

Voetstappen boven ons hoofd¹⁾

Bescherming tegen loopgeluiden - nieuwe inzichten en problemen betreffende de geluidisolatie in de moderne flatbouw

Neighbour's footsteps

Ir. J. VAN DEN EIJK en Drs. C. BITTER

Instituut voor Gezondheidstechniek TNO

Samenvatting

De mate waarin vloeren contactgeluid weren wordt volgens de Nederlandse norm NEN 1070 aangegeven met de waarde van de index voor contactgeluidisolatie L_{co} . In vele andere landen wordt een vrijwel gelijk systeem gevolgd. In de loop der jaren is er echter twijfel gegroeid of deze L_{co} werkelijk de juiste rangorde van vloeren geeft uit een oogpunt van contactgeluidwering en in het bijzonder voor loopgeluiden. Verschillende onderzoekers zijn met dit probleem bezig. Dit artikel beschrijft o.a. een reeks enquêtes in flatwoningen met massieve vloeren. Het eindigt met een beschouwing over het al of niet gewenst zijn van het invoeren van een zgn. voetstapmachine; de bezwaren blijken aanzienlijk te zijn.

Summary

In the existing Netherlands code NEN 1070: "Prevention of sound nuisance in dwellings", the quality of floors with respect to impact sound is expressed by the use of an index for impact sound insulation L_{co} . A comparable method is used in several countries. In the course of time, however, some doubt arose as to whether this L_{co} really leads to the right rank order of floors with respect to impact sound insulation and especially with respect to the sound of footsteps. Several investigators work on this problem. This paper describes a few enquiries in flats with solid floors. Also it is shown that the introduction of a "footstep machine" is not such a simple solution of the problem as it seems to be.

1. Inleiding

Wie de prachtige expositie „50 jaar Bauhaus” (in het Stedelijk Museum te Amsterdam van 30 november 1968 - 9 januari 1969) gezien heeft, zal daar ook onder de indruk gekomen zijn van het onderdeel van de expositie dat gewijd was aan de architectuur, al werden daar helaas alleen werken getoond uit de periode ná 1945; de fraai uitgevoerde catalogus van deze tentoonstelling gaf echter voorbeelden uit de gehele periode.

De bezoeker heeft in deze catalogus (pag. 145) kunnen lezen dat de stichter van de Bauhaus beweging, Walter Gropius, reeds in 1910 aan een van zijn relaties had voorgesteld industrieel geproduceerde, gestandaardiseerde woningbouw te bevorderen. Op pag. 162 van de catalogus kan men een uitspraak van een medewerker van het Bauhaus, Hannes Meyer, uit 1928 lezen, dat bouwen in functionele en biologische termen moet worden gedacht en dat men daarmee gestalte wil geven aan een leefproces dat tegemoet komt aan de behoeften van lichaam en geest.

„De nieuwe woning is een geprefabriceerde eenheid, een industrieel product en het werk van specialisten, economen, statistici, hygiënist, climatologen, ingenieurs, standaardisatie experts, verwarmingsdeskundigen, . . en de architect? Hij was een artiest, en is een organisatiespecialist geworden”.

Dat werd ruim 40 jaar geleden gesteld en deze opvatting van woningbouw is - zij het momenteel nog op te kleine schaal - bezig zich ten gunste van de woonkwaliteit door te werken, ook in de flatbouw, het woningtype dat zich zo'n belangrijke en, naar het zich laat aanzien, blijvende plaats veroverd heeft in de huidige wooncultuur.

Een woning is voor een gezin de plaats waar het zichzelf moet kunnen zijn, krachten moet kunnen opladen voor de aanhoudende, inherente aan het leven zijnde confrontatie met de maatschappij in al haar facetten.

De woning wordt natuurlijk pas werkelijk tot woning gemaakt door het gezin dat er in woont.

De mooiste flat kan voor de bewoners een kwelling zijn, als het gezinsleven dat er zich in afspeelt die naam eigenlijk niet verdient; zo'n woning kan

¹⁾ Publikatie nr. 315 van het Instituut voor Gezondheidstechniek TNO.

ook een kwelling zijn, als door wat voor omstandigheden ook, hij niet beantwoordt aan de ontwikkelingsbehoeften voor lichaam en geest van de gezinsleden. Tot deze omstandigheden behoort ook de akoestische kwaliteit van de woning.

Bij „wonen in meervoud” behoort een zodanige geluidwering van de scheidingsconstructies tussen de afzonderlijke woningen dat elk gezin in zijn eigen woning een ongestoord leven kan leiden, zowel passief als actief.

Scheidingsconstructies dienen dus een goede geluidisolatie te hebben. Nu is iedereen, dunkt ons, daar wel van overtuigd. Men vraagt zich dan echter terstond af „hoeveel geluidisolatie is er dan wel nodig”, „hoe kunnen we die gewenste geluidisolatie kwantitatief formuleren” en „hoe kunnen we die geluidisolatie in de praktijk bereiken”. In dit artikel zal slechts een klein gedeelte van de geluidisolatie-problematiek worden besproken, met name de zogenaamde contactgeluidisolatie en wel in het bijzonder de manier waarop de bescherming tegen contactgeluid door een gegeven bouwconstructie kan worden bepaald met behulp van een „objectieve” meet- en beoordelingsmethode.

2. Contactgeluidisolatie

Contactgeluidisolatie is helaas geen goed gedefinieerde zaak. Het is een groep geluiden die worden voortgebracht door handelingen van de burens zoals lopen, op de grond spelen van kinderen, stofzuigen, schuiven van stoelen en andere meubelen, enz. Er is één gemeenschappelijk kenmerk, namelijk dat ze het gevolg zijn van een direct contact tussen de bouwconstructie (veelal de vloer) en een trillend of althans bewegend voorwerp. In feite kan men zeggen dat in het geval van contactgeluid de geluidbron gedeeltelijk bestaat uit de bouwconstructie zelf en gedeeltelijk uit iets anders. Maar dat „iets anders” kan zeer verschillend zijn!

Stel dat we twee woongebouwen hebben, A en B, en dat men in gebouw A beter beschermd is tegen een *bepaald* soort contactgeluid dan in gebouw B, dan zou men kunnen hopen dat de bescherming tegen *andere* contactgeluiden eveneens beter is in gebouw A dan in gebouw B, zij het misschien niet even veel voor alle typen contactgeluid. Gezien de verscheidenheid van mogelijke typen contactgeluid is deze onderstelling echter geenszins vanzelfsprekend, het is in feite slechts een zwakke hypothese. Maar *als* zij juist zou zijn, zou zij een basis vormen voor een objectieve beoordelingsmethode voor de contactgeluidisolatie van vloeren. De juiste rangorde van vloeren (of eigenlijk van woningen, want in bepaalde gevallen is niet alleen de vloer van belang voor de contactgeluidoverdracht) uit het gezichtspunt van de bescherming die zij in feite bieden tegen contactgeluiden in het algemeen zou dan verkregen kunnen worden door middel van een meetmethode die gebruik maakt van één

type contactgeluid. Als één bepaalde contactgeluidbron gebruikt wordt op een aantal vloeren, waarbij het hierdoor veroorzaakte geluidniveau in een andere kamer (bijvoorbeeld onder de vloer) wordt gemeten, kunnen de vloeren als beter worden beschouwd naarmate het gemeten geluiddrukkniveau lager is. Deze gedachtengang ligt ten grondslag aan de in een aantal landen en ook in Nederland [1] bestaande normen voor meting en beoordeling van de contactgeluidisolatie, en eveneens aan die van de ISO-Recommendation R 140 - 1960: Field and laboratory measurements of sounds transmission, en van ISO-Recommendation R 717 - 1968: Rating for sound insulation for dwellings.

In deze normen wordt een standaard contactgeluidbron voorgeschreven. Op een gestandaardiseerde wijze wordt met een vijftal hamertjes op de vloer geslagen. En in plaats van het totale geluidniveau, eventueel op een of andere wijze „gewogen”, wordt het octaafbandspectrum gemeten van het resulterend geluid in een andere kamer. Sommige perfectionisten meten zelfs op min of meer nauwkeurige wijze in frequentiebanden van 1/3 octaaf breed!

De meetresultaten worden beïnvloed door de mate van geluidabsorptie in de ontvangkamers. Zij worden derhalve omgerekend op een standaardwaarde van deze geluidabsorptie. De aldus verkregen octaafbandspectra worden daarna met elkaar vergeleken. Hoe lager het spectrum ligt, hoe beter de vloer is. Om te beslissen of een bepaalde vloer voor een bepaald doel acceptabel is wordt het betreffende spectrum vergeleken met een genormaliseerde vergelijkingscurve.

In de loop van de tijd is er echter enige twijfel gerezen aangaande de geldigheid van deze genormaliseerde beoordelingsmethode [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Er is bijvoorbeeld beweerd dat het effect van zachte vloerkleden in de praktijk veel groter is dan men op grond van de meetresultaten wel zou denken. Anderzijds kan de meetmethode een verbetering aangeven, terwijl daar in de praktijk niets van bemerkt wordt, althans voor voetstappen. Dat is het geval bij bepaalde combinaties van een betrekkelijk veerkrachtig materiaal zoals zachtboard, bedekt met een laag stevig slijtvast materiaal, zoals hardboard.

Daar komt nog bij dat we meer en meer de indruk hebben gekregen dat de bestaande normen te zware eisen stellen bij de hoge tonen (bijvoorbeeld 2000 Hz) en de lichte eisen bij de lage tonen (bijvoorbeeld 125 en 250 Hz). In het bijzonder waren er goede aanwijzingen dat een massieve vloer van voldoende gewicht, die echter niet aan de norm voldoet, een betere bescherming vormt tegen contactgeluiden en met name tegen loopgeluiden dan bijvoorbeeld een wat lichtere vloer in combinatie met een niet geheel foutloos gelegde zwevende dekvloer die echter net wel aan de norm voldoet.

3. Aanpak van het probleem

Als de objectieve beoordelingsmethode niet voldoende correleert met een subjectieve, zijn daarvoor verschillende oorzaken denkbaar. Het zou kunnen zijn dat het niet waar is dat een objectieve beoordelingsmethode kan worden gebaseerd op één enkel type contactgeluid of dat de genormaliseerde contactgeluidgenerator niet voldoende representatief is voor normale contactgeluiden. Een derde mogelijkheid is dat de manier waarop uit de gemeten genormaliseerde contactgeluidspectra een beoordelingsgetal wordt afgeleid, niet juist is. Met name zou de gebruikte genormaliseerde vergelijkingscurve foutief kunnen zijn.

Nu heeft het vele, vele jaren geduurd voor internationale overeenstemming kon worden bereikt over een *meetmethode*. Als het enigszins mogelijk is zouden we die dan ook graag onaangetast laten, inclusief de hamermachine, zolang niet overtuigend is aangetoond dat een verandering beslist nodig is. We hopen dan ook ons doel te bereiken door een wijziging van ligging en vorm van de vergelijkingscurve.

De basis van die vergelijkingscurve is nl. helemaal niet zo safe. De Duitse „Sollkurve” [8] is gebaseerd op de genormaliseerde contactgeluidniveaus onder een gewapend-betonvloer van 15 cm dik met daarop een houten vloer op houten regels [9]. Dit is een vloer die gemakkelijk foutloos te vervaardigen is en die een redelijke bescherming tegen contactgeluid leek te verschaffen.

De Engelse „Grade curves” zijn gebaseerd op de contactgeluidniveaus die werden gemeten in flatgebouwen waarin ook enquêtes werden gehouden [10,11]. Het verschil tussen de Engelse Grade I en de Duitse Sollkurve is zo klein dat het in de praktijk maar zelden tot een verschillende beoordeling van de vloer leidt.

De normen van andere landen lijken voor zover ons bekend alle min of meer op de beide zojuist genoemde.

Wanneer een vergelijkingscurve echter gebaseerd is op de contactgeluidniveaus onder een bepaald, bestaand vloertype, kan men uiteraard verwachten dat de eisen voor een deel van het beschouwde frequentiegebied te zwaar uitvallen. Dientengevolge kan het in de praktijk blijken dat een vloer beter voldoet dan een andere als de corresponderende geluiddrukkniveaus slechts in een deel van het frequentiegebied lager zijn, terwijl zij in een ander deel niet lager, maar zelfs hoger zijn, namelijk in dat deel van het frequentiegebied waarin de eisen óf in feite te zwaar zijn, óf waarin in het geheel geen eisen behoeven te worden gesteld.

Het ligt derhalve voor de hand om op betrekkelijk fundamentele wijze uit te zoeken wat de optimale vorm en ligging van een vergelijkingscurve voor contactgeluidspectra is. Daar wordt dan ook reeds geruime tijd aan gewerkt. In Nederland ge-

beurt dat zowel door ons Instituut als door de Technisch Fysische Dienst TNO-TH en wel met belangrijke financiële steun van de Stichting Bouwresearch. Het bleek moeilijker te zijn dan aanvankelijk verwacht was om gegevens te verkrijgen die een voldoende zekere basis vormen voor een herziening van de norm. Het herzien van een reeds lang ingeburgerde norm heeft nl. nogal consequenties en men moet derhalve voor een dergelijke herziening om zo te zeggen nog steviger in zijn schoenen staan dan bij de eerste opstelling van een norm.

Nu kan men ook langs een andere weg trachten licht in de zaak te brengen, nl. via een enquête.

Om te beginnen hebben wij gegevens uit enquêtes door ons eigen Instituut [12, 13] en door anderen [14, 11] met elkaar in verband proberen te brengen. Definitieve conclusies konden hieruit niet worden getrokken, maar de studie leidde tot de volgende hypothesen:

- Voor het bepalen van een rangorde van massieve vloeren uit een oogpunt van de bescherming die zij bieden tegen loopgeluiden afkomstig uit andere flats, kan het genormaliseerde contactgeluidniveau van een willekeurige octaafband in het gebruikelijke frequentiegebied worden gebruikt.

- Wat betonnen zwevende dekvloeren betreft is er een aanwijzing dat de bestaande beoordelingsmethoden het effect ervan overschatten doordat zij te veel gewicht toekennen aan de hoge tonen.

Wij hebben overwogen een nieuwe uitvoerige geluidhinder-enquête op te zetten teneinde deze hypothesen te toetsen. Het bleek echter dat zo'n enquête van bijzonder grote omvang zou moeten zijn willen we tot werkelijk statistisch significante uitspraken kunnen komen. We hebben daarom voorlopig moeten afzien van dit idee. In plaats daarvan werd besloten door middel van korte „gerichte” enquêtes na te gaan in hoeverre de reeds genoemde onderstelling juist is dat massieve, betrekkelijk zware vloeren in de praktijk praktisch geen klachten over loopgeluiden opleveren zodat het niet nodig is, ze te voorzien van een zwevende dekvloer of een andere contactgeluidwerende afwerking. Hierbij werd belangrijke financiële steun verkregen van de Stichting Bouwresearch. Over deze enquêtes en hun uitkomsten zal een Rapport verschijnen van de Stichting Bouwresearch. Enkele belangrijke uitkomsten worden echter in het volgende reeds verstrekt.

Ons hoofddoel was het verband tussen het aantal klachten over voetstappen van burens en de massa per vierkante meter van massieve vloeren.

Om te beginnen kozen we flats met vloeren van ongeveer 500 kg/m², d.w.z. het zwaarste vloertype dat we nu en in de naaste toekomst in Nederlandse

woningen kunnen verwachten. Zou het blijken dat zelfs bij deze vloeren het aantal klachten over loopgeluiden van de burens ontoelaatbaar groot zou zijn, dan kon van verdere enquêtes in woningen met massieve vloeren worden afgezien. Om de onzekerheidsmarge tot + of - 2% te beperken was het nodig ongeveer 400 woningen in de enquête te betrekken. In feite konden 399 flats met bovenburens worden bezocht. En hoewel deze vloeren volgens de Nederlandse norm NEN 1070 volslagen onvoldoende zijn, zelfs voor de klasse „matig”, bleken slechts 14% der bewoners voetstappen uit andere flats te horen, en slechts 3% daar hinder van te ondervinden.

Deze getallen waren voldoende bemoedigend om met dit soort enquêtes door te gaan. Inmiddels zijn reeds twee volgende enquêtes gehouden, nl. in flats met vloeren van ongeveer 400 kg/m² en 300 kg/m². De volgende tabel geeft enkele uitkomsten.

	Vloeren van ongeveer		
	500 kg/m ²	400 kg/m ²	300 kg/m ²
% dat loopgeluiden hoort	14	33	50
% dat hinder heeft van loopgeluiden	3	8	9

Het percentage dergenen die burens horen lopen schijnt dus snel toe te nemen met afnemend vloer gewicht; het percentage dergenen die hinder ervan ondervinden neemt niet zo snel toe.

Merkwaardig genoeg was er geen indicatie dat het horen of hinder hebben van loopgeluiden van de burens minder zou zijn wanneer de directe bovenburens overwegend op een zachte vloerbedekking lopen dan wanneer dit niet overwegend een zachte vloerbedekking is! Ook dit zou weer een aanwijzing kunnen zijn dat in totaal voor de isolatie van loopgeluiden de hoge tonen van veel minder belang zijn dan tot nog toe werd aangenomen. Immers een zachte vloerbedekking geeft in hoofdzaak voor de hoge tonen een verbetering.

Of een vloer geschikt is als scheiding tussen woningen wordt natuurlijk niet alleen bepaald door de hinder van loopgeluiden. Daarom is in de laatste twee enquêtes ook de hinder van o.a. radiogeluiden betrokken. Muziek van radio, t.v., tape recorder, grammofoon bleek door meer mensen gehoord te worden, resp. als hinderlijk ondervonden te worden dan loopgeluiden.

Op grond van de tot dusver gegeven uitkomsten kan nog niet besloten worden tot het al of niet acceptabel zijn van een massieve vloer van een bepaald gewicht per m². Daarvoor zal in ieder geval het definitieve rapport moeten worden afgewacht. Het verschijnen van dit Bouw-nummer van TNO-

Nieuws leek echter een goede gelegenheid alvast enkele resultaten mede te delen.

4. Overgaan naar een voetstapmachine?

Er is een duidelijke neiging om het contactgeluidprobleem toe te spitsen op loopgeluiden. Bij alle onderzoeken omtrent de geldigheid van de bestaande of van een gewijzigde vergelijkingscurve wordt veel gewicht gehecht aan een correlatie tussen de objectieve rangorde van vloeren, verkregen met behulp van de contactgeluidgenerator en de subjectieve rangorde verkregen voor één bepaald type contactgeluid: voetstappen.

Terecht kan men dan vragen: als de rangorde moet worden gebaseerd op voetstappen, waarom vervangen we de hamermachine dan niet door een andere machine, die voetstappen nabootst? Deze vraag wordt dan ook herhaaldelijk gesteld. Zo'n machine, zegt men, zou vooral van belang zijn voor de beoordeling van vloerbedekkingen: de moeilijkheden die optreden bij een beoordeling door middel van de hamermachine, en die eerder in dit artikel werden genoemd, zouden dan worden vermeden.

Hoewel het niet uitgesloten is dat invoering van een voetstapmachine een verbetering zou betekenen, moet men er toch niet te veel van verwachten en moet men vooral ook de nadelen van een dergelijke verandering niet onderschatten.

Om te beginnen is het duidelijk dat de meetmethode op deze wijze wordt toegespitst op één type contactgeluid. Moeten er dan vervolgens ook andere machines genormaliseerd worden die andere contactgeluiden imiteren?

Voorts zal het niet eenvoudig zijn internationale overeenstemming te bereiken over zo'n machine. Er zijn zoveel soorten voetstappen: die van mannen, vrouwen en kinderen; lichte voetstappen en dreunende voetstappen. Er zijn ook zoveel soorten schoeisel, o.a. schoenen met platte hakken en schoenen met naaldhakken. Aan welk type voetstappen en aan welk type schoeisel moeten we voor het onderhavige doel de voorkeur geven?

Als we het natuurlijke - betrekkelijk langzame - ritme van ongeveer 2 à 3 voetstappen per seconde willen handhaven, komen we voor speciale meetproblemen te staan, die op zichzelf weliswaar niet bijzonder moeilijk zijn, maar over de oplossing waarvan toch weer internationaal overeenstemming moet worden bereikt.

Daar komt tenslotte nog bij dat - zelfs voor vloeren die subjectief nog niet geheel acceptabel zijn - het geluiddrukkniveau van natuurlijke voetstappen zó laag is dat een nauwkeurige meting onmogelijk is tengevolge van het niveau van het algemene achtergrondgeluid, terwijl toch de voetstappen door het oor duidelijk kunnen worden waargenomen.

Als we zouden proberen dit probleem op te lossen door een machine te normaliseren die „voetstap-

pen" produceert die veel zwaarder zijn dan de menselijke, dan is het de vraag of we daarmee niet in dezelfde moeilijkheid verzeild raken als bij de hamermachine, nl. die van de niet-lineariteit, vooral voor vloerbedekkingen. Bij een niet-lineair gedrag is de bescherming die vloerbedekkingen geven tegen „stampen" geen juiste maatstaf voor de bescherming die ze geven tegen normaal lopen. Voorlopig kan men natuurlijk blijven hopen dat in de praktijk een redelijk compromis bereikbaar zal blijken te zijn.

Alles bij elkaar is de vervanging van de bekende, genormaliseerde hamermachine door een nieuwe voetstapmachine zeker niet zo eenvoudig als zij op het eerste gezicht lijkt.

Er is echter nog een ernstiger bezwaar tegen een

dergelijke verandering. Om dat onder woorden te brengen kunnen wij wellicht het best citeren wat de heren Kleinhoonte van Os en Van Steenbrugge opmerkten in een artikel over lawaaibehoordeling in het algemeen [15]. In het Nederlands vertaald zeggen zij: „Herhaaldelijk zijn er nieuwe methoden voorgesteld om lawaai te meten, zonder voldoende bewijs dat de oude methoden onbruikbaar waren. Het gevolg hiervan is geweest dat akoestici vaak worden beschouwd als lieden die ongeveer om het jaar een andere taal gaan gebruiken en derhalve niet ernstig genomen kunnen worden. We moeten nooit vergeten dat lawaai bestrijding altijd een moeilijke psychologische kant heeft en dat verwarring stichten door verandering van de gebruikte eenheden de zaak alleen maar moeilijker maakt". En zo is het.

Literatuur

- [1] NEN 1070, Geluidwering in Woningen, Nederlands Normalisatie Instituut, 1962.
- [2] W. Fasold, Untersuchungen über den Verlauf der Sollkurve für den Trittschallschutz im Wohnungsbau, *Acustica* 15 (1965) p. 271.
- [3] B. G. Watters, Impact-noise characteristics of female hard-heeled foot traffic, *J. Acous. Soc. Am.* 37 (1965) p. 619.
- [4] D. N. Huggins, Test procedure for Evaluating Impact Transmission through Structures, *J. Acous. Soc. A.* 38 (1965) p. 936.
- [5] K. Gösele, Zur Bewertung der Schalldämmung von Bauteilen nach Sollkurven, *Acustica* 15 (1965) p. 264.
- [6] D. Olynyk and T. D. Northwood, Subjective Judgements of Footsteps Noise Transmission through Floors, *J. Acous. Soc. Am.* 38 (1965) p. 1035.
- [7] T. Mariner and H. W. W. Hehmann, Impact Noise Rating of Various Floors, *J. Acous. Soc. Am.* 41 (1967) p. 206.
- [8] DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, 1962/1963.
- [9] L. Cremer, Der Sinn der Sollkurven, *Schallschutz von Bauteilen*, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, 1960.
- [10] British Standard Code of Practice CP3: Chapter III (1960), Sound Insulation and Noise Reduction.
- [11] P. G. Gray, Ann Cartwright and P. H. Parkin, Noise in three Groups of Flats with Different Floor Insulations, National Building Studies, Research Paper no. 27, H.M.S.O., 1958.
- [12] C. Bitter and P. van Weeren, Sound Nuisance and Sound Insulation in Blocks of Dwellings I, Research Institute of Public Health Engineering TNO, Report no. 24, Delft, 1955.
- [13] C. Bitter and C. Horch, Geluidhinder en Geluidisolatie in de Woningbouw II, Research Institute for Public Health Engineering TNO, Report no. 25, Delft, 1958.
- [14] Gehorigheid en Geluidisolatie, Verz. Bouwstudies no. 1, Ratiobouw, Rotterdam, 1963.
- [15] G. J. van Os and B. van Steenbrugge, Recent Experiences with Noise Acceptability Criteria for Dwellings, Proc. 5th ICA-Congress 1965, paper F 38.