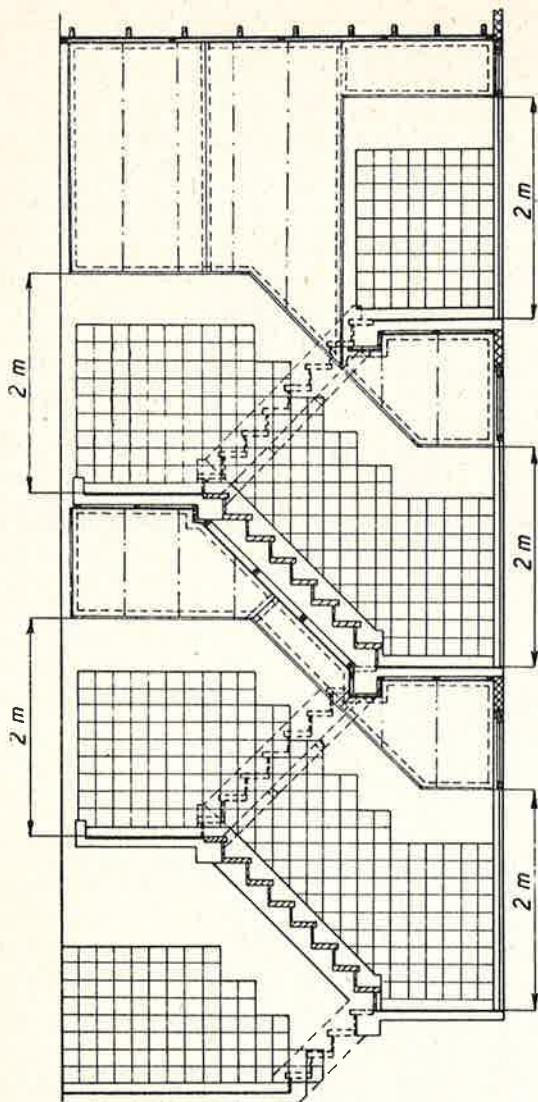


Fig. 6. Doorsnede trappenhuis Proefwoningen T.N.O. te Rotterdam. De onderzijde der bordessen en trapschilden zijn, evenals het plafond en de muren boven handbereik, bekleed met geluidabsorberend materiaal.

zoals de „Dictator”, deurdrangers enz. een bevredigend resultaat kan worden bereikt, staat nog niet vast.

Het geluid, dat door een dichtgeslagen deur wordt geproduceerd dringt zowel rechtstreeks via de gevel door naar de woningen (dus als contactgeluid), als ook via de lucht in het trappenhuis. Ook de meeste andere geluidbronnen produceren zowel contact- als luchtgeluid. Zien we af van het door dichtslaande deuren veroorzaakte contactgeluid, dan zou een dikke cocosloper op de trap misschien wel de eenvoudigste remedie zijn. Hij zou het ontstaan van contactgeluid praktisch geheel verhinderen en het luchtgeluid aanmerkelijk absorberen. Helaas is het geen praktische oplossing voor een gemeenschappelijk trappenhuis: slijtage en vervuiling zijn onoverkomelijke beletselen.

Wanneer het ontstaan van contactgeluid niet kan worden tegengegaan, kan men trachten te voorkomen dat het de woning binnendringt, door b.v. de trapbomen los te houden van de muren van het trappenhuis, en eventueel de bordessen ook. Praktijkervaringen met goed uitgevoerde voorbeelden hiervan zijn ons niet bekend.

Wat het luchtgeluid betreft kan men opmerken, dat dit vaak in hoofdzaak via de woningdeur binnentreedt.

Weliswaar geeft de afstand van de woningdeur tot de woonkamer nog een verdere verzwakking van het geluid, maar vaak ligt een slaapkamer dicht bij de woningdeur en krijgt die dus „de volle laag”. Een eerste stap in de richting van een betere geluidisolatie tussen trappenhuis en woning is het weglaten van ventilatieopeningen, die uitkomen op het trappenhuis. Bovenlichten boven de huisdeuren moeten *niet* geopend kunnen worden en geen kieren vertonen. Een tweede stap is, dat men voldoende zware deuren gebruikt zonder veel glas en met zoveel mogelijk „luchtdichte sluiting”, b.v. door middel van veerkrachtige strippen van rubber of plastic. Hierbij moet vooral ook de kier *onder* de deur niet vergeten worden.

Teneinde het lawaai in het trappenhuis zelf te dempen, kan men er geluidabsorberend materiaal in aanbrengen. Daardoor verliest het geluid bij elke reflectie meer energie dan bij kale wanden en daardoor wordt zowel de nagalm-tijd verkort als het geluidniveau verlaagd. De vraag is nu: welk materiaal voldoet voor dit doel het best? Bij de beantwoording van deze vraag moeten allerlei aspecten in aanmerking worden genomen: uiteraard de mate van geluidsabsorptie, maar ook de prijs, de wijze van aanbrengen en onderhoud, de lichtreflectie, de duurzaamheid het uiterlijk, enz.

2.2 Verkorting van de nagalm-tijd

In de Proefwoningen T.N.O. in Rotterdam is indertijd een proef genomen met vier verschillende materialen: een zgn. acoustische pleister (Acboma), een zachtboard (Treetex), een zeer zachte vezelplaat (Kramfors) en een houtwol-cement-plaat (Brandonite). Behalve bij de acoustische pleister bevond zich achter het materiaal een luchtruimte: 75 mm onder de trapschilden en 22 mm bij muren, plafond en bordessen. Fig. 6 toont waar het materiaal is aangebracht, de figuren 7 en 8 geven een indruk van het verkregen uiterlijk en fig. 9 toont de resultaten. Deze gelden voor de toestand waarbij het oppervlak der materialen (behalve de acoustische pleister) met een witte verf (geen olie- of waterverf) behandeld was. De in fig. 9 uitgezette nagalm-tijd²⁾ is het over alle drie woonlagen gemiddelde van de voor de huisdeuren gemeten waarden, welke uitkomsten onderling slechts weinig verschilden, zodat het gemiddelde een juiste indruk geeft. De nagalm-

²⁾ De tijd die het geluid nodig heeft om, na het ophouden van de geluidbron, 60 dB in niveau te dalen.

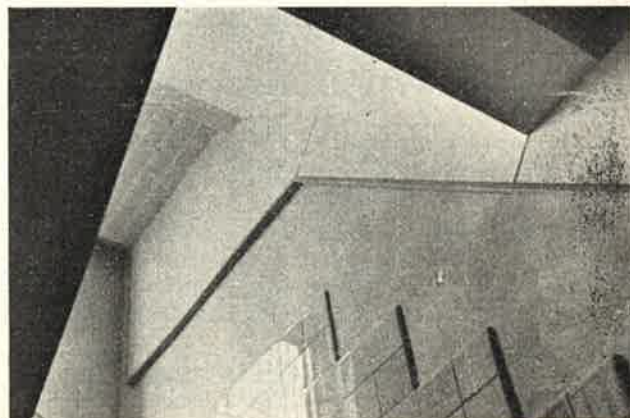


Fig. 7. Trappenhuis, gedeeltelijk bekleed met wit gekleurde platen zachtboard.

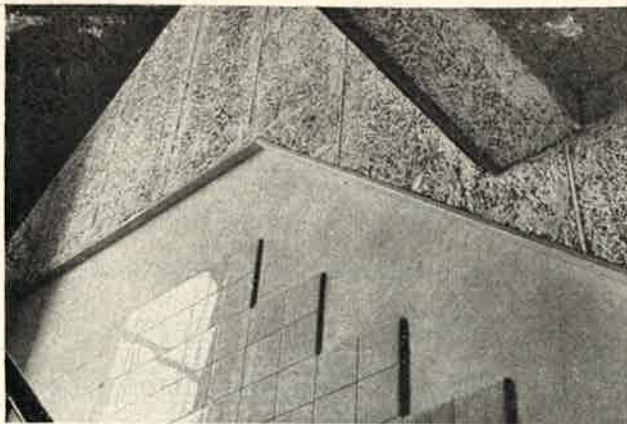


Fig. 8. Trappenhuis, gedeeltelijk bekleed met wit gekleurde houtwol-cement platen.

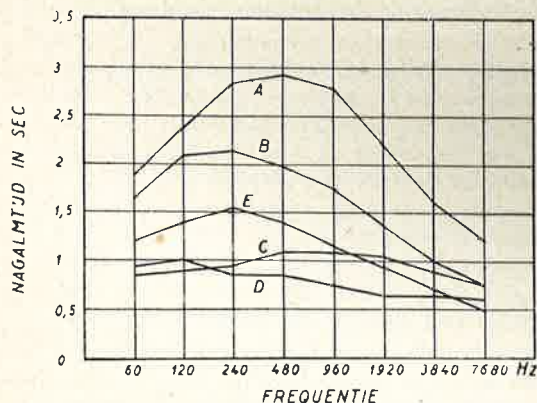


Fig. 9. Gemiddelde nagalmtijd van onbehandelde en van gedeeltelijk met 42 m² van de aangegeven materialen beklede trappenhuisen in de Proefwoningen T.N.O. te Rotterdam. A: onbehandeld, normaal gepleisterd; B: Acboma, „acoustische” pleister; C: Treetex, zachtboard; D: Kramfors, zeer zachte houtcelluloseplaat; E: Brandonite, houtwol-cement plaat. De laatste drie materialen zijn op een luchtlaag aangebracht.

krommen C, D en E blijken in de praktijk een bevredigende verbetering op te leveren, A en B niet.

In deze trappenhuisen met elk 6 woningen was 42 m² geluidabsorberend materiaal verwerkt, dus 7 m² per woning, en de vraag werd nu opgeworpen: kunnen we met minder materiaal een bevredigend resultaat bereiken? Gezien de bovenvermelde resultaten, scheen een nagalmtijd van 1,5 sec nog wel toelaatbaar. Een globale berekening deed verwachten, dat hij 21 m² Treetex, dus bij

slechts 3,5 m² per woning, een nagalmtijd van 1,5 sec nauwelijks overschreden zou worden (inplaats van 1 sec bij 42 m²).

In overleg met ir A. J. J. Dorrenboom van de Afdeling Uitvoering van de Gemeentelijke Dienst voor Volkshuisvesting te Rotterdam werd besloten in een aantal gelijke trappenhuisen een proef te nemen met éénzelfde materiaal, maar in verschillende hoeveelheden en op verschillende wijzen aangebracht. De keus viel op dat van de vier in de Proefwoningen toegepaste materialen, dat het best beviel wat absorptie, sterkte en uiterlijk betreft: zachtboard (Treetex). Deze proef werd genomen in 5 trappenhuisen van één bouwblok van de Gemeentelijke nieuwbouw te Hoogvliet. De Gemeente nam de inrichting der trappenhuisen voor zijn rekening, de Afdeling Gezondheidstechniek de acoustische metingen, zulks in samenwerking met de Technisch Fysische Dienst T.N.O. en T.H. De trappenhuisen zijn niet gelijk aan die in de Proefwoningen T.N.O. Opvallende verschillen zijn, dat in Hoogvliet vier woonlagen zijn tegen drie in de Proefwoningen, en dat de kelder van de woningen in Hoogvliet één grote, door grof gaas in compartimenten verdeelde ruimte is, terwijl in de Proefwoningen steeds muren voor de afscheidingen zijn toegepast.

De proef werd als volgt ingericht: in één trappenhuis zijn, op dezelfde wijze als in de Proefwoningen, plafond, trapschilden, bordessen en muren boven handbereik met zachtboard bekleed (62 m²). In drie andere trappenhuisen zijn, hetzij de trapschilden (14 m²), hetzij de muren boven handbereik (27 m²), hetzij de onderzijde der bordessen en het plafond bekleed (21 m²). Het laatste trappenhuis is ter vergelijking kaal gelaten.

Fig. 10 geeft de resultaten voor de nagalmtijd. Het geval waarbij de luidspreker beneden staat, komt overeen met het geval van de Proefwoningen. Wij hebben in Hoogvliet echter ook gemeten met de luidspreker bij de bovenste woonlagen. Het verschil tussen deze twee metingen bij de lage tonen is opvallend. In het geval dat de luidspreker beneden staat worden de curven als het ware omhoog gedruwd door de lange nagalm van de (niet van geluidabsorberend materiaal voorziene) kelder. Natuurlijk heeft de kelder diezelfde lange nagalmtijd als de luidspreker boven staat, maar dan speelt die lange nagalm zich op zulk een laag geluidniveau af, dat dit niet, of veel minder, van invloed is op de uitkomsten dan wanneer de luidspreker beneden staat.

Voor het geval, dat de geluidbron zich boven in het trappenhuis bevindt, is het volledig beklede trappenhuis wel het beste, maar geeft bekleding van de muren boven

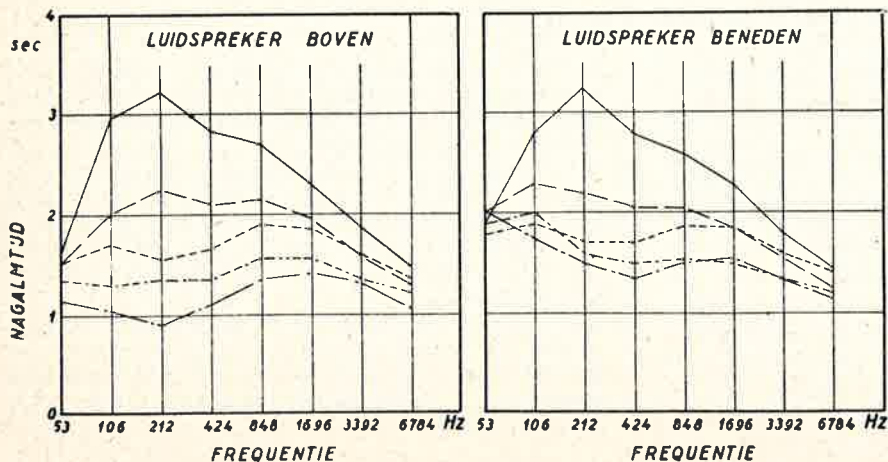
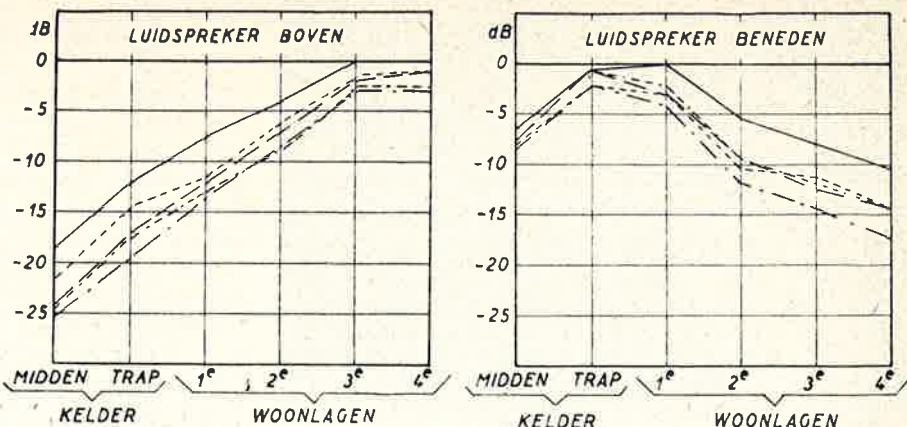


Fig. 10. Gemiddelde nagalmtijd van onbehandelde en van gedeeltelijk met zachtboard op luchtlaag beklede trappenhuisen in Hoogvliet, wanneer de luidspreker op het bordes tussen 3e en 4e woonlaag „boven”, resp. bij de straatdeur „beneden” staat.

— niet bekleed
 - - - 14 m² onder trapschilden
 . . . 21 m² onder bordessen en plafond
 - · - · 27 m² op muren boven handbereik
 - - - - 62 m² onder trapschilden, bordessen en plafond, en op muren boven handbereik.

Fig. 11. Gemiddelde niveaupercentage in het frequentiegebied van 100—3200 Hz als functie van de afstand tot de luidspreker, wanneer de luidspreker op het bordes tussen 3e en 4e woonlaag „boven”, resp. bij de straatdeur „beneden” staat. Voor de betekenis der lijnaanduiding zie fig. 10.



handbereik toch ook een aanvaardbaar resultaat, hoewel daarbij slechts 27 m² geluidabsorberend materiaal gebruikt is, tegen 62 m² in het geheel beklede trappenhuis.

Voor het geval de geluidbron zich bij de straatdeur bevindt, voldoet de bekleding van de muren minder goed dan in het vorige geval, maar ook hier is deze gedeeltelijke bekleding toch nauwelijks slechter dan het volledig beklede trappenhuis. Verbetering zal hier slechts te bereiken zijn door ook in de grote galmende kelder enige geluidabsorptie aan te brengen. Uiteraard komt deze vanzelf tot stand wanneer de kelders in gebruik genomen zijn.

De conclusie is dus, dat met 27/8 \approx 3,5 m² geluidabsorberend materiaal per woning een redelijke vermindering van de galm in de trappenhuisen tot stand gebracht kan worden, zulks in overeenstemming met de op ervaringen in de Proefwoningen gebaseerde schatting.

2.3 Verlaging van het geluidniveau

Zoals reeds eerder werd opgemerkt, heeft het aanbrengen van geluidabsorberend materiaal niet alleen ten gevolge dat de nagalmtijd korter wordt, maar ook dat het lawaainiveau minder hoog is. Beide feiten hangen fysisch met elkaar samen, maar kunnen bij een ingewikkelde ruimte zoals een trappenhuis, niet zonder meer kwantitatief uit elkaar worden afgeleid. Daarom werden in de trappenhuisen in Hoogvliet ook de geluidniveau's gemeten. En wel op alle vier woonlagen, zowel voor het geval de luidspreker beneden staat als voor het geval hij op het bordes tussen 3e en 4e woonlaag staat. Fig. 11 toont de resultaten. Hierbij is het nulniveau van de decibelschaal op een willekeurige plaats gelegd.

Het eerste wat opvalt bij de meetresultaten is, hoe snel het niveau afvalt naarmate men zich verder van de geluidbron af begeeft, óók voor het onbekte trappenhuis. De bewoners van de hogere étages zullen dus minder hinder hebben van de geluiden, die bij de straatdeur geproduceerd worden, dan de bewoners van de lagere woonlagen.

Door de bekleding met geluidabsorberend materiaal wordt aan deze „damping per étage” slechts weinig toegevoegd: het effect van een bepaalde bekleding neemt slechts weinig toe naarmate de beschouwde plaats in het trappenhuis verder van de geluidbron verwijderd is.

Wanneer de luidspreker boven staat, is van de gedeeltelijk beklede trappenhuisen dat, waarvan de muren boven handbereik bekleed zijn, duidelijk het beste. Wanneer de geluidbron zich beneden bevindt, is het effect van de drie typen gedeeltelijke bekleding nauwelijks verschillend. De volledige bekleding is hier wel duidelijk beter.

3. Eindconclusie en besluit

Het bovenstaande overziende, moeten we concluderen, dat van de onderzochte trappenhuisen van de drie typen gedeeltelijke bekleding het trappenhuis, waarin het meest geluidabsorberende materiaal is verwerkt, waarbij nl. de muren boven handbereik bekleed zijn, het best voldoet, zowel wat nagalmtijd als wat niveau betreft. Het „geheel beklede” trappenhuis is weliswaar nog beter, maar lang niet zoveel als de extra verwerkte hoeveelheid materiaal zou doen verwachten.

Bij bekleding van de muren boven handbereik komt veel materiaal op de bovenste étage terecht en slechts weinig op de begane grond. Waar juist de bewoners van de lagere woonlagen de meeste geluidhinder hebben, valt het te overwegen bij een volgend geval dezelfde hoeveelheid materiaal zo te rangschikken, dat een wat groter deel ervan in de omgeving van de straatdeur komt, zij het dan niet uitsluitend op de muren.

De kosten die verbonden zijn aan het aanbrengen en verven van een dergelijke hoeveelheid zachtboard zijn niet onoverkomelijk. Wanneer we in aanmerking nemen, dat de aanwezigheid van het board een beperking geeft van het oppervlak dat afgepleisterd moet worden, en aangenomen dat het aantal trappenhuisen, dat ineens wordt klaargemaakt groot genoeg is, kunnen de kosten globaal op f 10,— per m² geschat worden.

Voor f 35,— per woning kan dus hinder vanuit het trappenhuis afkomstig aanmerkelijk beperkt worden, met inbegrip van een deel van de hinder van dichtgetrokken deuren, nl. dat deel dat door luchtgeluid veroorzaakt wordt. Het „geheel beklede” trappenhuis komt op ongeveer f 80,— per woning.

Literatuur

- 1) Ir J. VAN DEN EIJK, Bestrijding van lawaai in trappenhuisen. Rapport no. 4 van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O., tevens Publicatie no. 28 van de Technisch Fysische Dienst T.N.O. en T.H.; Febr. 1951.
- 2) Ir J. VAN DEN EIJK, Ir M. L. KASTELEYN, C. BITTER en A. H. M. BASART, Bestrijding van lawaai in trappenhuisen bij étagebouw. „De Ingenieur” 64/36/G99 (2-IX-'52). „Polytechnisch Tijdschrift” 7/39-40/686b (30-IX-'52). „Bouw” 8/30/576 (25-VII-'53). (Publicatie 19 van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O.).
- 3) Ir J. VAN DEN EIJK, C. BITTER en L. H. J. WILLIGERS, Bestrijding van lawaai in trappenhuisen II. Rapport no. 19 van de Afdeling Gezondheidstechniek T.N.O., tevens Publicatie no. 51 van de Technisch Fysische Dienst T.N.O. en T.H.; Dec. 1953.

Beraadslaging

De heer H. F. LOUWE KOOIJMANS, inspecteur van de Volksgezondheid te Arnhem, meent dat de aanwezigheid van een bekleding met houtvezelplaat brandgevaar kan opleveren.

De heer B. MERKELBACH, architect te Amsterdam, voegt hieraan toe, dat wellicht niet zozeer de brandbaarheid als wel de rookvorming een bezwaar zouden kunnen zijn.

Ir J. VAN DEN EIJK waarschuwt tegen overdrijving van deze gevaren, de kans er op is z.i. in ieder geval zeer klein, terwijl de kans op geluidhinder zeer groot blijkt te zijn. Overigens is er alles vóór om in de toekomst ook andere materialen te proberen. Hoofdzaak is dat voor een zeer redelijk bedrag een tamelijk onhoudbare toestand verbeterd blijkt te kunnen worden.

De heer B. MERKELBACH informeert:

- 1) of behalve aan de gevel grenzende trappenhuizen ook zgn. „ingebouwde” trappenhuizen in de proeven betrokken zijn;
- 2) of onderzocht is of de hinder ten gevolge van contactgeluid bij houten trappen hetzelfde is als bij betontrappen en hetzelfde bij monoliet als bij montage-trappen.

Ir J. VAN DEN EIJK antwoordt, dat geen ingebouwde trappenhuizen zijn onderzocht, maar dat kan worden aangenomen, dat daarbij de geluidhinder zeker niet geringer is dan bij aan de gevel grenzende. Proeven met verschillende typen trappen zijn niet gedaan.

Ir C. W. HULSBERGEN vraagt of de tegenstelling tussen open en gesloten trappenhuizen niet kon worden opgelost door wèl een straatdeur te maken en het trappenhuis van boven (aan de vóór- of achterzijde) open te laten. Voorts informeert hij of het voordeel van een cocos-loper bekleding ook niet kan worden verkregen door een speciale afwerking van de betontreden b.v. met asfalt of rubber tegels of dat dit economisch niet is te verwezenlijken.

Ir J. VAN DEN EIJK antwoordt dat bij het voorstel van de heer Hulsbergen het bezwaar blijft bestaan, dat ieder die naar buiten gaat twee deuren moet dichttrekken. Verder vraagt hij zich af of een grote opening aan de bovenzijde geen nadelen heeft die opwegen tegen de kortere nagalmtijd. Wat de bekleding van de traptreden betreft: de kosten die dit met zich meebrengt zijn zo hoog, dat deze oplossing voorlopig alleen kan worden overwogen bij woningen die wat meer huur mogen opbrengen dan op het ogenblik in de volkswoningbouw het geval is. Bovendien zou het slijtageprobleem nog eens goed moeten worden bekeken.

DE VOORZITTER vraagt zich af of toepassing van bepaalde van gaatjes voorziene stenen geen geschikte geluidabsorptie zou geven.

De heer B. MERKELBACH meent, dat daarbij door vochtabsorptie de geluidsabsorptie te niet gedaan kan worden en heeft ook overigens bezwaren van hygiënische aard tegen een dergelijke oplossing (stof, vuil).

Ir J. VAN DEN EIJK zegt, dat in de betreffende Rotterdamse trappenhuizen van vocht of vervuiling in de afgelopen jaren niets te bemerken is geweest.

Prof. dr ir C. W. KOSTEN merkt op, dat dergelijke gaatjesstenen erg nuttig kunnen zijn voor absorptie der zeer hinderlijke lage tonen. In massa uitgevoerd lijkt het hem ook economisch niet onmogelijk. De hygiënische bezwaren van de heer Merkelbach acht hij niet overtuigend. Ook in ziekenhuizen accepteert men tegenwoordig geluidabsorberend materiaal. Het is mogelijk met niet poreus materiaal geluid te absorberen, maar dat is vrij kostbaar, b.v. met sponsrubber, voorzien van een dunne, afwasbare oppervlaktelaag.

De heer TOL, architect te Rotterdam, is het opgevallen, dat in de besproken trappenhuizen de muren tot ongeveer handhoogte betegeld waren. Zou het verschil maken indien deze wanden van hardgrauw of boerefgrauw gemetseld zouden worden en afgevoegd?

Ir J. VAN DEN EIJK: Het zal wel iets kunnen uitmaken voor de hoge tonen, maar lang niet zoveel dat de nagalmtijd beneden de 1,5 sec zou komen; speciaal de lage tonen zou het vrijwel onberoerd laten. Metingen zijn niet bekend.

Ir N. SNIJDERS, Technisch Physische Dienst T.N.O. en T.H., meent dat het met de huidige materialen mogelijk is zonder belangrijke verhoging der kosten een grotere verlaging van het geluidniveau te verkrijgen, wat van belang is, omdat een niveauverlaging een schijnbare verbetering betekent van de isolatie tussen trappenhuis en woning, een verbetering die op andere wijze moeilijk te bereiken is, o.a. door de zwakke plaats die de huisdeur vormt.

Ir J. VAN DEN EIJK: Inderdaad is die schijnbare verhoging voor de geluidisolatie van belang naast het verkorten van de onaangename galm. Het is zeker de moeite waard na te gaan wat met de nu aan de markt zijnde materialen voor een redelijke prijs is te bereiken.

Ir W. P. VAN LEENING is van mening, dat geperforeerde, niet brandbare platen, zoals asbestplaten, met daarachter b.v. steenwolvulling juist in het belangrijke frequentiegebied uitstekend zouden voldoen. De kosten zouden wellicht niet hoger zijn dan het bedrag door ir van den Eijk genoemd en een aantal hygiënische bezwaren zouden er door kunnen worden weggenomen.

Ir A. DUBOIS acht de volkomen onbrandbare glaswoltegel zeer geschikt. Het ziet er naar uit, dat de prijs op den duur niet veel zal verschillen van die van andere tegels.

Voorts zou hij nog even willen ingaan op de vaak gehoorde opmerking, dat voorzieningen als vandaag besproken zo duur zijn. Dat lijkt hem een groeiverschijnsel, elk nieuw ding wordt duur gevonden en eigenlijk als overbodig beschouwd. Als we het eens even op een ander gebied zoeken: een badcel is ook niet bepaald goedkoop, maar wanneer op het ogenblik iemand zou zeggen „dan moet U maar geen badcel maken”, dan zou dit als hopeeloos verouderd beschouwd worden. De kwestie van grotere rust wordt echter langzamerhand toch ook wel een zeer belangrijke gezondheidskwestie en in dat licht beschouwd, gaat men zich afvragen of een discussie over de vraag of het verminderen van het lawaai in trappenhuizen 35 of 70 gulden mag kosten op den duur nog als serieus beschouwd kan worden.

